

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA QUÍMICA

**INFORME DE PROYECTO CORRESPONDIENTE A
RESIDENCIA PROFESIONAL DE I.Q.**

PROYECTO

**“ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS EN TEXTIL DE
POLIPROPILENO”**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA S.C.**

(CIDETEQ)

ALUMNO

LÓPEZ VICENTE JOSÉ FRANCISCO

NO. CONTROL. 13270177

ASESOR

ING. JORGE CIRO JIMÉNEZ OCAÑA

REVISORES

DR. SAMUEL ENCISO SAENZ

ING. LEONARDO GÓMEZ GUTIÉRREZ

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS. DICIEMBRE DE 2017

1. INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se presenta un análisis para el manejo de alcohol polivinílico (PVA) como alternativa de recubrimientos en textiles de base polipropileno (PP), con la finalidad de contrarrestar la degradación que se observa en dicho textil sometido a agentes de degradación en la industria tales conocidos como Mark-101 y Mark-102. Cabe mencionar que en esta investigación se le atribuye el nombre de degradación al proceso de inmersión del PP en dichos aditivos, ya que en las caracterizaciones no se distinguen rompimientos de enlaces u otra característica macroscópica en la que muestre una degradación como tal. Este se inicia con una indagación documental en la que se presentan los distintos tratamientos que se han utilizado para reforzamiento de textiles, o cambio de características a materiales con la misma relación con respecto a materias primas (PP y PVA) para un fin en específico, se consideran principalmente los tratamientos si los materiales y equipos a utilizar se encuentren a disposición junto con la capacidad de trabajo requerido o en su caso si el costo de adquisición no sobrepasa límites establecidos en el proyecto. La caracterización de muestras y materiales se realiza mediante espectroscopia infrarroja (FT-IR) tales como material en estudio PP puro, el PVA simple como base en soluciones de recubrimiento, así como soluciones obtenidas para la obtención del recubrimiento a utilizar, de igual manera, los textiles de base PP con el recubrimiento son evaluados y caracterizados por el mismo análisis antes y después de someterse a degradación frente a los agentes mencionados anteriormente. El recubrimiento fue aplicado en el textil mediante inmersión en cada una de las soluciones, de tal manera que pueda existir una adhesión, muy probable sin ningún tipo de actividad química entre el PP y la solución de recubrimiento. En algunos casos se presentan caracterizaciones más especializadas, como el análisis termogravimétrico (TGA) y la calorimetría de barrido diferencial (DSC), además de procesos de secado a temperatura ambiente o en algunos casos mediante horno de

convección forzada. En un posterior segmento se analiza y se concluye a partir de los resultados obtenidos, sobre el recubrimiento y el tratamiento por el cual se observe menor desgaste de las mezclas para cada uno de los medios aditivos de degradación utilizados en este análisis de estudio.

2. ESTADO DEL ARTE.

El alcohol polivinílico, conocido como PVA por sus siglas en inglés, es utilizado como recubrimiento de diversos materiales, por ser un polímero hidrofílico, no tóxico, biocompatible (compatible con el organismo humano), con buenas propiedades mecánicas, muy estable durante largos períodos en diferentes condiciones de temperatura y pH [1]; dada su característica de hidrosolubilidad, se ha usado en medicamentos de liberación controlada [2]. La investigación mundial en la degradación de PVA en el ambiente fue iniciada para su uso en pulpa y en papel, así como en la industria de los textiles que ha dado lugar a la generación de cantidades significativas de aguas residuales que contenían PVA. [3], después de su vida útil se han identificado 55 especies de microorganismos (incluidas bacterias, hongos y levaduras) que participan en su degradación [4]. La variedad de propiedades útiles del PVA resulta en amplio uso industrial y hace su particularidad interesante para elaboración de materiales ambientalmente amigables, sin embargo, puede ser considerado como un material inerte y la introducción de funcionalidades químicas son necesarias para mejorar su reactividad. Las modificaciones químicas del PVA pueden ser hechas mediante sus grupos hidroxilo [5], y estos derivados presentan uso importante en la industria alimentaria [6]. Por otro lado, el PP es un polímero muy conocido ya que puede ser aplicado en muchas áreas de la industria, por ejemplo, automóviles, embalaje, tubos, muebles, construcciones y textiles. En la industria textil, el PP es ampliamente usado para fibras sintéticas, en el 2010, el consumo de fibras de PP se informó que eran seis millones de toneladas, el cual fue puesto en segundo lugar entre el

poliéster y la poliamida en el área de fibra sintética, comparado con el poliéster y poliamida, el PP muestra un bajo costo de producción y superior procesabilidad y reciclado, el cual hace su éxito en el mercado de la fibra comercial, sin embargo, un relativo rendimiento mecánico pobre de fibras de PP impide la expansión de sus áreas de aplicación, especialmente en las áreas técnicas de fibras, tales como seguridad y prendas de protección, automóviles y aeroespaciales así como geotextiles y aplicaciones militares [7]. El recubrimiento de película de PP, puede considerarse como un proceso complejo donde se involucran diversos factores como: El comportamiento reológico de polímeros (agentes de recubrimiento), la velocidad de secado, la adhesión del polímero a la superficie del núcleo, la temperatura del equipo, etc [2]. Los trabajos que se han realizado en relación al PP y el PVA, no siempre tienen fines de recubrimiento, sino que también pueden ser para fines muy específicos, como lo son el mejoramiento de la ductilidad (capacidad de un material para modificar su estructura al ejercer un fuerza sobre ella) en compuestos cementosos, entre otros [3,8]. Para el mejoramiento de las propiedades reológicas se han llevado a cabo la formación de termoplásticos en mezclas de PP/PVA mediante extrusiones de capilares ya que el PP tiene un gran número de ventajas sobre otros polímeros en aplicaciones de plásticos y textiles, teniendo un alto trabajo de ruptura, indicando que es un plástico duro, y con alto grado de cristalinidad resultando fuerte y resistente [4]. En las telas no tejidas de PP se preparan y caracterizan mediante inmersión de recubrimiento de PVA para su modificación hidrofílica [9]. Otra de las características en la que se han establecido estudios es en su mejoramiento de actividad antibacterial, mediante la simple introducción de nanopartículas de plata, donde la adición de nanomateriales dentro del hidrogel de PVA para formar el hidrogel compuesto es una buena manera para mejorar sus propiedades mecánicas [10], así como eléctricas ópticas y de barrera de gases [11]. Adicionalmente, la adición de una pequeña cantidad de bórax al PVA puede conducir a un notable incremento de viscoelasticidad de la solución

acuosa de PVA. El hidrogel formado por PVA-borax ha recibido mucha atención por sus atractivas propiedades fisicoquímicas y amplias aplicaciones, tales como limpieza de pinturas y liberación de medicamentos [12]. Otra forma de mejoramiento de las propiedades mecánicas y físicas ha sido el refuerzo con materiales compuestos con agregados de fibrilla aisladas de fibra de celulosa regenerada [13]. De igual manera, se ha estudiado la prefotodegradación en la biodegradación de PP con poli(3-hidroxiburitato), resultando una disminución de peso molecular en la fase de PP y la formación de grupos hidroxilo y carbonilo los cuales fueron consumidos durante la biodegradación [14,15]. La incorporación de nanosilica (NS) en el propileno es un método prometedor para la obtención de materiales con mayor rigidez y fuerza, las mezclas PP/NS combinan la excelente procesabilidad, estabilidad térmica, reciclabilidad y un bajo costo de PP con alta rigidez de NS [16]. Una propuesta para ampliar la aplicación de fibras de PP consiste en preparar fibras compuestas con nanoarcilla como agente de refuerzo [7]. Los efectos de adición de poliamida al polipropileno también se han investigado, y fue encontrado que las capacidades de las fibras de PP se mejoran sin afectar otras propiedades del material [17].

3. ANTECEDENTES.

Uno de los estudios para el mejoramiento de las propiedades reológicas en algunos polímeros, es la elaboración de termoplásticos, como es el caso del PP con soluciones de PVA termoplástico (TPVA) combinados con un 25% en peso de glicerina, soluciones las cuales son maduradas a 80°C durante 2 horas. Estas mezclas están en una relación de TPVA/PP de 0/100, 20/80, 40/60, 60/40, 80/20, y 100/0 % en peso [18].

Otras investigaciones se han inclinado hacia el mejoramiento de las propiedades hidrofílicas de los materiales poliméricos, esto mediante la

introducción de glutaraldehído (GA) en una relación de 1 mol GA por 4 mol de PVA con solución reticulada con 10% de ácido acético, 10% de metanol y 10% de ácido sulfúrico en volumen a soluciones acuosas de diferentes concentraciones de PVA preparadas a 90°C durante dos horas a telas no tejidas de PP [9].

La introducción de materiales poliméricos a distintas áreas técnicas, se ha logrado gracias a su capacidad de mejorar las características fisicoquímicas de diversos materiales, como el aumento en la ductilidad de compuestos cementosos, por ejemplo, con la hibridación de dos fibras químicamente diferentes, los polímeros a utilizar son PVA y PP en una relación de fibra de PVA/PP 75/25%, 50/50%, 100/0% y 0/100% [19].

4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Dentro de las prácticas industriales se encuentran elementos secundarios que colaboran con dichos procesos de manufactura, algunos de ellos son de materiales que se componen principalmente de polímeros, un ejemplo de ello es el PP. Este tipo de material es sometido a tratamientos en distintos tipos de medios con propiedades de degradación muy altas, y como consecuencia de ello, se produce un desgaste acelerado de dichos materiales secundarios, lo que en ocasiones genera un costo adicional a la producción, y que se desea pueda ser omitido.

5. JUSTIFICACIÓN.

Se valora el grado de interacción del PP en dos medios de degradación después de la inmersión en soluciones de base PVA con diferentes tratamientos, para uso de recubrimiento. La finalidad es de observar el comportamiento de PP con cada uno de ellos para realizar una elección al

tratamiento con el que se obtenga un menor desgaste luego de ser expuestos a agentes de degradación Mark-101 y Mark-102, utilizando para ello, análisis por espectroscopia infrarroja y análisis gravimétrico.

6. HIPÓTESIS.

Se obtiene una menor degradación de textil base PP en recubrimientos de mayor concentración de base PVA siempre y cuando la adherencia entre ambas fases sea lo suficientemente resistente hacia los aditivos de degradación.

7. OBJETIVOS.

7.1. GENERAL.

Estudio de recubrimientos con diferentes concentraciones de base PVA en textil de PP para lograr la menor degradación posible en aditivos Mark-101 y Mark-102.

7.2. ESPECÍFICOS.

Elaboración y, caracterización de soluciones para recubrimientos mediante FT-IR, a diferentes concentraciones de base PVA.

Evaluación y caracterización de PP con recubrimiento a partir de FT-IR antes de la degradación asegurando así la adherencia del recubrimiento al PP.

Evaluación y caracterización de PP con recubrimiento después de degradación en cada aditivo en base a la concentración de PVA de cada recubrimiento.

Concluir sobre el PP con el recubrimiento que presente la menor degradación en cada uno de los aditivos, otorgando la mayor protección posible.

8. MARCO TEÓRICO.

Para recubrimiento en textiles de PP con soluciones base PVA, estas últimas se realizan a partir de tres tratamientos distintos a diferentes concentraciones de PVA y con una caracterización previa de PP puro por FT-IR (Perkin Elmer. Spectrum Two FT-IR/SP10SW) y su masa para posterior análisis en una balanza analítica (OHAUS. EXPLORER. E1430), de tal manera de que se tenga una referencia más clara del grado en que los compuestos de los aditivos llegan a producir desgaste en dichos materiales. El PP con recubrimiento se caracteriza por su masa y FT-IR antes y después de la inmersión en solución de recubrimiento, estas caracterizaciones se adicionan en algunos casos con análisis de termogravimetría (TA instruments, TGA5500 DISCOVERY series) a una velocidad de calentamiento o rampa de 10°C/min en atmósfera de nitrógeno de temperatura ambiente a 600°C y de 600°C hasta 800°C en atmósfera de oxígeno con un flujo del gas de 50ml/min y calorimetría de barrido diferencial (TA instruments DSC2500 DISCOVERY series) con velocidad de calentamiento o rampa a 10°C/min en atmósfera inerte de nitrógeno con flujo de 50 ml/min.

La solución acuosa de PVA se lleva a cabo con la solubilidad de PVA a 75°C en parrilla con agitación magnética (Stable Temperature Magnetic Stirrer. 78 hw-1), hasta alcanzar solubilidad total, las soluciones acuosas son realizadas a 02, 04, 06, 08 y 10% (P/V) PVA.

El tratamiento de PVA termoplástico consiste en realizar soluciones acuosas de PVA a concentraciones de 02, 04, 06, 08 y 10% (P/V), y 75°C hasta solubilidad total, la característica de termoplástico de promueve con la adición de glicerina a cada solución en una relación de 50% (V/V).

Para el último tratamiento que corresponde a solución reticulada, las soluciones acuosas de PVA a 75° C de solubilidad, son en concentraciones de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0% (P/V) PVA, la adición de anhídrido maléico es con

relación de 0.1 mol/0.4 mol (anhídrido maléico/PVA) y un 20% (V/V) de solución reticulada de concentración 10% de ácido acético, 10% de metanol, 10% de ácido sulfúrico y 70% (V/V) de agua.

El PP se lleva a degradación mediante un proceso de inmersión en los aditivos, de tal manera que las piezas queden totalmente sumergidas y posteriormente se realiza la evaluación mediante FT-IR.

Tanto en el proceso de recubrimiento, así como en el de degradación, las muestras se llevan a secado a temperatura ambiente, o en su caso en horno de convección forzada regularmente a 60°C por 12 horas.

9. METODOLOGÍA.

9.1. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE RECUBRIMIENTO.

9.1.1. Solución acuosa PVA.

Concentración PVA (%P/V)	Volumen de solución (ml)
02	100
04	100
06	100
08	100
10	100

Tabla 1 Concentraciones de solución acuosa PVA.

9.1.2. Solución acuosa PVA reticulada.

Concentración PVA (%P/V)	Volumen solución PVA (ml)	Volumen solución reticulada (ml)
0.2	80	20
0.4	80	20
0.6	80	20
0.8	80	20
1.0	80	20

Tabla 2 Concentraciones de solución acuosa PVA con solución reticulada.

9.1.3. Solución acuosa PVA con glicerina.

Concentración PVA (%P/V)	Volumen solución PVA (ml)	Volumen glicerina (ml)
02	50	50
04	50	50
06	50	50
08	50	50
10	50	50

Tabla 3 Concentraciones de solución acuosa PVA con glicerina.

9.2. RECUBRIMIENTO DE PP CON SOLUCIONES BASE PVA.

En base a los contenedores que se tienen a disposición, el textil de PP es de forma circular y con un diámetro de 4 cm. El volumen se maneja a 50 ml, mismo que permite la inmersión total del textil.

La técnica de recubrimiento del textil es por inmersión de 4 hrs, procurando así que las muestras sean cubiertas en su totalidad, seguido de un secado para posterior análisis.

9.3. DEGRADACIÓN DE PP CON RECUBRIMIENTO EN ADITIVO MARK-101 Y MARK-102.

La degradación para cada muestra con recubrimiento es mediante inmersión en los aditivos Mark-101 y Mark-102. Las mezclas con recubrimiento de solución acuosa de PVA son expuestas durante 22 días, mientras que la inmersión de las mezclas con recubrimiento de PVA termoplástico y con solución reticulada son de 40 días.

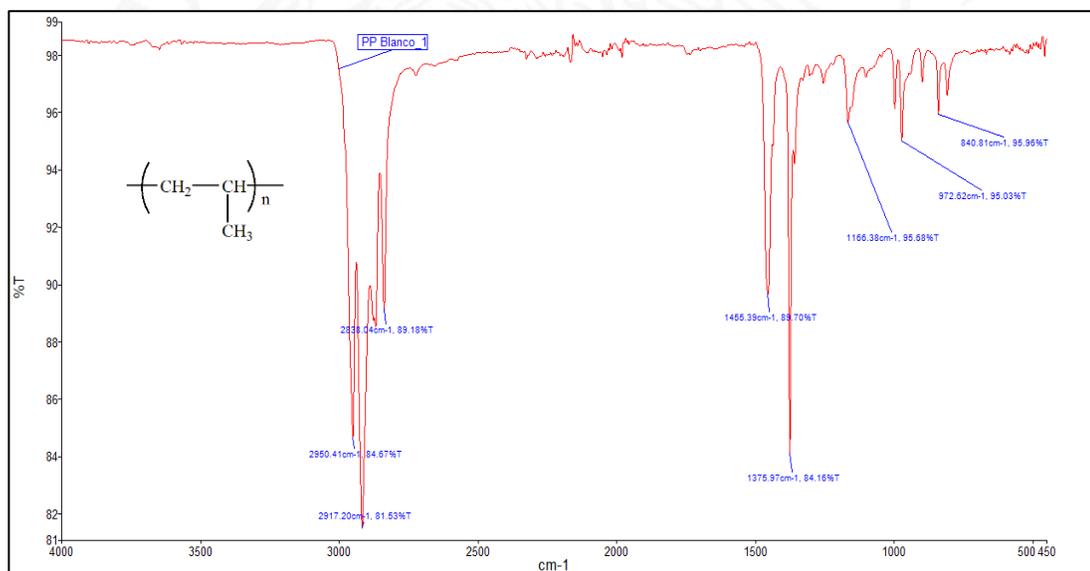
10. RESULTADOS.

Durante el proceso de preparación de soluciones de recubrimiento, recubrimiento por inmersión de PP en dichas soluciones y después de degradación en los aditivos, todas las muestras se caracterizan mediante FT-

IR, así como también los componentes puros que conforman cada una de las mezclas que se utilizan en este proceso de evaluación como recubrimientos en el polipropileno, de igual manera el PP sin recubrimiento, caracterizando así este material en un antes y después del recubrimiento y su respectiva degradación en los aditivos.

10.1. COMPONENTES PUROS.

10.1.1. PP sin recubrimiento.



Espectro 1 FT-IR de PP puro.

Asignación espectro de polipropileno			
Frecuencia (cm ⁻¹)	Intensidad relativa	Transmitancia (%)	Asignación
2950.41	S	84.67	Estiramiento asimétrico y simétrico de C-H alifático (CH ₂ , CH ₃)
2917.2	vs	81.53	
2838.41	m	89.18	
1455.39	m	89.7	Flexión de C-H alifática
1375.97	s	84.16	Flexión de CH ₃
1166.38	w	95.68	Balanceo CH ₂
972.62	w	95.03	Deformación C-C alifático
840.81	w	95.96	Estiramiento C-C alifático

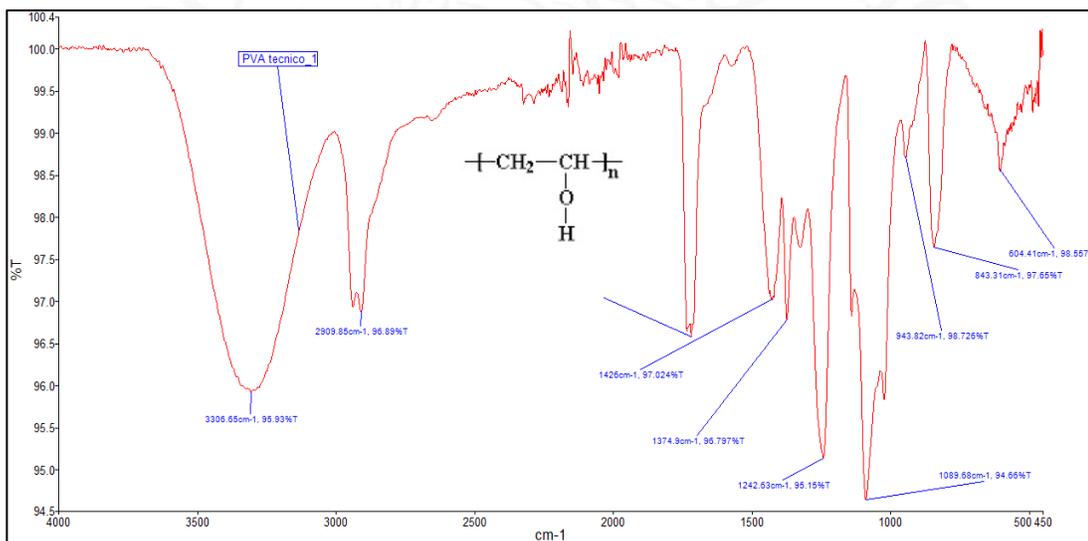
Tabla 4 Asignaciones de señales para FT-IR de PP puro.

En el Espectro 1 de FT-IR se obtienen las señales de identificación para el PP puro, en la tabla 4 se asignan las señales, de acuerdo a su estructura química.

Estas señales que se toman como referencia del PP puro son las de 2950.41, 2917.2, 1455.39 y 1375.97 cm^{-1} .

10.1.2. PVA puro.

La presencia de alcohol polivinílico dentro de las mezclas para recubrimiento se determina a partir de las señales en 2909.85, 1719.09, 1374.9, 1242 y 1089.68 cm^{-1} (espectro 2).



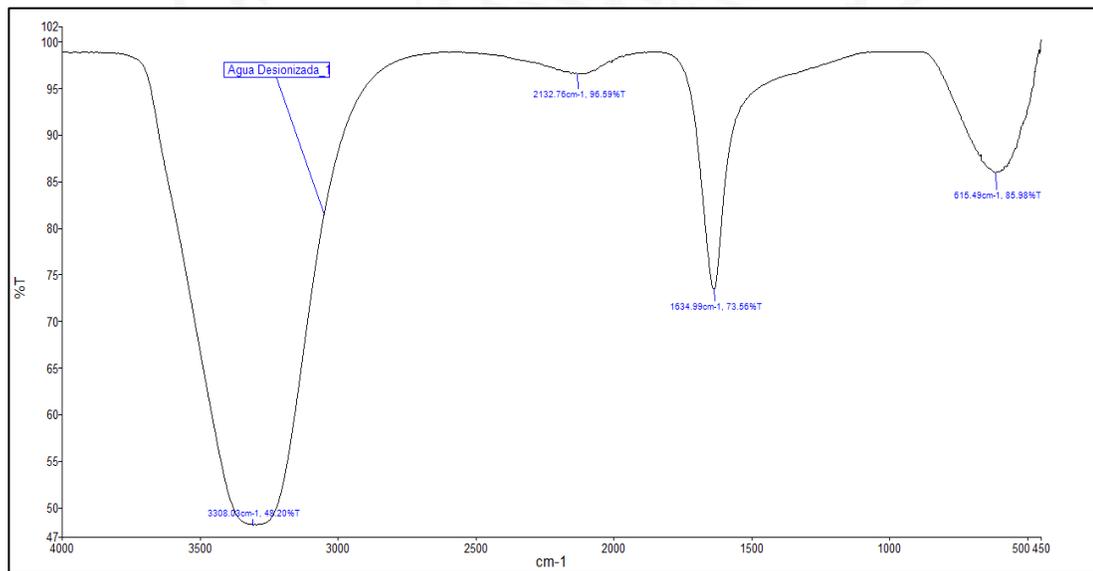
Espectro 2 FT-IR de PVA

Asignación espectro de alcohol polivinílico			
Frecuencia (cm^{-1})	Intensidad relativa	Transmitancia (%)	Asignación
3306.65	m	95.93	Estiramiento O-H
2909.85	m	96.89	Estiramiento asimétrico de CH_2 alifático
1719.09	m	96.59	Estiramiento O-H
1426	m	97.04	Deformación en vinil alcohol
1374.9	m	96.797	Estiramiento de enlaces C-O
1242.63	s	95.15	Estiramiento de C-O en $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-, -\text{C}-\text{OH}$
1089.68	vs	94.66	Estiramiento de C-O en $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-, -\text{C}-\text{OH}$
843.31	m	97.65	Estiramiento C-C alifático

Tabla 5 Asignaciones de señales del FT-IR de PVA

10.1.3. Agua.

El espectro 3 referido al agua, se caracteriza por las señales de dos longitudes de onda de manera particular, siendo estas longitudes 3600 y 1500 cm^{-1} [20], éstas dos señales se determinan en el espectro 3, y corresponden a 3308.03 y 1634.99 cm^{-1} , la cuales dan una referencia muy cercana a la presencia del agua en las muestras.



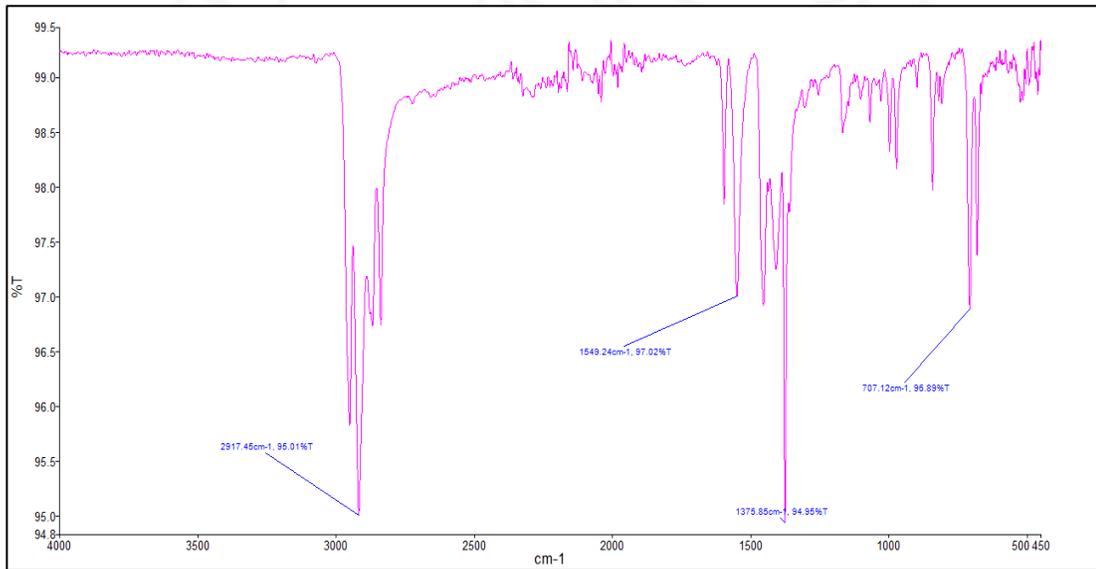
Espectro 3 FT-IR agua destilada.

10.1.4. PP puro en aditivos de degradación Mark-102 y Mark-102.

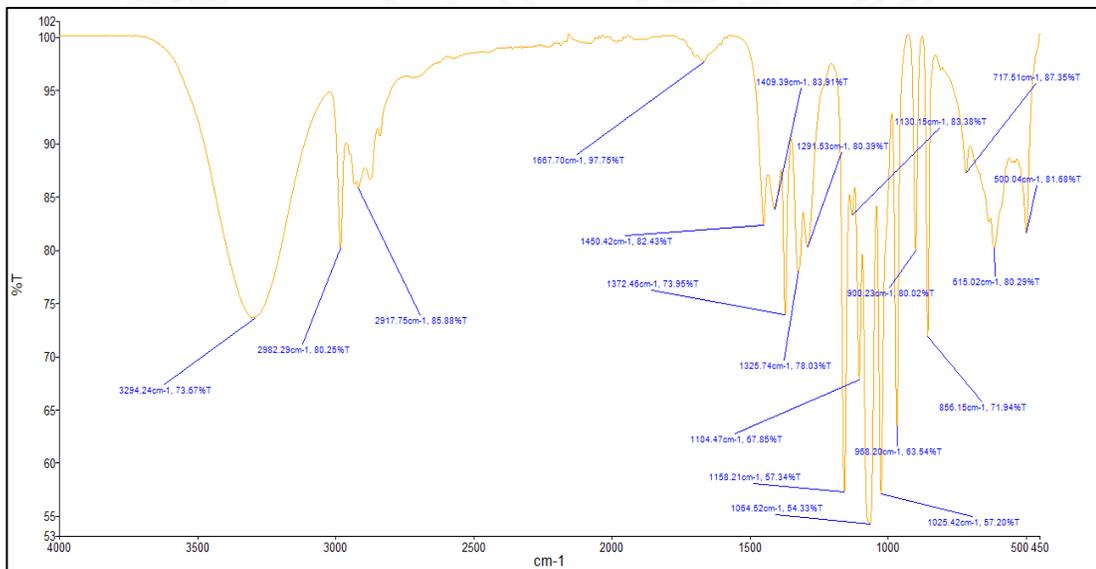
Luego de la degradación de las muestras de polipropileno puro en el aditivo Mark-101, las señales en el Espectro 4 de 2917.2 , 1375.85 y 2950.41 cm^{-1} , indican la presencia de polipropileno.

La degradación en Mark-102, las señales de PP se detallan en 2917.75 , 1450.42 y 1372.46 cm^{-1} . Aunque se no se conocen con exactitud los componentes y concentraciones de cada aditivo, se sabe que en Mark-102 se tiene la presencia de 3-hexin-2,5-diol en un 15-40% y 1,4-butindiol de 1-5%, ambos alquinos, los espectros de referencia [22,22] de cada uno, indican

varias señales en el rango de 1600 a 500 cm^{-1} , por lo que, para fines prácticos de este trabajo, todas estas señales se reconocen en análisis posteriores como presencia de alquinos, de igual manera se toman las señales de 1664 y 1636 cm^{-1} respectivamente a partir de los espectros de referencia de cada componente, junto con la señal de 1667.70 cm^{-1} que se muestra en el espectro 5 para este segundo aditivo.



Espectro 4 Degradación de PP en mark-101 sin recubrimiento



Espectro 5 Degradación de PP en mark-102 sin recubrimiento

Proceso de degradación				
Concentración PVA en textil (%)	Medio de degradación	Peso textil antes de degradación (mg)	Peso textil después de degradación (mg)	Degradación (%)
0	Mark-101	295	336	-12.20
	Mark-102	353	1351	-73.87

Tabla 6 Pesos de PP antes y después de degradación en mark-101 y mark-102

El peso del PP después de cada degradación incrementa en 12.20% con Mark-101, y un 73.87% con Mark-102 (tabla 6). Puesto que en los espectros se registran la presencia de PP en cada una de las degradaciones, se estima que el incremento de peso sea por ciertas incrustaciones de los aditivos después de la inmersión, ya que las muestras se llevan a secado.

10.2. PP CON RECUBRIMIENTO DE SOLUCIÓN ACUOSA PVA.

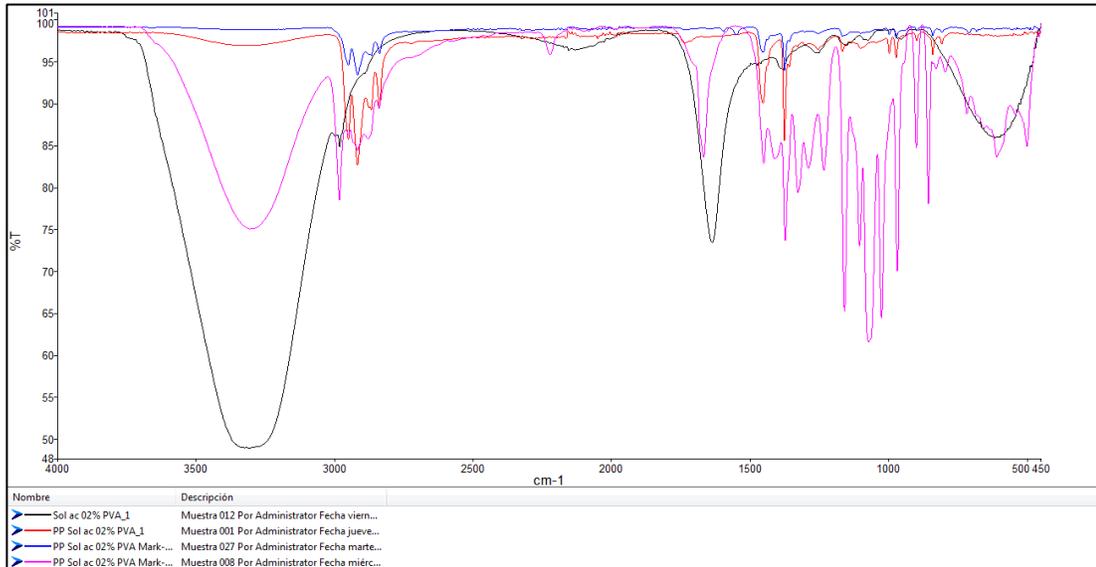
Datos textil de PP					
Concentración de PVA (%P/V)	Peso textil antes de inmersión (mg)	Forma	Diámetro (cm)	Peso textil después de inmersión (mg)	Aumento en peso (%)
2	630	Circular	4	684	7.894736842
4	658	Circular	4	784	16.07142857
6	723	Circular	4	940	23.08510638
8	678	Circular	4	975	30.46153846
10	697	Circular	4	979	28.80490296

Tabla 7 Caracterización mediante gravimetría de PP antes y después de inmersión para recubrimiento en soluciones acuosas de PVA

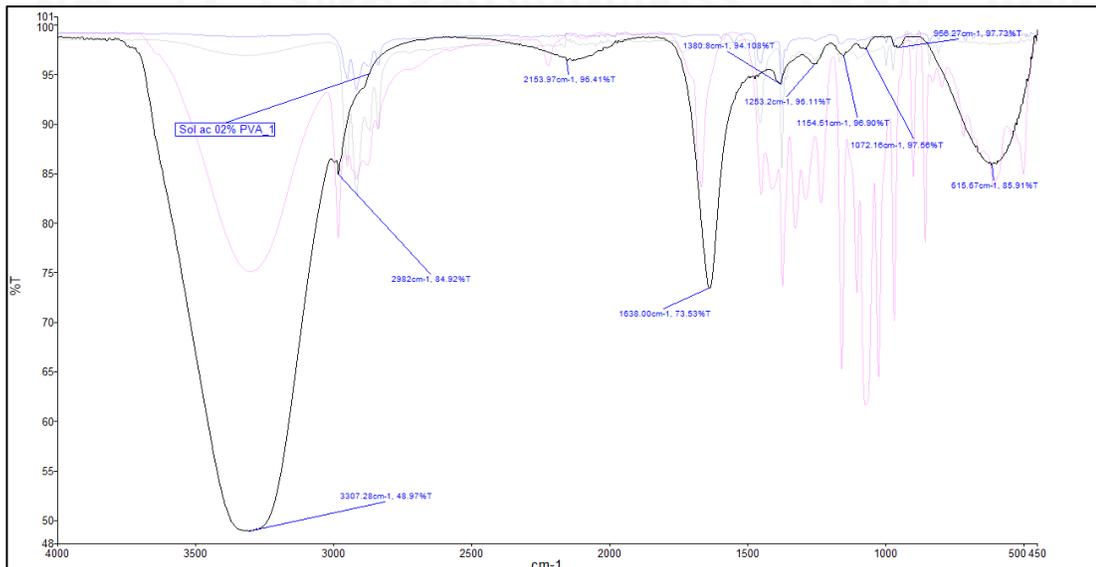
Proceso de degradación				
Concentración PVA en textil (% P/V)	Medio de degradación	Peso textil antes de degradación (mg)	Peso textil después de degradación (mg)	Degradación (%)
2	Mark-101	331	322	2.719033233
	Mark-102	353	852	-141.35977
4	Mark-101	376	333	11.43617021
	Mark-102	408	927	-127.2058
6	Mark-101	458	378	17.46724891
	Mark-102	482	1978	-310.3734
8	Mark-101	500	379	24.2
	Mark-102	475	1022	-115.1578
10	Mark-101	496	384	22.58064516
	Mark-102	483	1014	-109.9378

Tabla 8 Caracterización mediante gravimetría de PP con recubrimiento de solución acuosa de PVA antes y después de degradación

10.2.1. PP 02% P/V PVA.



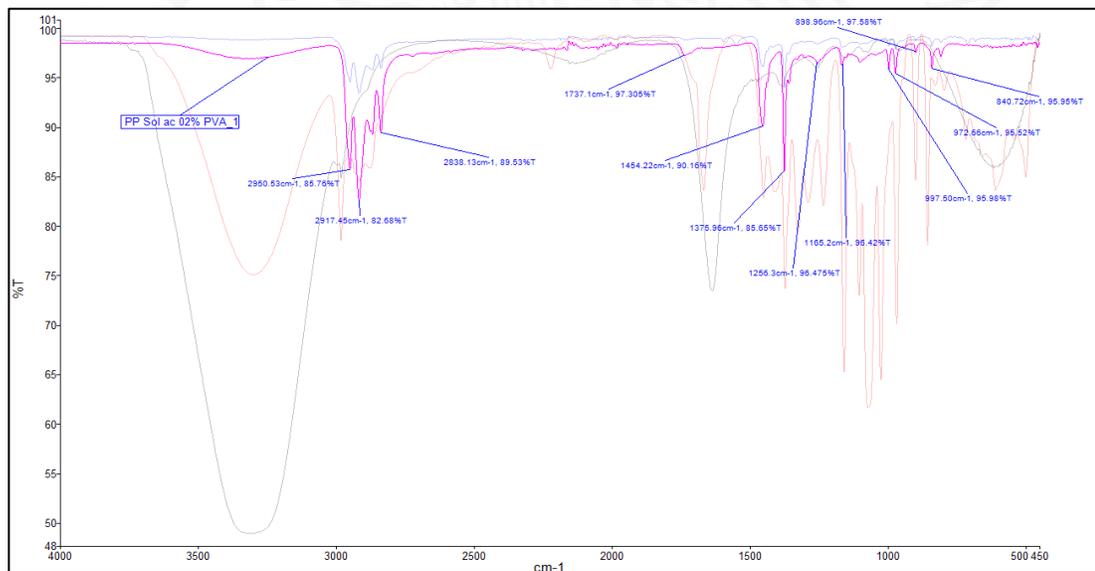
Espectro 6 FT-IR correspondientes al PP de 02% PVA



Espectro 7 FT-IR de solución de recubrimiento

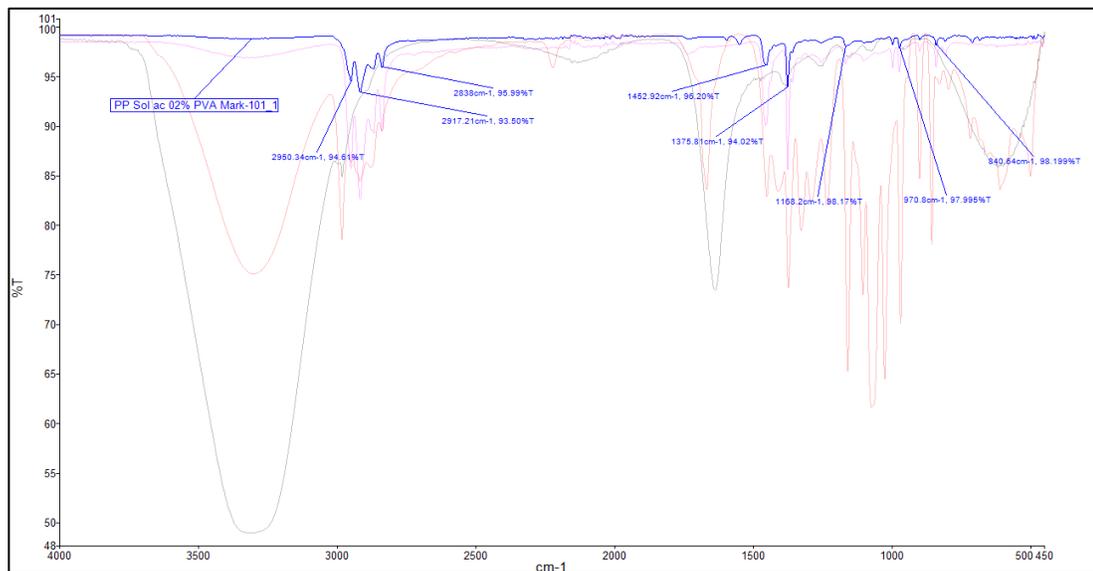
En el espectro 6 se concentra el proceso desde recubrimiento del PP hasta la degradación en ambos aditivos por el cual se observan los cambios de señales que se producen desde el inicio hasta el final, apreciando con estas mismas, presencia o posibles desvanecimientos de algunos componentes. El espectro

7 nos confirma presencia de PVA con las señales 1380.8, 1253.2 y 1072.16 cm^{-1} en solución acuosa, ya que también se observan las señales que hacen referencia al agua 3307.28 y 1638 cm^{-1} . Seguido del recubrimiento de PP con dicha solución, se caracteriza la muestra con obtención de señales con longitud de onda en 2950.53, 2917.45, 1454 y 1375.96 cm^{-1} , indicando la presencia de PP, y señales en 1737, 1375.96 y 1256.3 cm^{-1} , distinguiendo así el PVA como se indica en el espectro 8, además de un incremento del 7.89% en peso como se indica en la tabla 7 correspondiente al 02% PVA.



Espectro 8 FT-IR de PP con recubrimiento

Puesto que después del procedimiento de degradación se tiene el PP sin señales macroscópicas notorias de desgaste, con las señales de 2950.34, 2917.21, 1452.92 y 1375.81 cm^{-1} , se reconoce la presencia del PP. Con respecto al PVA, de las señales que hacen referencia este componente en la mezcla, solo se registra con mayor puntualidad la señal de 1375.81 cm^{-1} , puesto que esta señal no representa de manera muy específica al PVA sino al PP, se puede atribuir un desprendimiento de dicho material de la mezcla (espectro 9), dando una referencia a esto, la disminución del 2.719% en peso como se establece en la tabla 8.

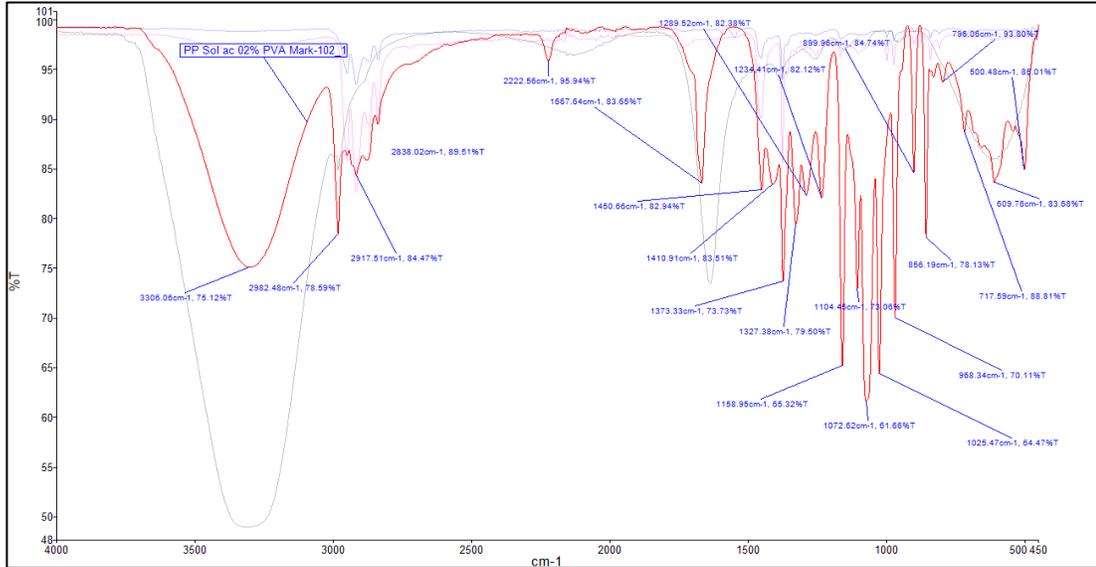


Espectro 9 FT-IR de PP degradación mark-101

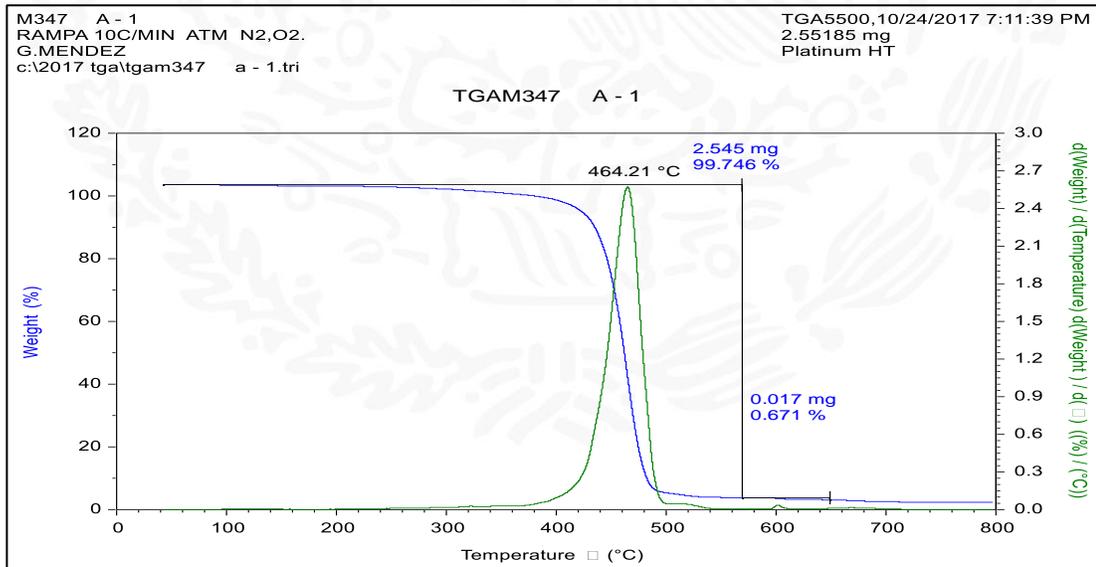
Mientras tanto en la degradación con Mark-102 (espectro 10), se observa el rango de señales de presencia de alquinos, así como 1667.64 cm^{-1} presente debido al 3-hexin-2,5-diol. El PP se hace presente con señales en 2917.51 , 1450.66 y 1373.33 cm^{-1} . Como en Mark-101, no se observan señales que hagan una referencia muy específica al PVA, se estima un desprendimiento del PVA, aunque la muestra no se presenta una disminución en el peso (tabla 8), el espectro no detalla señales de PVA, pero si intensas referencias a los alquinos, el incremento de peso se atribuye a incrustaciones del aditivo en evaluación.

A partir del análisis termogravimétrico (TGA 1) tomado después de la degradación, se demuestra la presencia de PP en un 99.746% a partir del TGA del PP solo, teniendo además una temperatura de descomposición de 431.75°C , y reportando en este análisis la temperatura de 464.21°C , así sin tener otra temperatura de descomposición debajo de 400°C se establece nuevamente la inexistencia de PVA, ya que este componente presenta una temperatura de descomposición a 233°C [27], mientras que los componentes

que se registran a temperaturas mayores a 500° son considerados como componentes inorgánicos propios del aditivo de degradación.



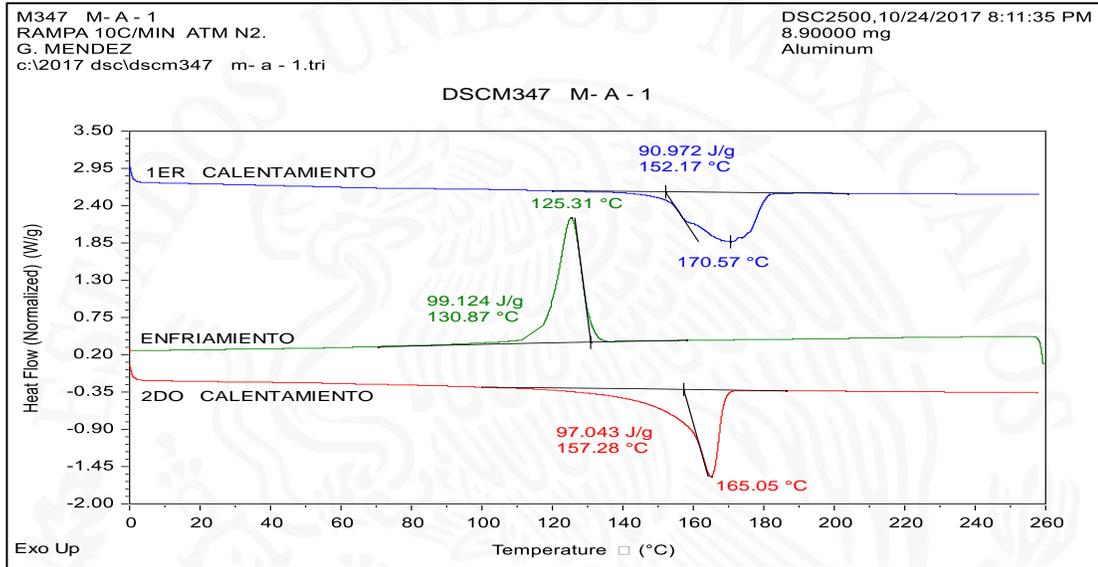
Espectro 10 FT-IR de PP degradación en mark-102



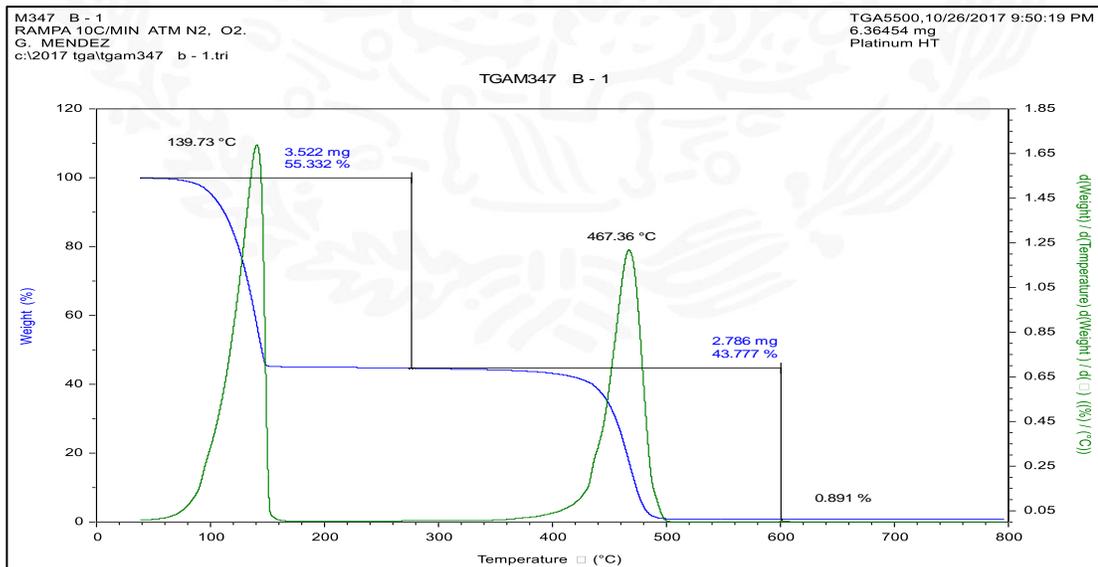
TGA 1 Degradación en mark-101

El TGA 2, analiza la muestra inmersa en mark-102, en el que se observa una primera temperatura de descomposición a 139.73°C, en la cual existe una concentración de 55.332% en peso al que se les atribuyen a componentes del

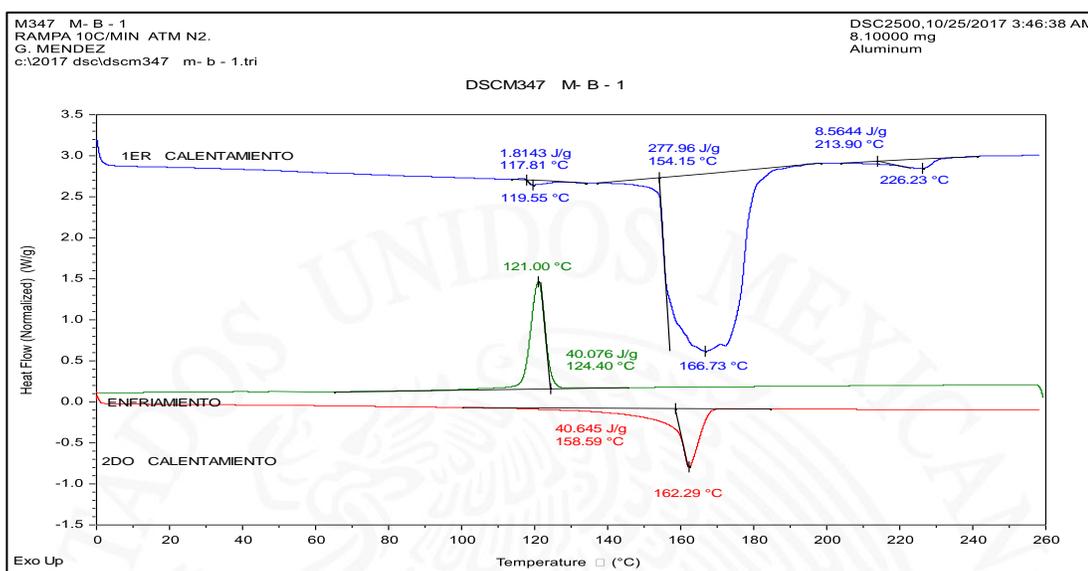
aditivo Mark-102 (incrustaciones orgánicas) y un 43.777% de PP con temperatura de descomposición de 467.36°C y el 0.891% de componentes (inorgánicos) pertenecientes al aditivo, respondiendo así el incremento en peso de la muestra después de degradación.



DSC 1 Degradación en mark-101.



TGA 2 Degradación en mark-102.



DSC 2 degradación en mark-102

Las caracterizaciones de las mezclas de esta concentración de PVA se describen en la tabla 9 a partir de TGA Y DSC.

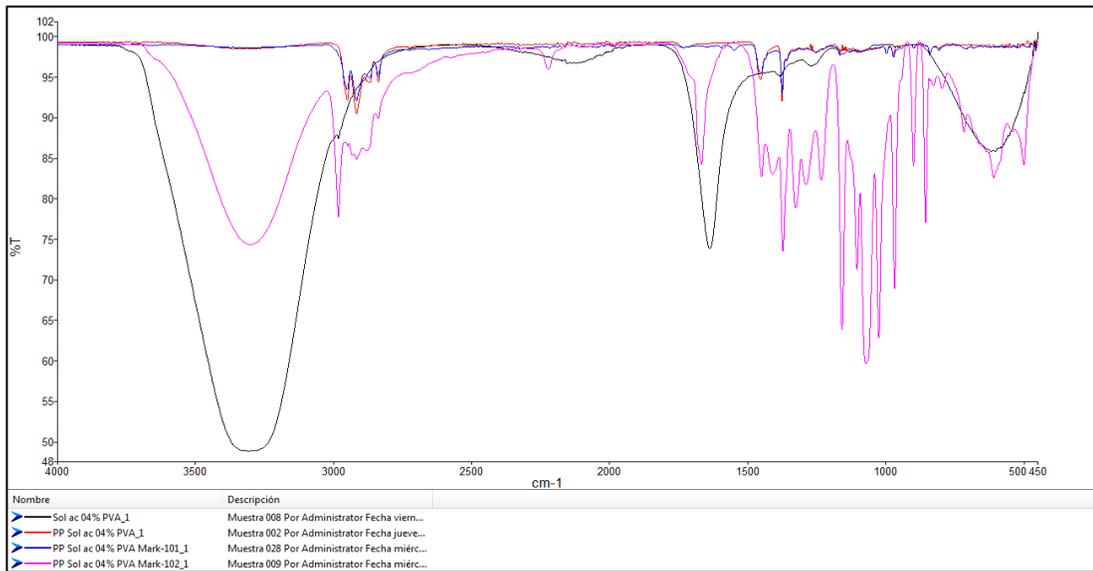
Muestra (% P/V PVA)	Medio de Degradación	PP (% peso)	Incrustaciones Orgánicos (% peso)	Incrustaciones Inorgánicos (% peso)	PVA (% peso)	T de Descomposición (°C)	T de Fusión (°C)	ΔH de Mezcla (J/g)	% Cristalización
02	Mark-101	99.746	0	0.671	0	464.21	165.05	97.043	46.43
02	Mark-102	43.777	55.332	0.891	0	467.36	162.29	40.645	19.44

Tabla 9 Caracterización de mezclas

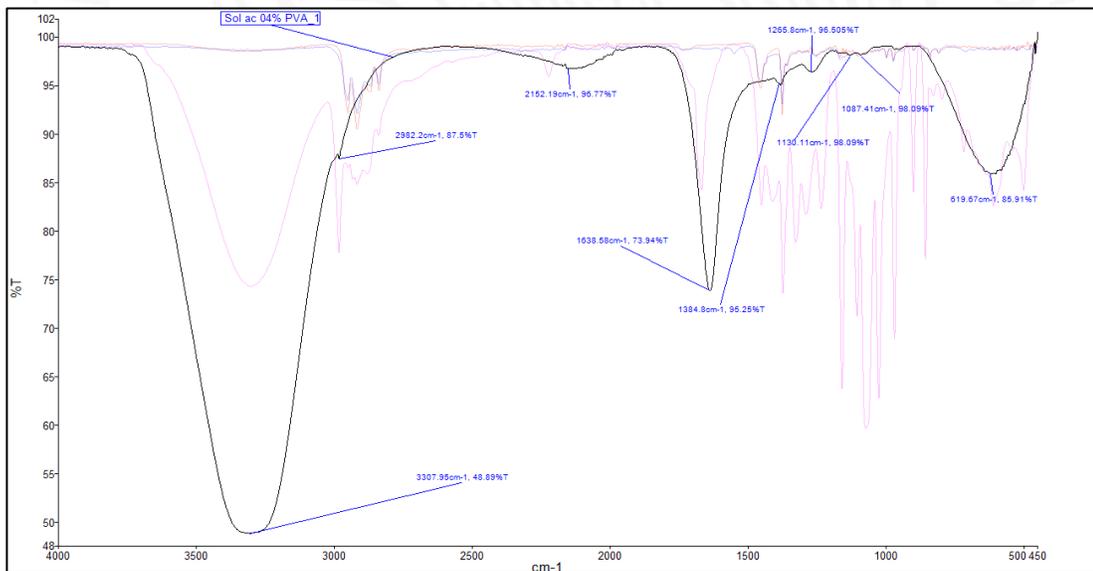
10.2.2. PP 04% P/V PVA.

El proceso de recubrimiento que se realiza con solución acuosa de concentración 04% PVA, muestra señales en 1384.8, 1265.8, 1087.41 cm^{-1} en el espectro 12 que hacen referencia al PVA en solución acuosa, las intensidades altas que se exhiben en 3307.95 y 1638.58 cm^{-1} se conciben propias del agua.

Se hace una mayor referencia al PVA como recubrimiento en solución del PP con señales presentadas en el espectro 13 con mayores intensidades en 1249.05 cm^{-1} del PVA y 2950.41, 2917.23, 1453.13, 1375.95 para el PP.

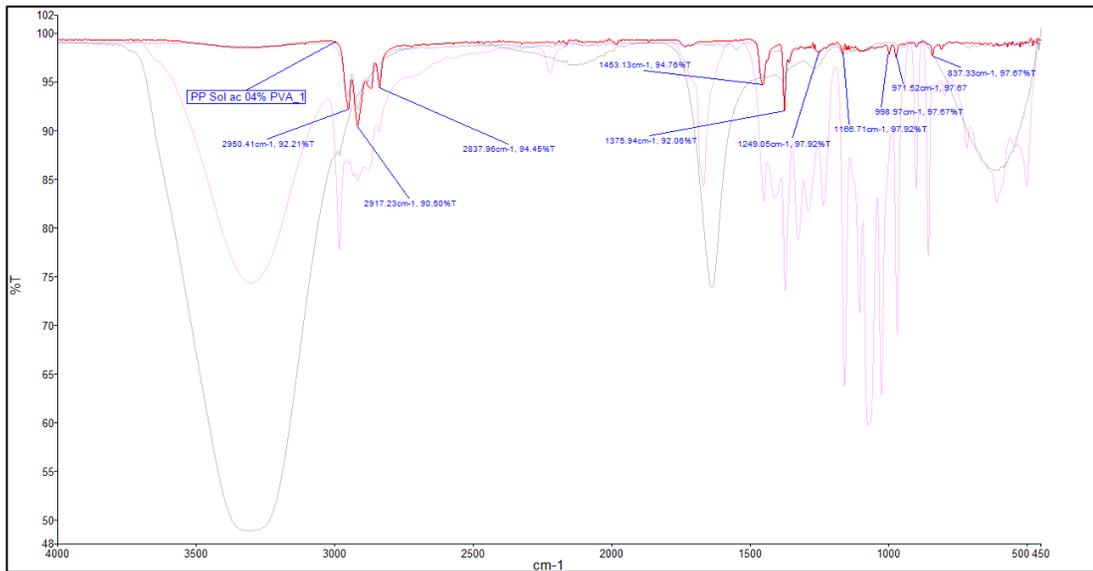


Espectro 11 FT-IR correspondientes al PP de 04% PVA

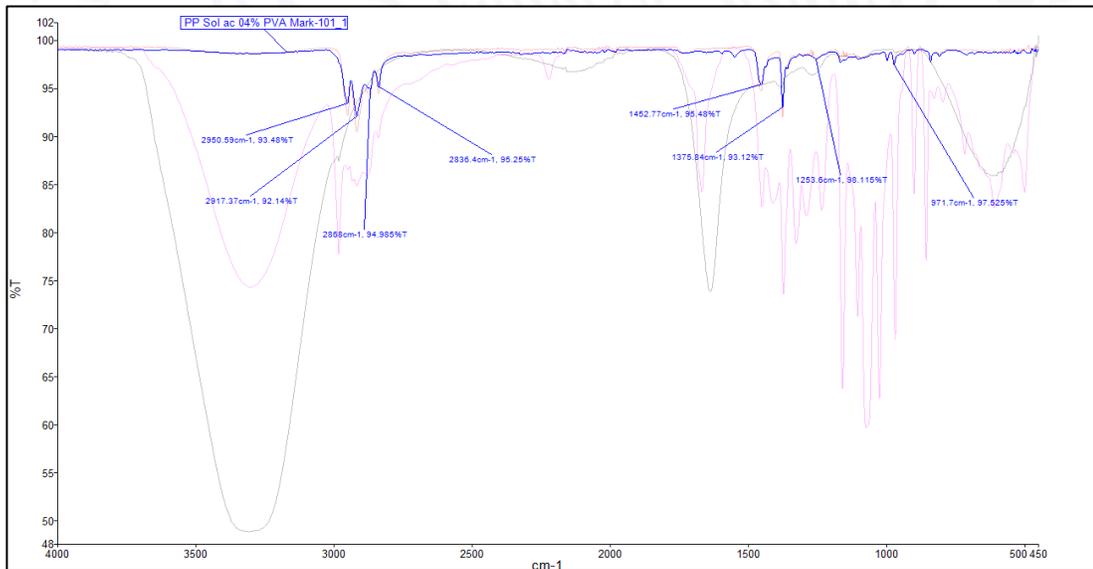


Espectro 12 FT-IR solución de recubrimiento

La degradación en el aditivo Mark-101 en el espectro 14, presenta intensidades muy marcadas en 2950.59, 2917.37, 1452.77 y 1375.87 refiriéndose al PP, disminuyendo así un 11.436% el peso de la muestra después del anterior proceso de inmersión (tabla 8).

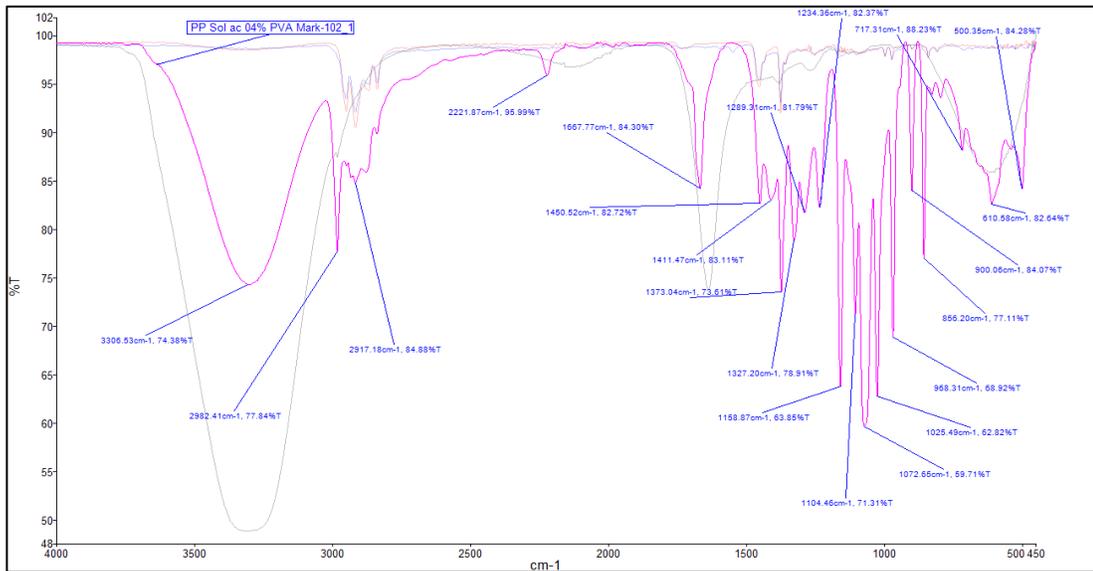


Espectro 13 FT-IR de PP con solución de recubrimiento

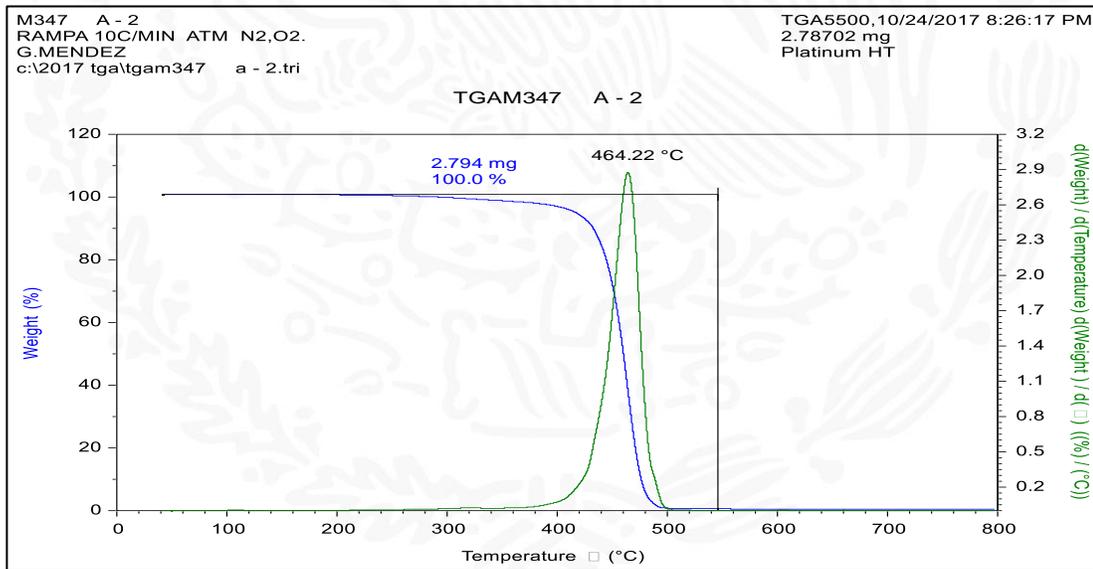


Espectro 14 Degradación de PP con mark-101

La degradación en Mark-102, contrario al aditivo anterior, presenta un incremento en peso probablemente hecha por las incrustaciones de residuos orgánicos presentados en señales correspondientes a los alquinos, esto a partir de la señal medianamente marcada en 1667.77 cm^{-1} para 3-hexin-2,5-diol (espectro 15), y referentes al PP como 2917.18 cm^{-1} , sin presencia de señales de PVA



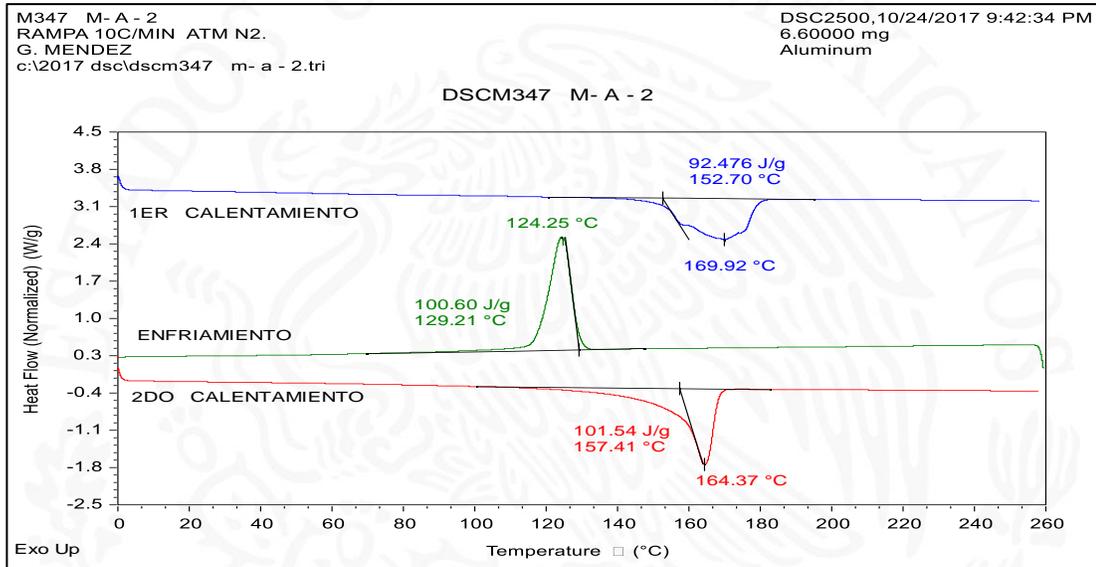
Espectro 15 Degradación de PP en mark-102



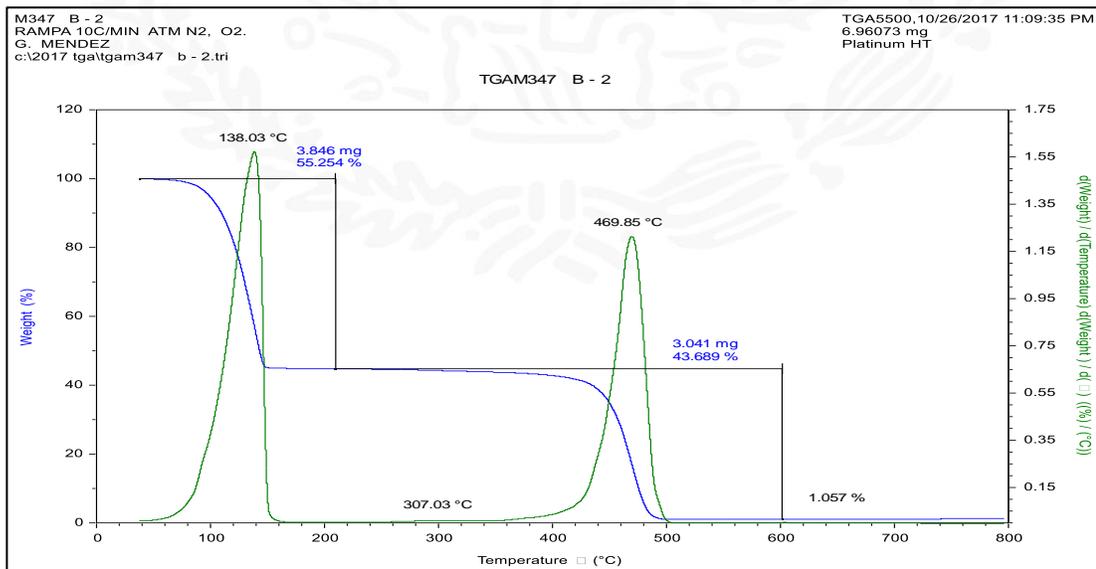
TGA 3 Mezcla degradada en mark-101.

Como ya se mencionó con anterioridad en el análisis de los espectros, seguido de las degradaciones tanto en el aditivo Mark-101 así como en el aditivo Mark-102, no se perciben señales de FT-IR correspondientes al PVA, del mismo modo se da a conocer esta circunstancia (TGA 3 y TGA 4), ya que no existen componentes en la mezcla con temperatura de descomposición que sea precisa del PVA, sino que corresponden al PP en temperaturas de 464.22 y

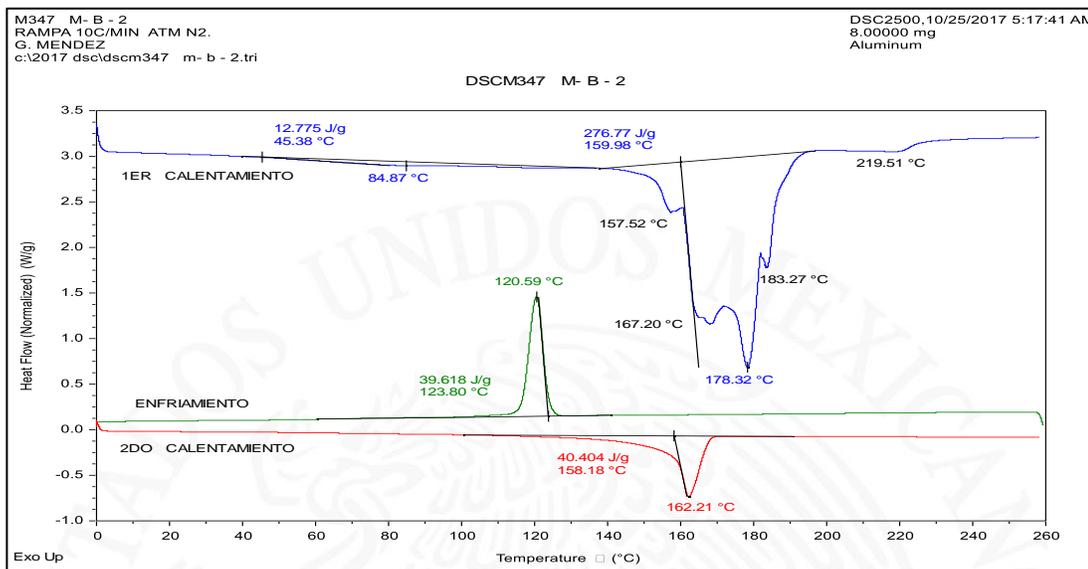
469.85°C, respectivamente, de cada aditivo de degradación, junto las incrustaciones en el caso de Mark-102, ya que si presenta alcances mayores al 50% en concentración de los residuos orgánicos, teniendo incremento en peso del 124.7%, lo cual también se puede ver en el caso de Mark-101 con la disminución del 11.43% en peso (tabla 8).



DSC 3 Mezcla degradada en mark-101



TGA 4 Mezcla degradada en mark-102



DSC 4 Mezcla degradada en mark-102

Las caracterizaciones de cada mezcla se presentan en la tabla 10, a partir de TGA y DSC, de cada muestra.

Muestra (% P/V PVA)	Medio de Degradación	PP (% peso)	Incrustaciones Orgánicas (% peso)	Incrustaciones Inorgánicas (% peso)	PVA (% peso)	T de Descomposición (°C)	T de Fusión (°C)	ΔH de Mezcla (J/g)	% Cristalización
04	Mark-101	100	0	0	0	464.22	164.37	101.54	48.58
04	Mark-102	43.689	55.254	1.057	0	469.85	162.21	40.404	19.33

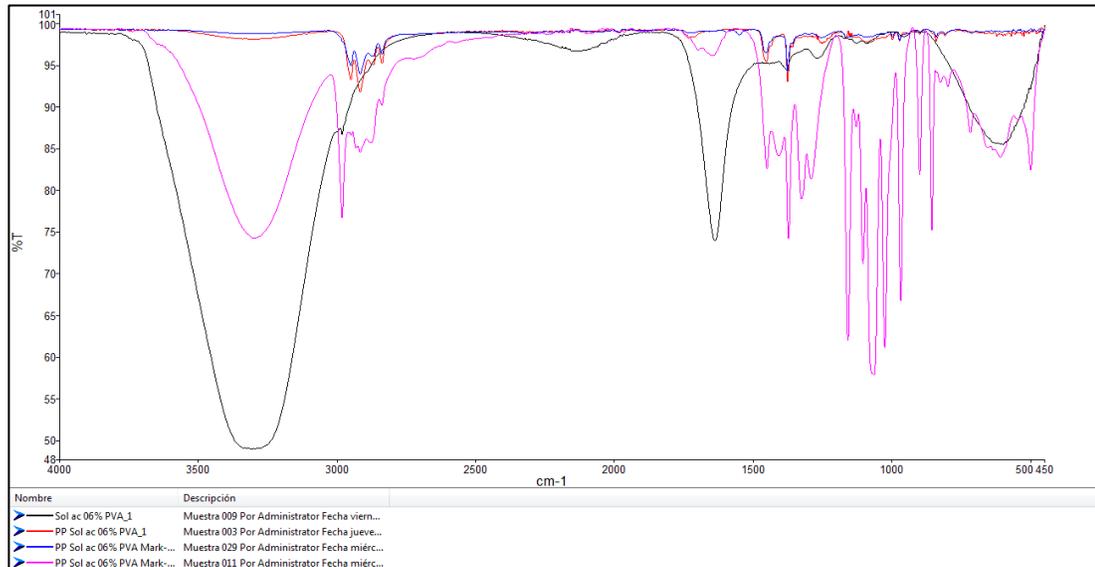
Tabla 10 caracterizaciones de mezclas

10.2.3. PP 06% P/V PVA.

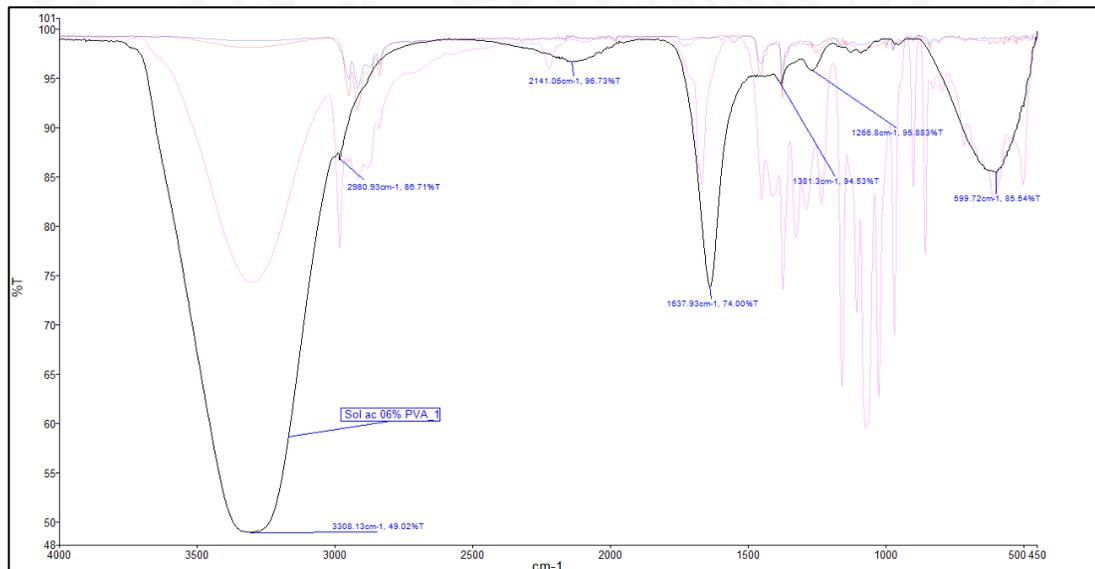
En el Espectro 17, de concentración PVA de 6%, destaca al componente en solución acuosa, mediante señales en 1381.3 y 1266.8 cm^{-1} , debido a la presencia de PVA en solución acuosa.

En mezcla con PP se distingue a partir del Espectro 18, donde se destaca la adhesión del recubrimiento con señal en la longitud de onda 1089.4 cm^{-1} del PVA y muy probablemente en 1257.7 cm^{-1} . A pesar de que estas señales son mucho menores en la intensidad que representan con respecto a las del PP tales como 2050.34, 2917.32, 1453.08 cm^{-1} , el cual se distingue con señales más claras y precisas a dicho componente de este tratamiento, es posible

encontrar el recubrimiento en esta mezcla en baja concentración de dicho material en la zona de barrido de FT-IR.



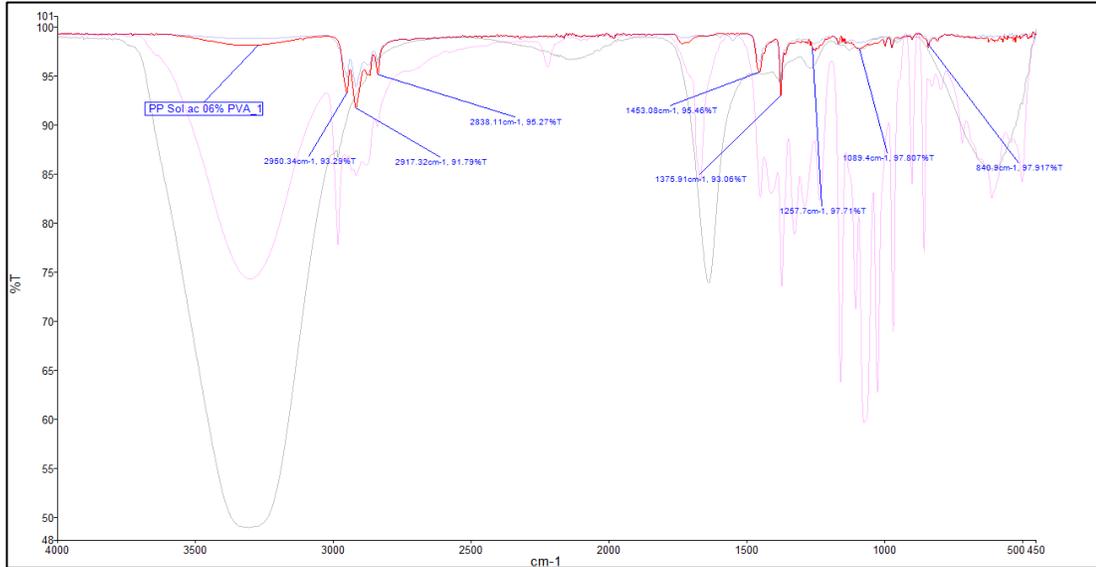
Espectro 16 FT-IR correspondientes al PP de 06% PVA



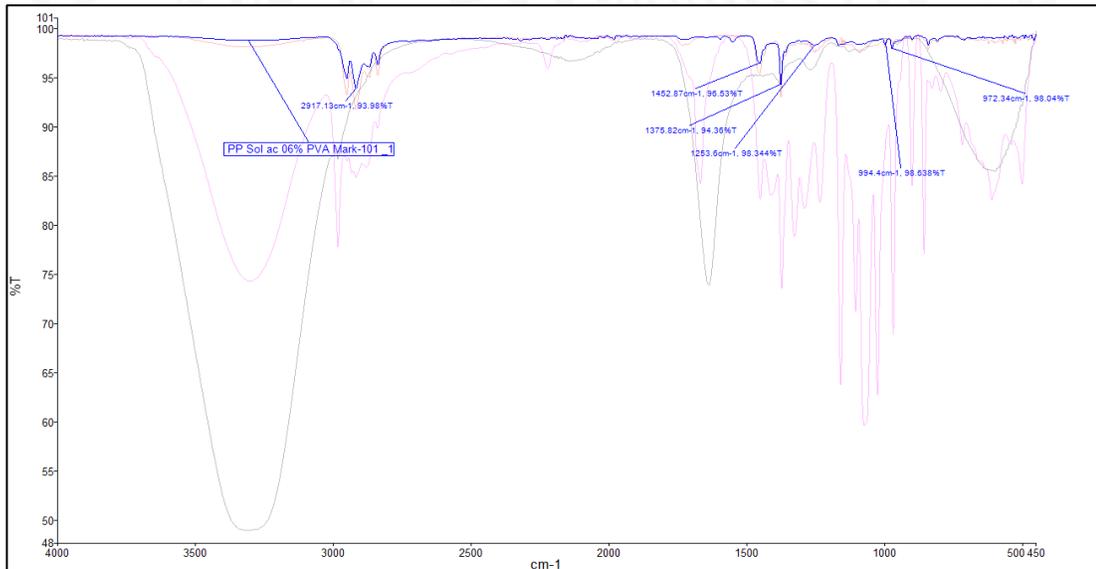
Espectro 17 Solución de recubrimiento

La disminución en peso se presenta nuevamente en el caso de degradación en el aditivo Mark-101, distinguiendo con señales de PP, observando así

también la posible presencia de cierta cantidad de PVA con la señal de 1253.6 cm^{-1} apreciado en el Espectro 19.



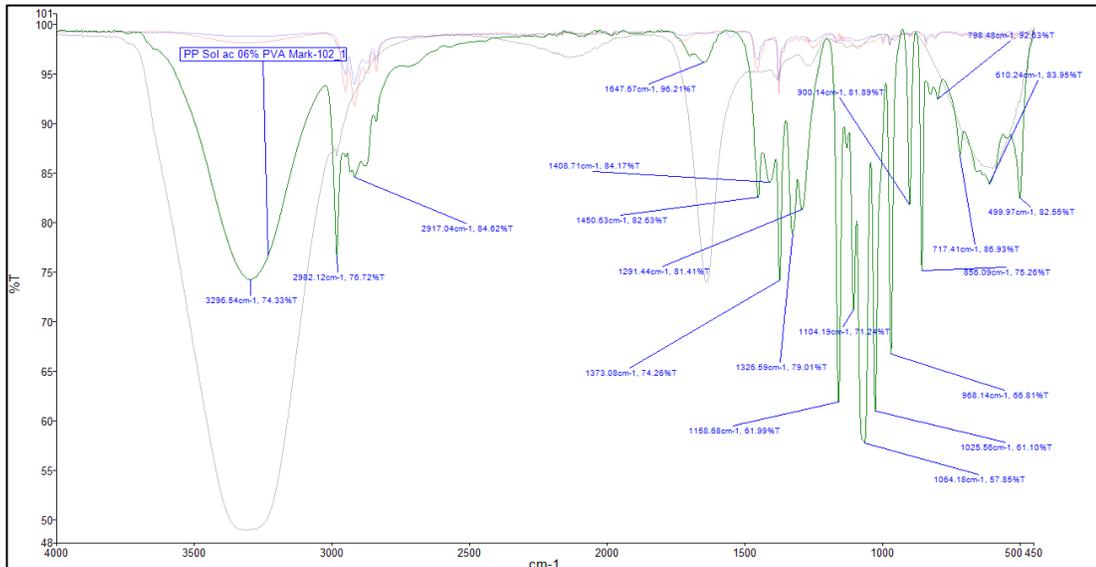
Espectro 18 PP con solución de recubrimiento



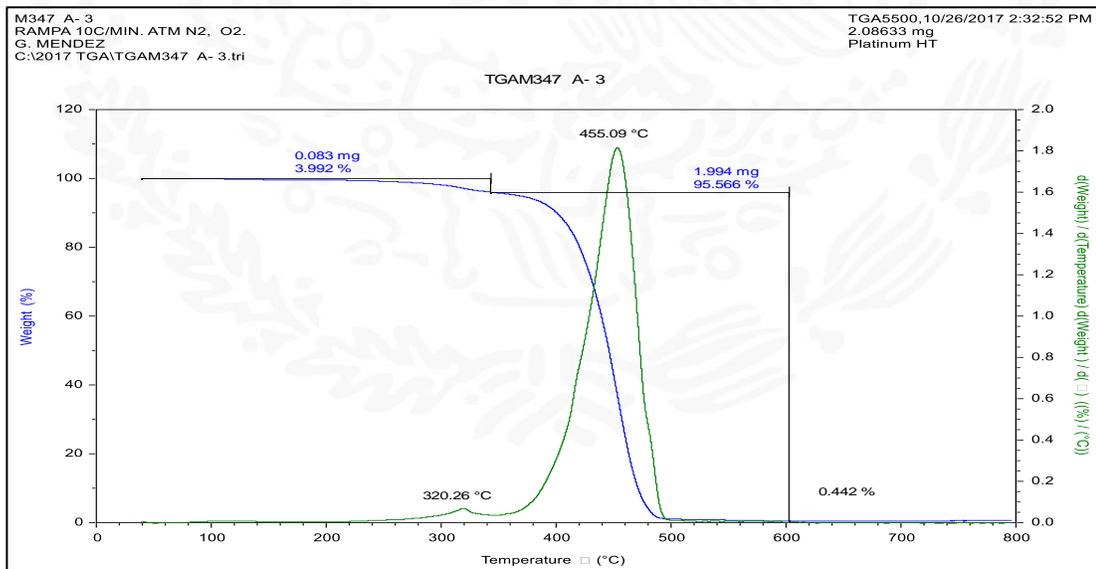
Espectro 19 Degradación en mark-101

En cuanto al Espectro 20, para la degradación en Mark-102, podemos referir al PP en FT-IR en 2917.04, 1450.63 y 1373.08 cm^{-1} , teniendo así también el

grupo de alquinos por incrustaciones y del mismo modo posible presencia de 2-butin-1,4-diol con señal en 1647.67 cm^{-1} .



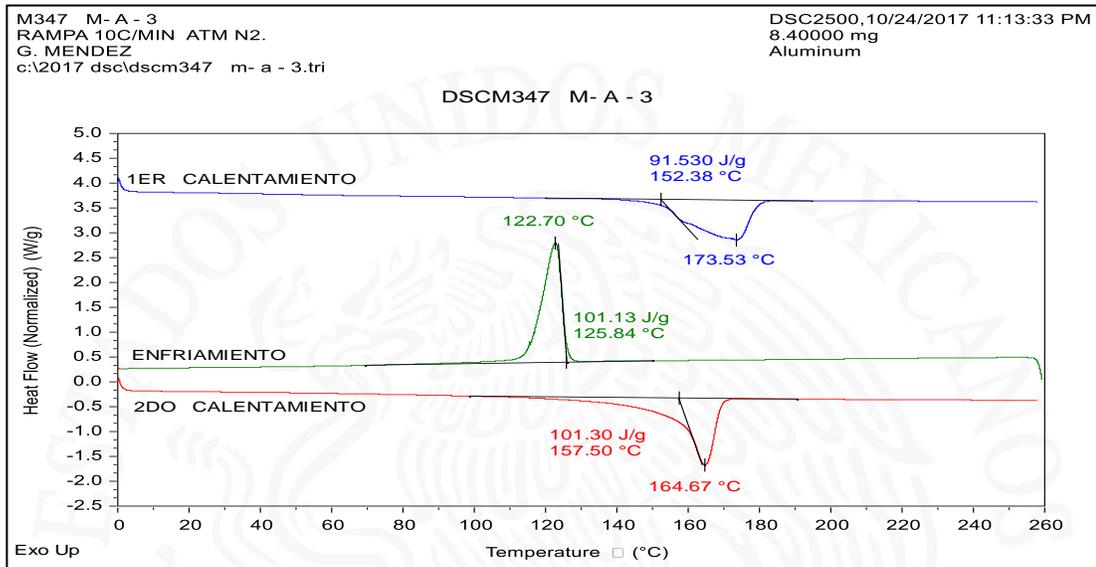
Espectro 20 Degradación en mark-102



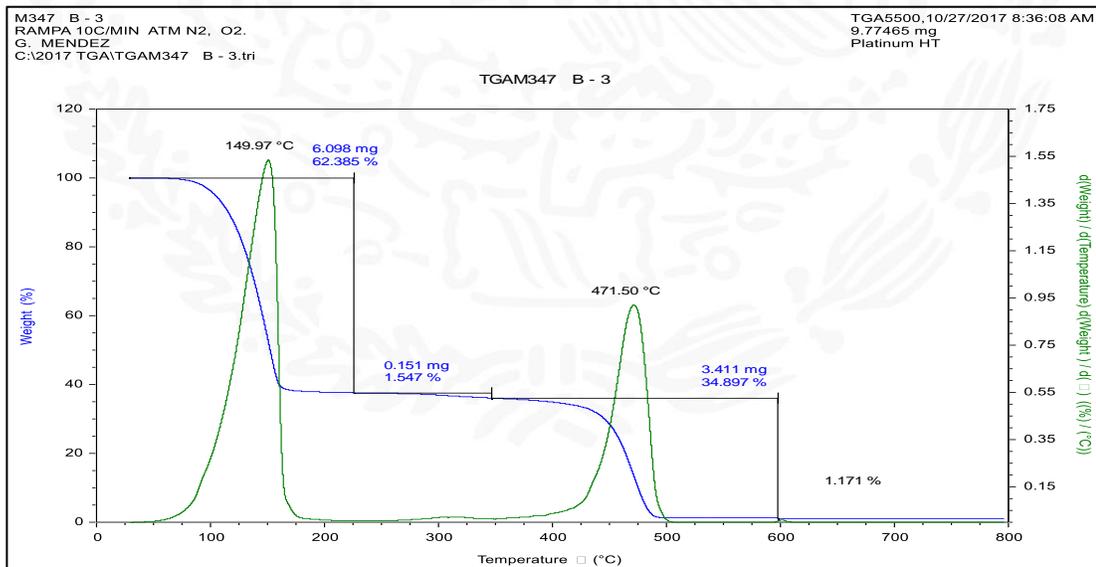
TGA 5 Degradación en mark-101

La concentración en peso de la mezcla, en Mark-101, no presenta residuos orgánicos en muestra, por lo que no existen incrustaciones, pero si la posible separación entre fases del recubrimiento y el PP. En Mark-102, se enfatizan

mayores incrustaciones en el PP de componentes orgánicos, con concentraciones de 63.932%.

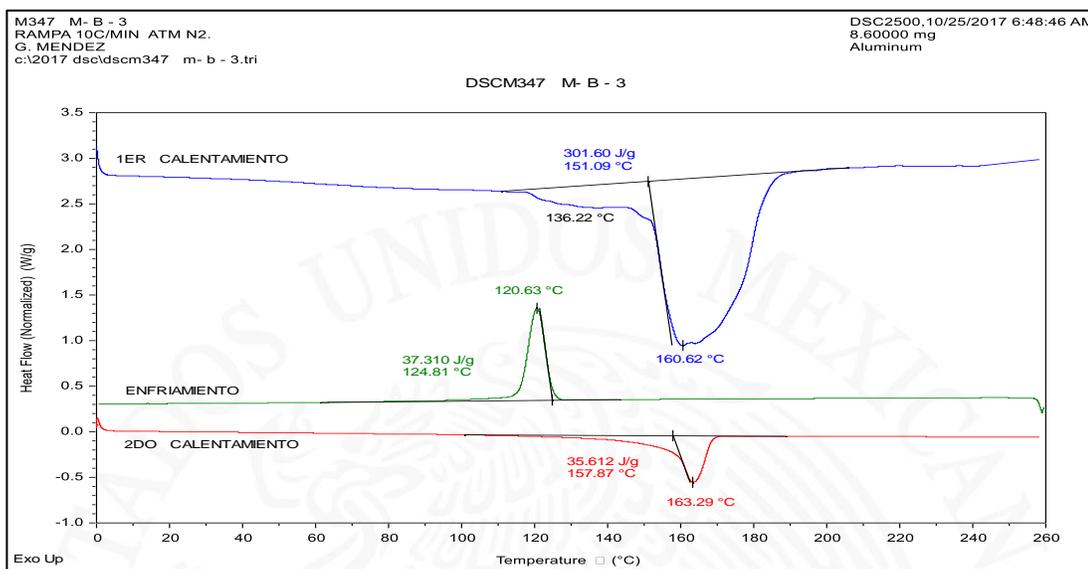


DSC 5 Degradacion en mark-101



TGA 6 Degradación en mark-102

La tabla 11 establece las características de las mezclas como en los casos anteriores, a partir de los análisis térmicos TGA y DCS.



DSC 6 Degradación en mark-102

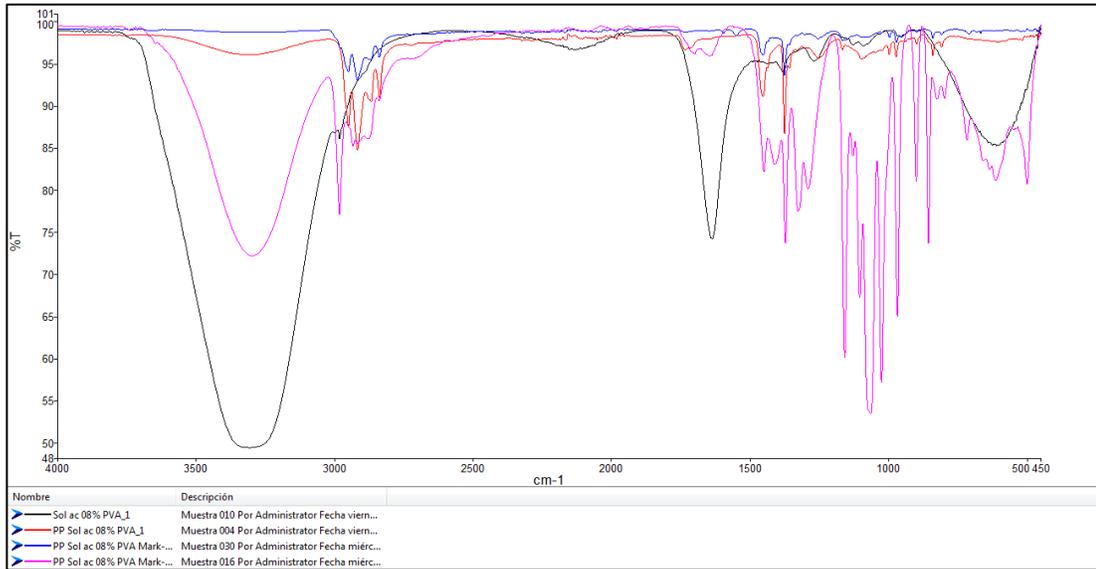
Muestra (% P/V PVA)	Medio de Degradación	PP (% peso)	Incrustaciones Orgánicas (% peso)	Incrustaciones Inorgánicas (% peso)	PVA (% peso)	T de Descomposición (°C)	T de Fusión (°C)	ΔH de Mezcla (J/g)	% Cristalización
06	Mark-101	95.566	3.992	0.442	0	455.09	164.67	101.30	48.46
06	Mark-102	34.897	63.932	1.171	0	471.5	163.21	35.612	17.612

Tabla 11 Caracterización de mezclas

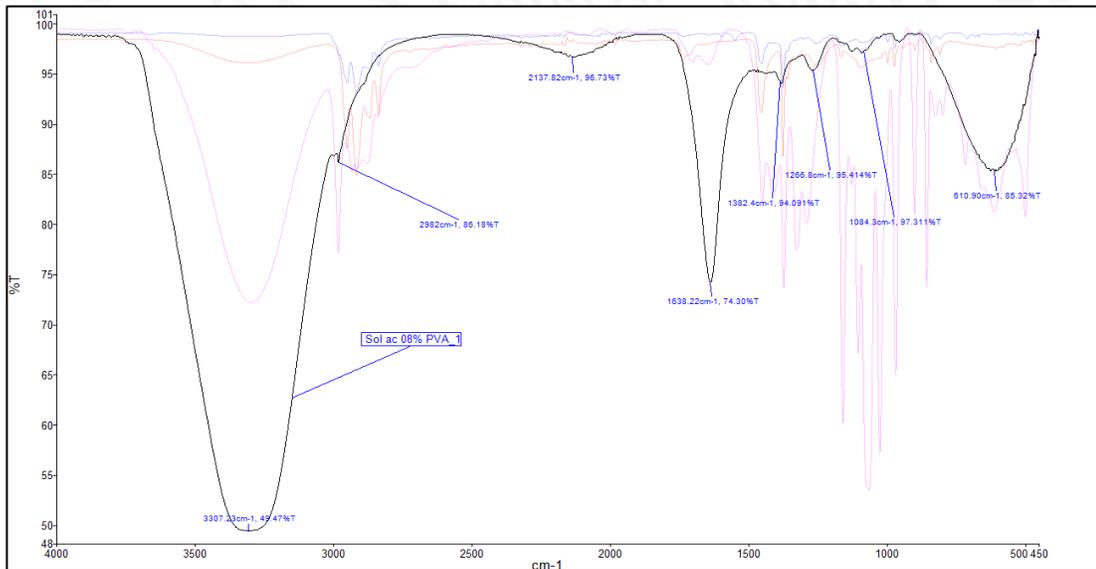
10.2.4. PP 08% P/V PVA.

En el espectro 22, se presenta el PVA con las señales en 1382.4 y 1084.3 cm^{-1} . En el textil con recubrimiento de 08% PVA señalado en el Espectro 23, se aprecia el PP en la mezcla con 2950.14, 2917.27 y 1375.90 cm^{-1} , las señales no son muy claras para el PVA más que en una cercana con su longitud de onda en 1097.95 cm^{-1} y posiblemente en 1256.7 cm^{-1} .

Se observa en el Espectro 24, que luego de la degradación en Mark-101, ocurre el mismo fenómeno a los tratamientos anteriores, en el que existe separación del recubrimiento con el textil, con posibles residuos de PVA presentado en la señal de 1251.6 cm^{-1} , por lo que en consecuencia de eso se obtiene una baja del 24.2% en peso de la muestra.

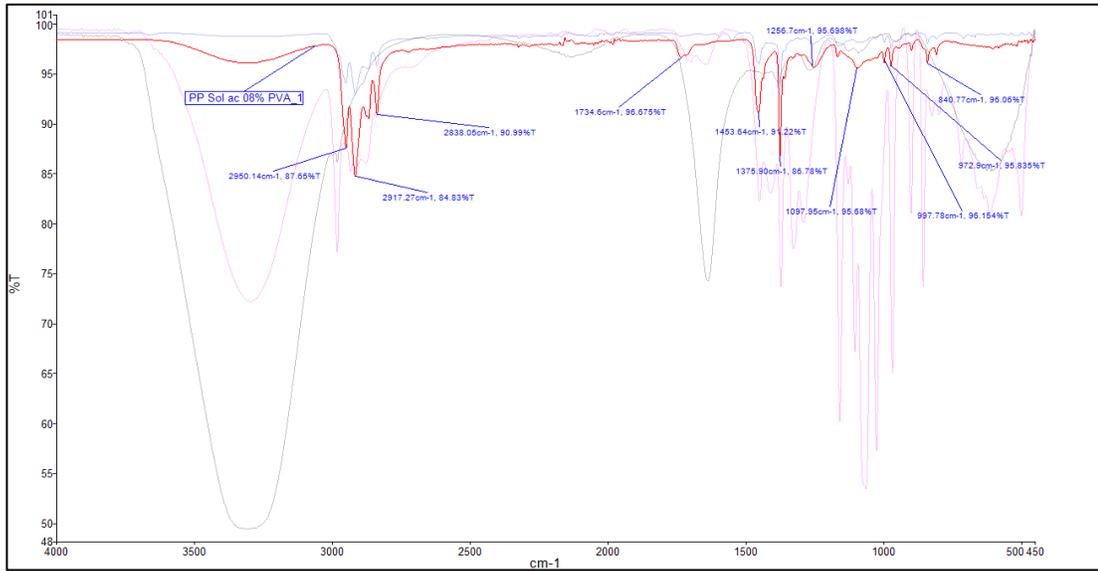


Espectro 21 FT-IR correspondientes al PP de 08% PVA

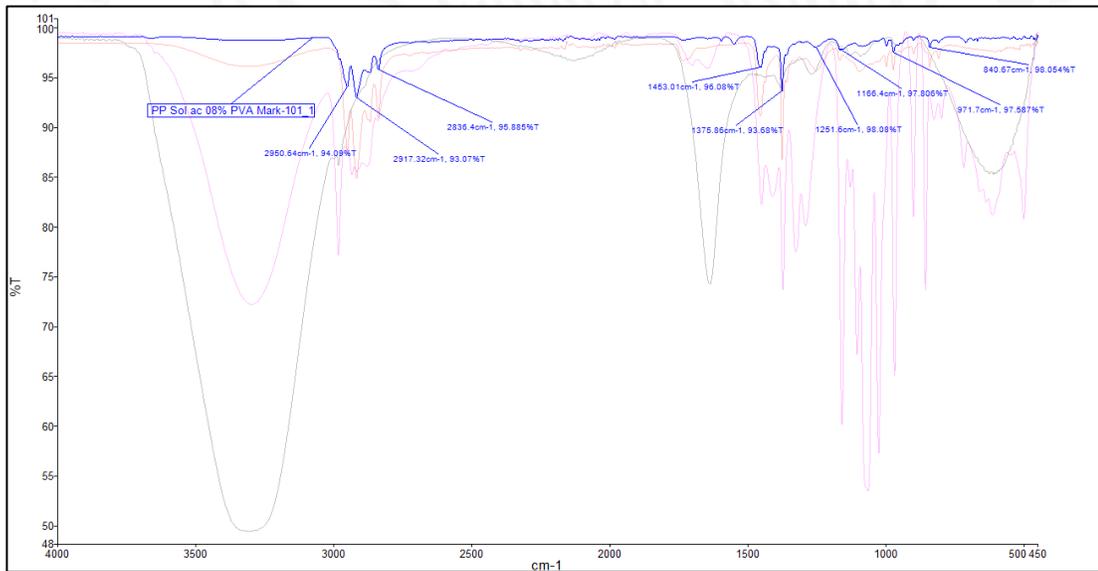


Espectro 22 Solución de recubrimiento

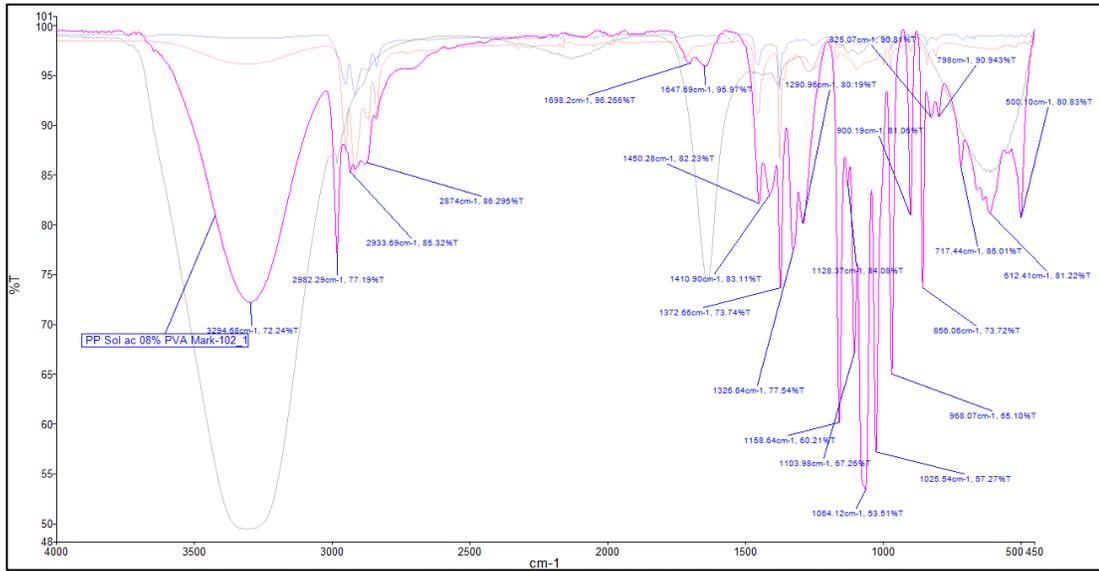
La presencia de grupo de alquinos, se siguen apreciando como incrustaciones en el espectro 25 por degradación en el segundo aditivo, con probabilidad de incrustaciones específicas de 2-butin-1,4-diol en 1647.69 cm⁻¹, la presencia de PP se añade con 1450.28 y 1372 cm⁻¹.



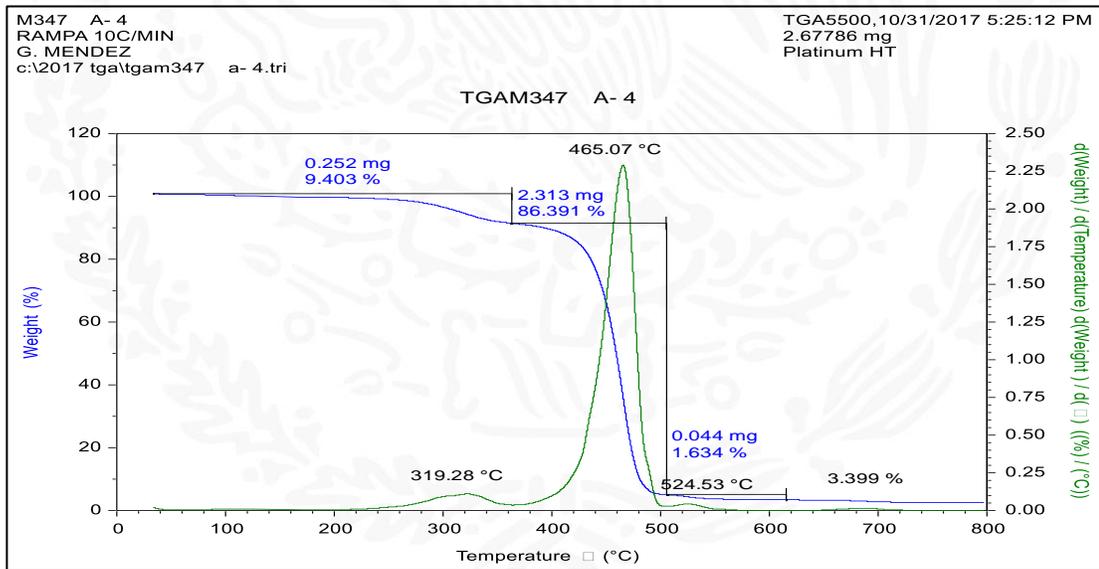
Espectro 23 PP con solución de recubrimiento



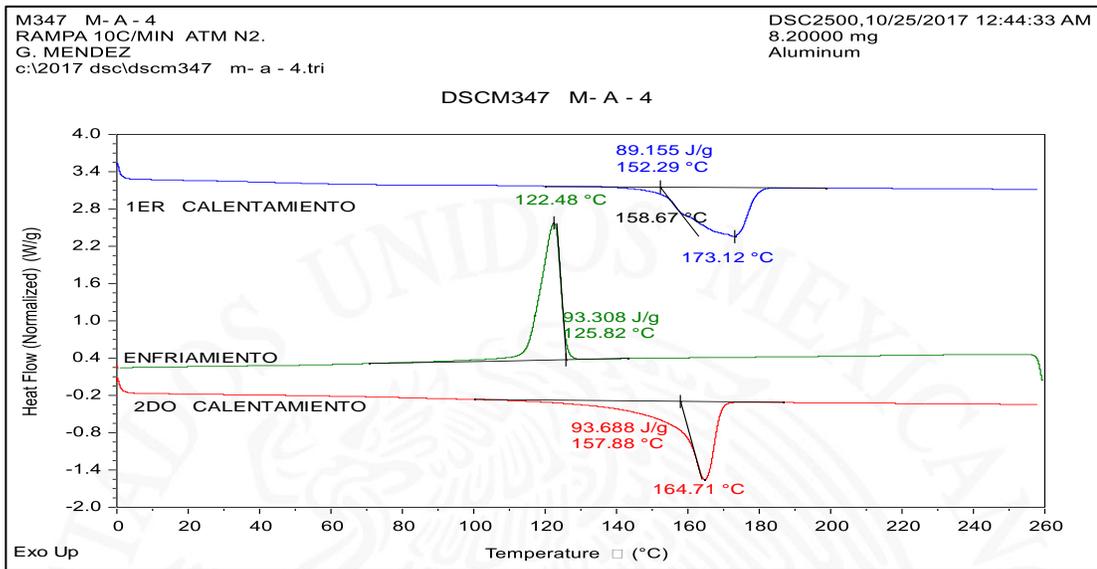
Espectro 24 Degradación en mark-101



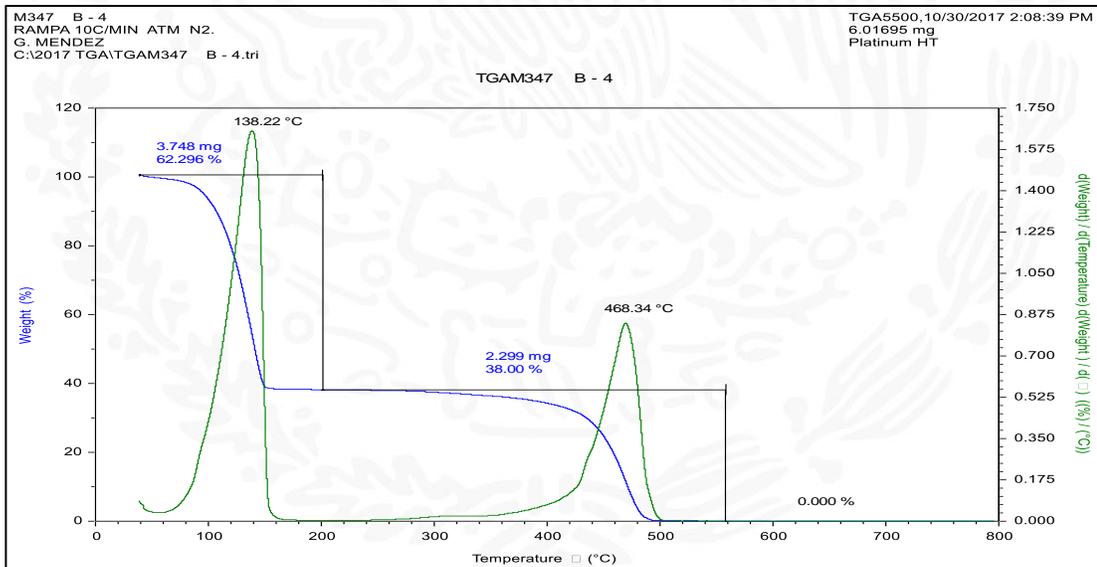
Espectro 25 Degradación en mark-102



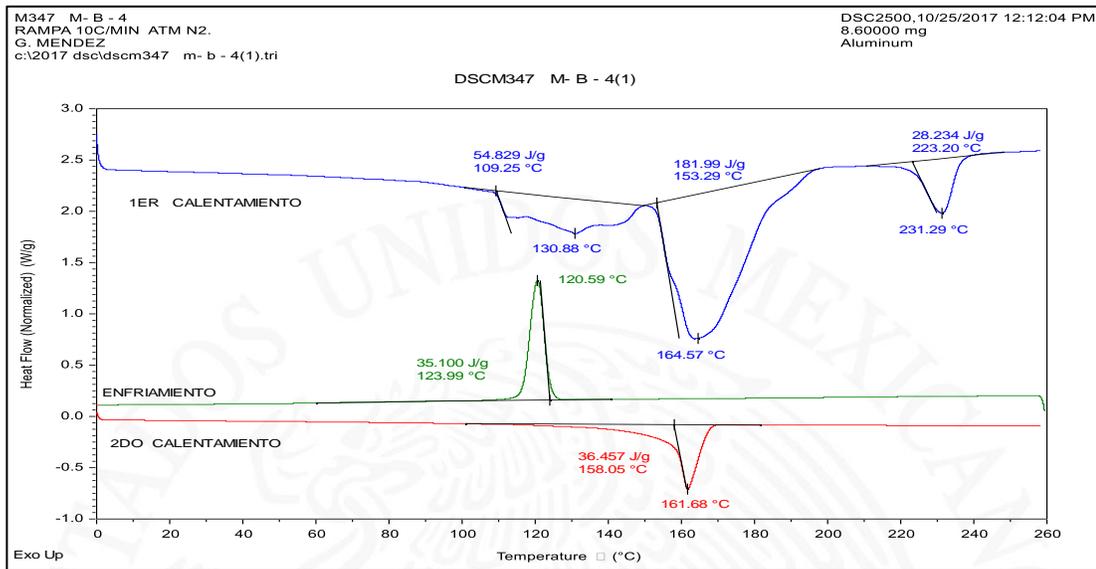
TGA 7 Degradación en mark-101



DSC 7 Degradación en mark-101



TGA 8 Degraación en mark-102



DSC 8 Degradación en mark-102

Las caracterizaciones de cada mezcla se presentan con ayuda del TGA 7,8 y DSC 7,8, las cuales se pueden apreciar en la tabla 12.

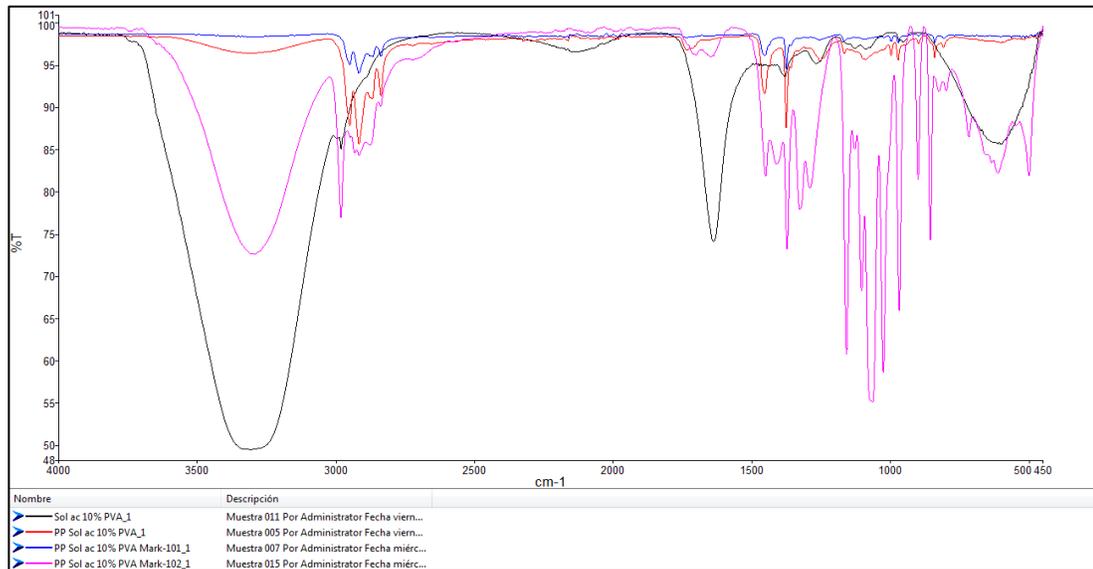
Muestra (% P/V PVA)	Medio de Degradación	PP (% peso)	Incrustaciones Orgánicos (% peso)	Incrustaciones Inorgánicos (% peso)	PVA (% peso)	T de Descomposición (°C)	T de Fusión (°C)	ΔH de Mezcla (J/g)	% Cristalización
08	Mark-101	86.391	9.403	5.033	0	464	165.05	97.043	46.43
08	Mark-102	38	62.296	0	0	468.34	161.68	36.457	17.44

Tabla 12 Cracterización de las mezclas

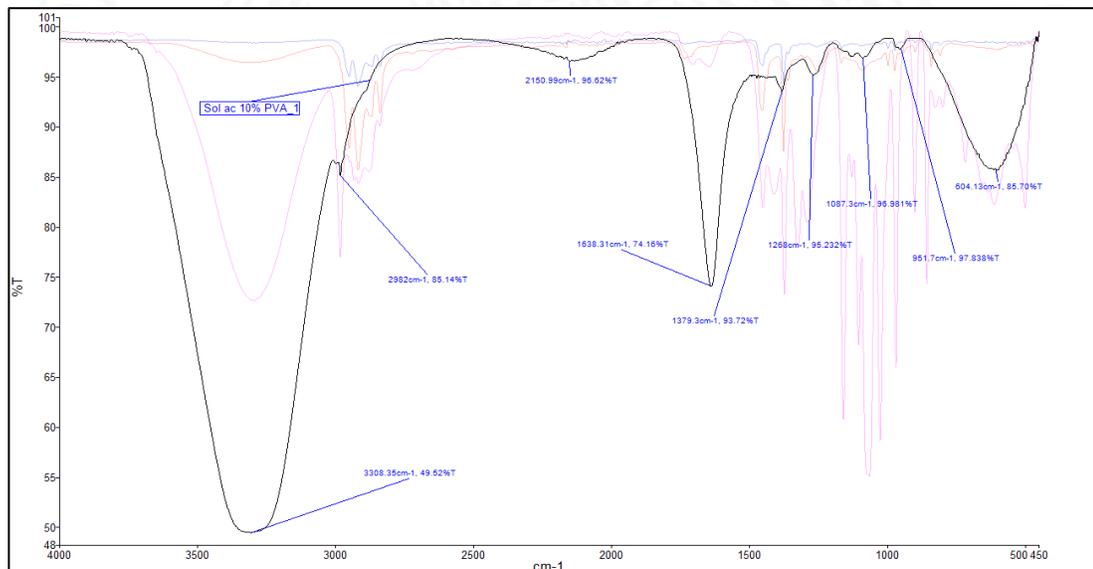
10.2.5. PP 10% P/V PVA.

El PVA que se encuentra en solución a 10% se demuestra en el espectro 27 en 1087.3 y 1379.9 cm^{-1} , aunque este último se encuentra un poco más arriba en unidades, se atribuye a l PVA.

La mezcla con recubrimiento, presenta a la fase de PP más detallada que las señales respectivas al PVA, puesto que se presenta en esta última la misma señal que la que se encuentra en solución acuosa, posiblemente las intensidades sean más bajas, razón por las que no se pueden notar con mayor claridad (espectro 28).

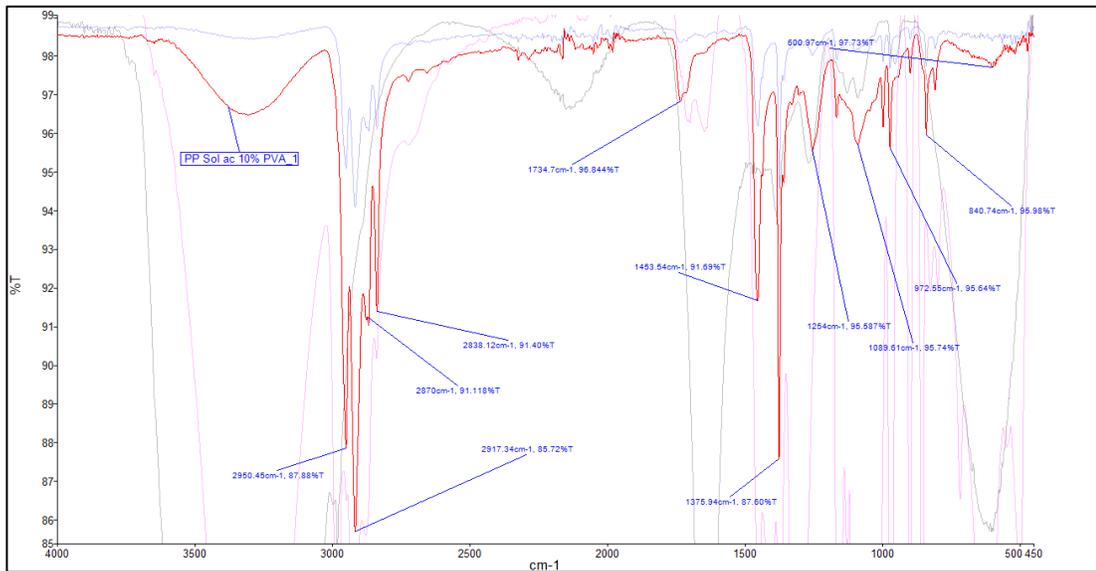


Espectro 26 FT-IR correspondientes al PP de 10% PVA

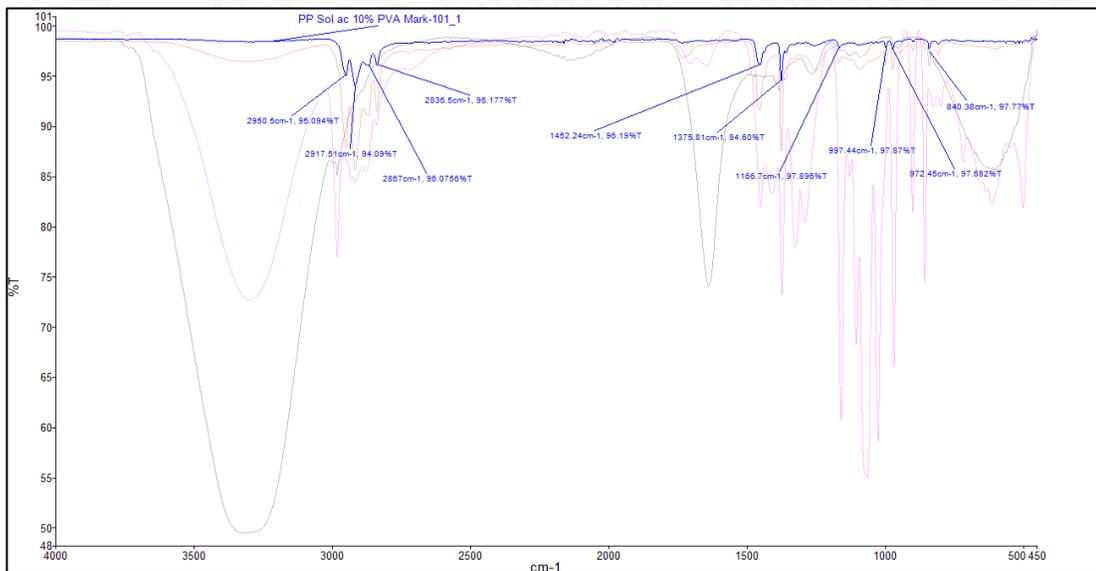


Espectro 27 Solución de recubrimiento

La degradación tanto en Mark-101 así como en mark-102, espectros 29 y 30, presentan el mismo fenómeno que las anteriores pruebas en el primer aditivo con disminución en peso por la separación en ambas fases, y en el segundo aditivo con aumento en peso por incrustaciones que se presentan por el grupo de alquinos.

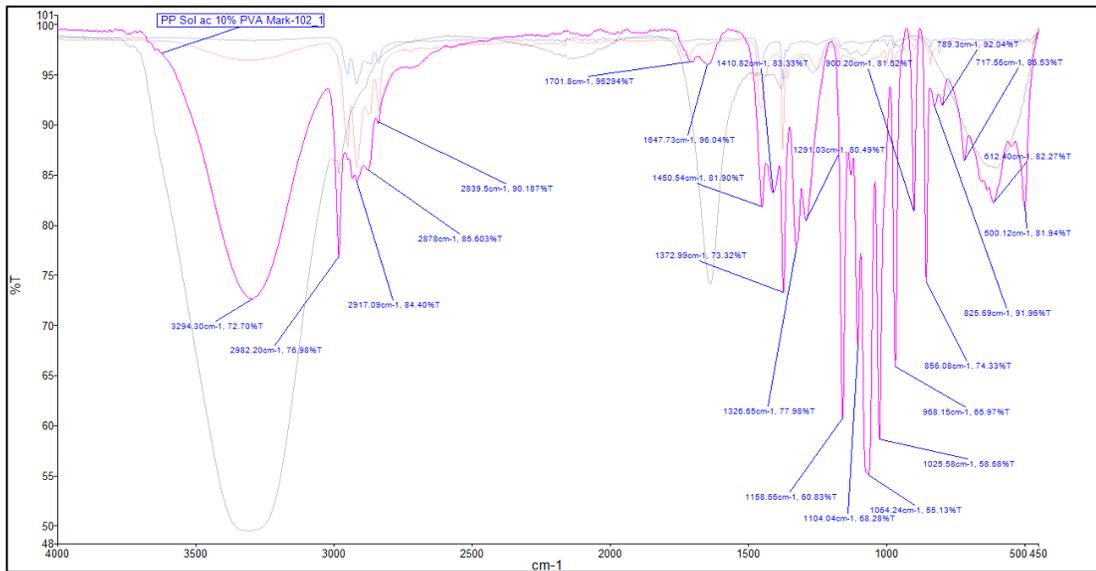


Espectro 28 PP con solución de recubrimiento

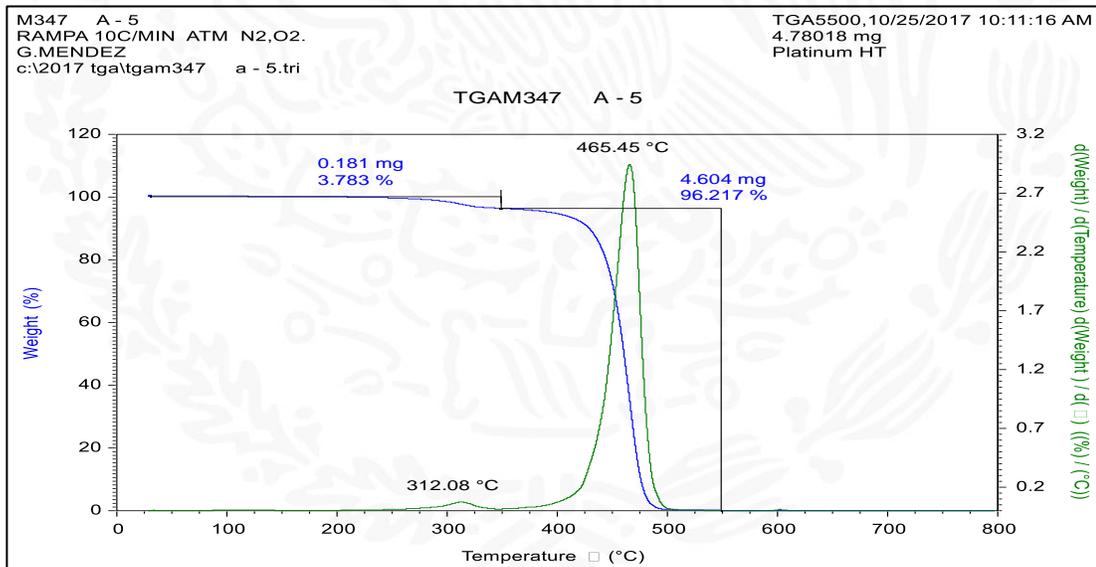


Espectro 29 Degradación en mark-101

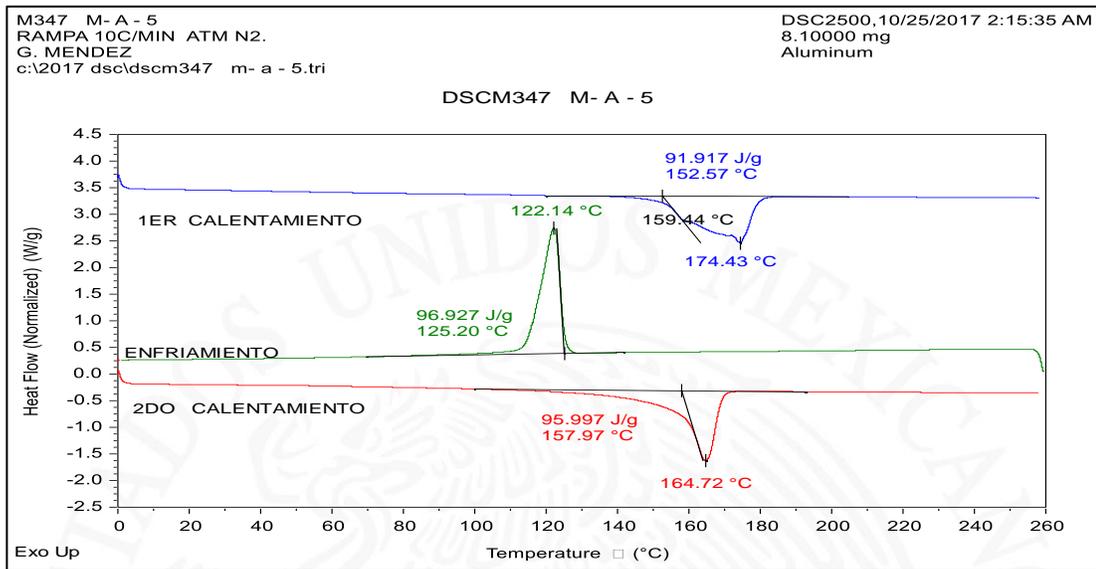
Del mismo modo en los tratamientos anteriores, se realizan caracterizaciones de las mezclas para cada aditivo a partir del TGA 9,10 y DSC 9,10, obteniendo resultados similares en cuanto las concentraciones de cada componente de las mezclas, como son, la pureza del PP después de la degradación y las incrustaciones del grupo de alquinos en la degradación con mark-102.



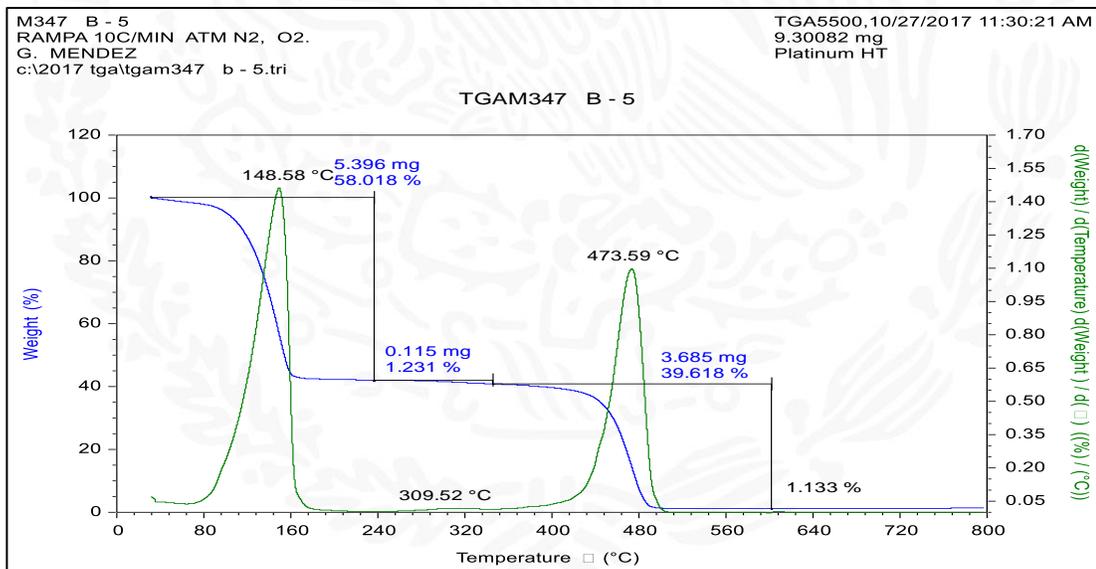
Espectro 30 Degradación en mark-102



TGA 9 Degradación en mark-101



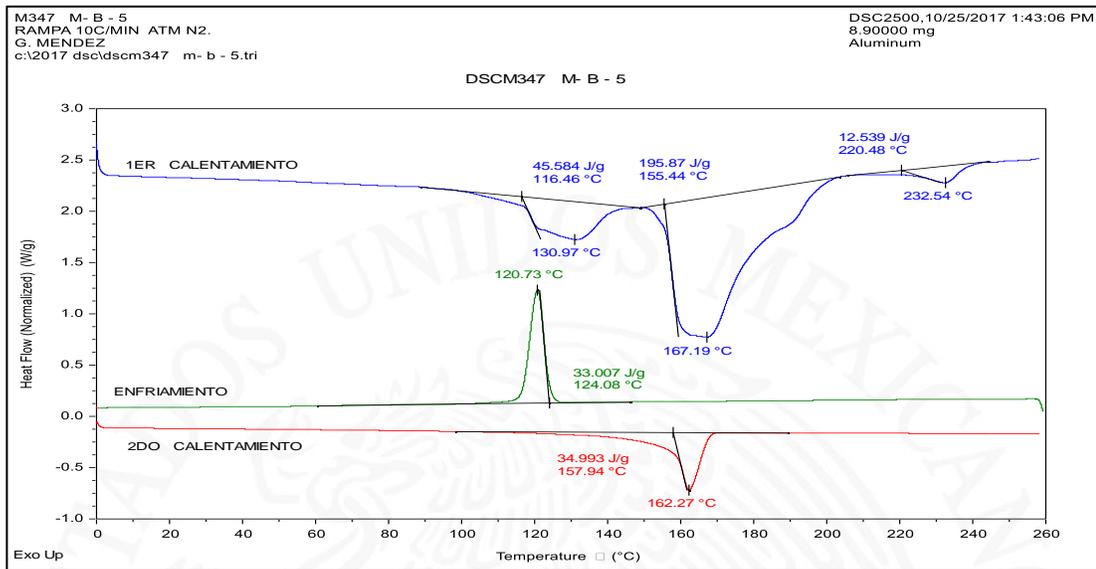
DSC 9 Degradación en mark-101



TGA 10 Degradación en mark-102

Muestra (% P/V PVA)	Medio de Degradación	PP (% peso)	Incrustaciones Orgánicas (% peso)	Incrustaciones Inorgánicas (% peso)	PVA (% peso)	T de Descomposición (°C)	T de Fusión (°C)	ΔH de Mezcla (J/g)	% Cristalización
10	Mark-101	96.217	3.783	0	0	465,45	164.72	95.997	45.93
10	Mark-102	39.618	59.249	1.113	0	473.59	162.27	34.993	16.74

Tabla 13 Caracterización de mezclas



DSC 10 Degradación en mark-102

10.3. PP CON RECUBRIMIENTO TERMOPLÁSTICO

Datos textil de PP					
Concentración de PVA (% P/V)	Peso textil antes de inmersión (mg)	Forma	Diámetro (cm)	Peso textil después de inmersión (mg)	Aumento en peso (%)
2	889	Circular	4	3863	76.98679783
4	870	Circular	4	4181	79.19158096
6	878	Circular	4	4415	80.11325028
8	895	Circular	4	4714	81.01400085
10	887	Circular	4	4628	80.83405359

Tabla 14 Caracterización mediante gravimetría de PP antes y después de inmersión para recubrimiento en soluciones acuosas de PVA con glicerina

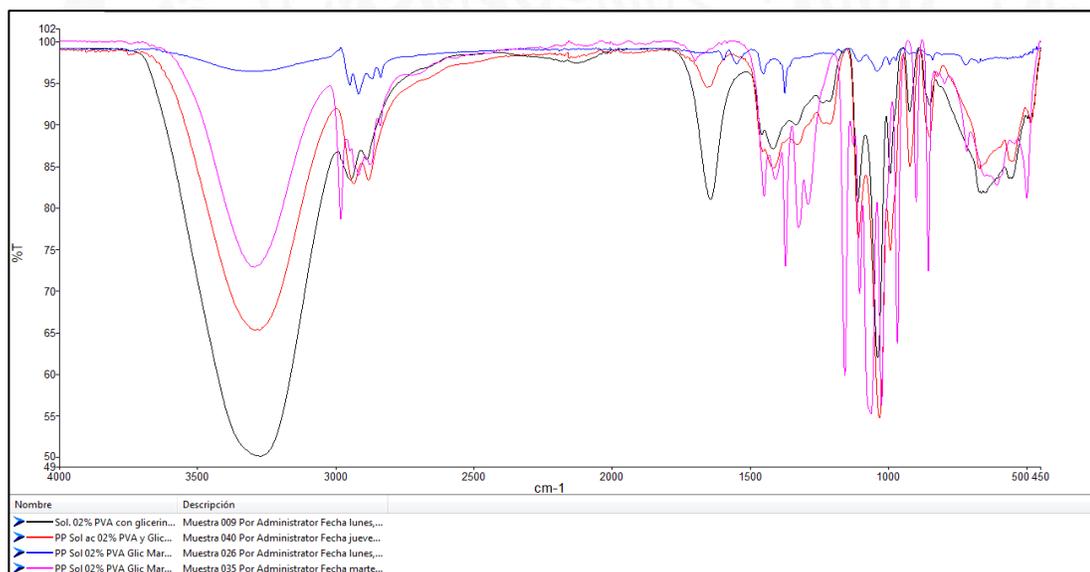
Proceso de degradación				
Concentración PVA en textil (% P/V)	Medio de degradación	Peso textil antes de degradación (mg)	Peso textil después de degradación (mg)	Degradación (%)
2	Mark-101	2000	821	58.95
	Mark-102	1863	2477	-32.957
4	Mark-101	2123	756	64.39001413
	Mark-102	2058	2418	-17.49
6	Mark-101	2233	746	66.59202866
	Mark-102	2182	2422	-10.999
8	Mark-101	2227	713	67.98383476
	Mark-102	2487	2390	3.90
10	Mark-101	2492	799	67.93739968
	Mark-102	2136	2260	-5.8024

Tabla 15 Caracterización mediante gravimetría de PP con recubrimiento de solución acuosa de PVA con glicerina antes y después de degradación

10.3.1. PP 02% P/V PVA con glicerina.

Las señales para enfatizar a la glicerina en este tratamiento, están centradas a 1647, 1043, 1416, 1110 y 993 cm^{-1} [23]

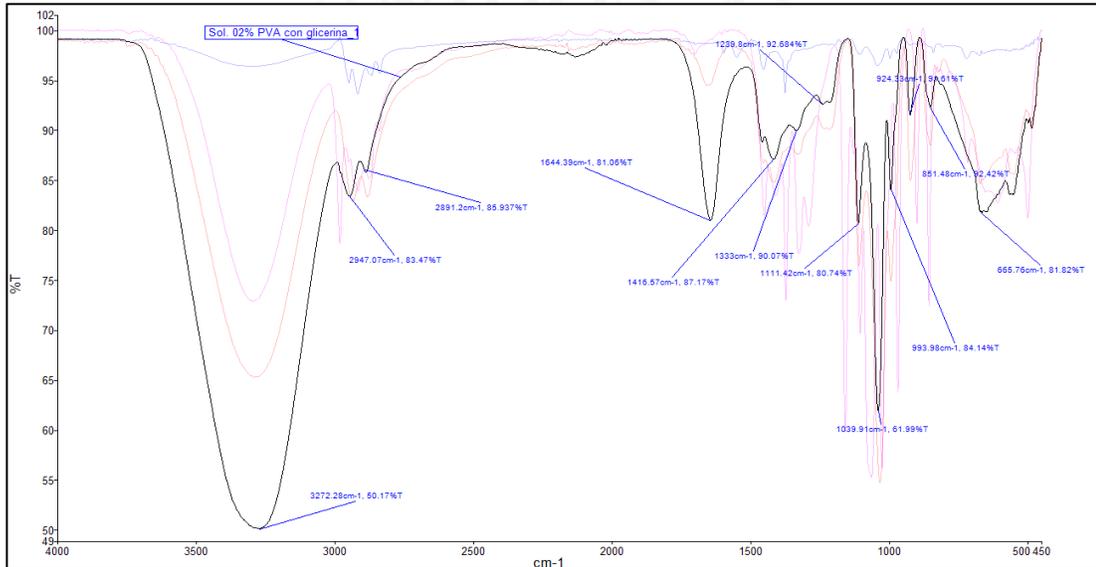
Por lo que en el espectro 32, se observa la presencia de glicerina en la solución, con las señales de 1644.39, 1416.57, 1111.42, 1039.91 y 993.98 cm^{-1} , mientras que en la muestra con recubrimiento (espectro 33), se presenta en 1655.31, 1416.11, 1109.16, 1033.07 y 993.67 cm^{-1} glicerina, 1236.4 de PVA, ya que las intensidades de glicerina muy probablemente sean mucho más grandes que las del PVA y aún más con respecto al PP, por lo que no se puntualiza con precisión las señales de cada componente en la mezcla, pero se establece una adherencia del material con el incremento de peso observado en la tabla 9.



Espectro 31 FT-IR correspondientes al PP de 02% PVA con glicerina

Luego de la degradación en mark-101, las señales 2917.59, 1455, 1375.77 cm^{-1} del espectro 34, correspondientes al PP son más visibles junto con la señal 1042.52 cm^{-1} de glicerina, sin observar señales de PVA, como se menciona con anterioridad, por lo que la glicerina se encuentra en solución con el PVA, su intensidad es mayor, mientras tanto se contempla un

desprendimiento del recubrimiento del textil, dado que las intensidades del PP se dan a conocer con mayor claridad, reforzando de esta manera la razón por la del decremento en peso apreciado en la tabla 10.

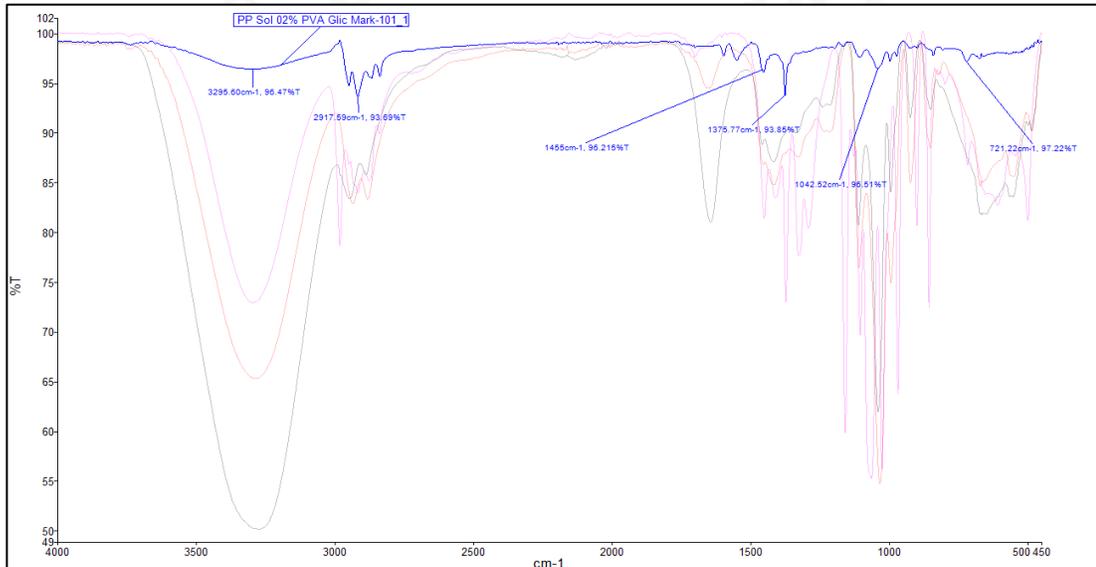


Espectro 32 Solución de recubrimiento

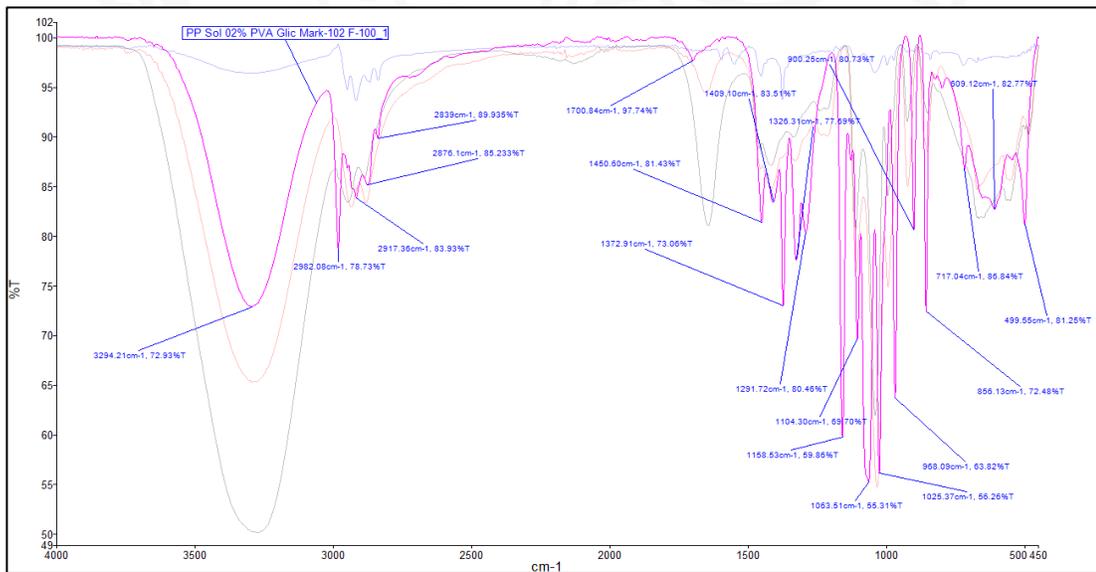


Espectro 33 Solución con recubrimiento

En el espectro 35 se aprecia señales que corresponden a la presencia de PP, señal a 1700.84, 1416.11 cm^{-1} refiriéndose a la glicerina, junto con el intervalo que indica la presencia de alquinos.

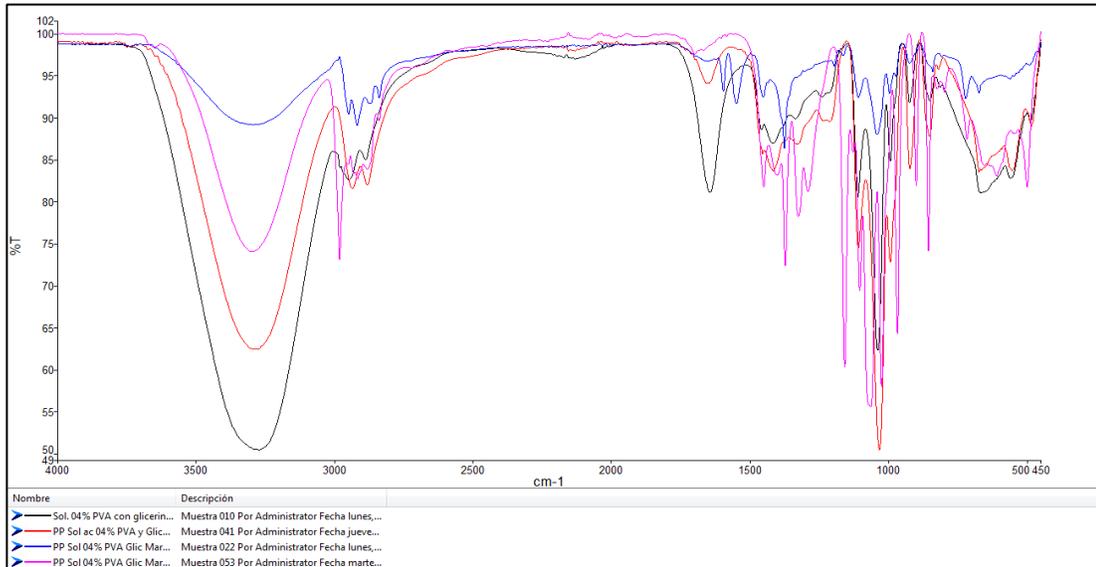


Espectro 34 Degradación en mark-101

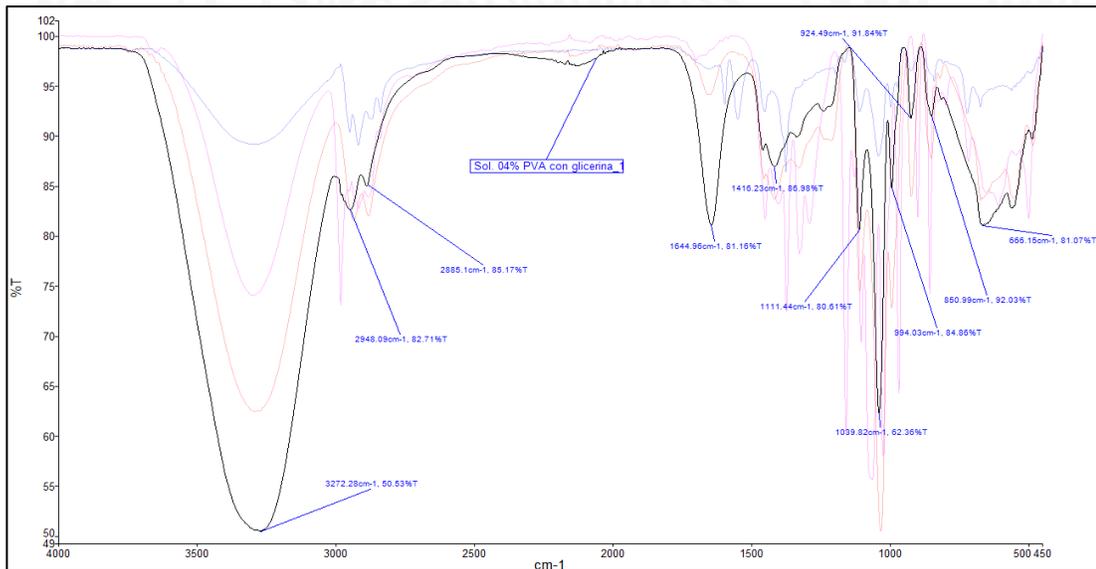


Espectro 35 Degradación en mark-102

10.3.2. PP 04% P/V PVA con glicerina.



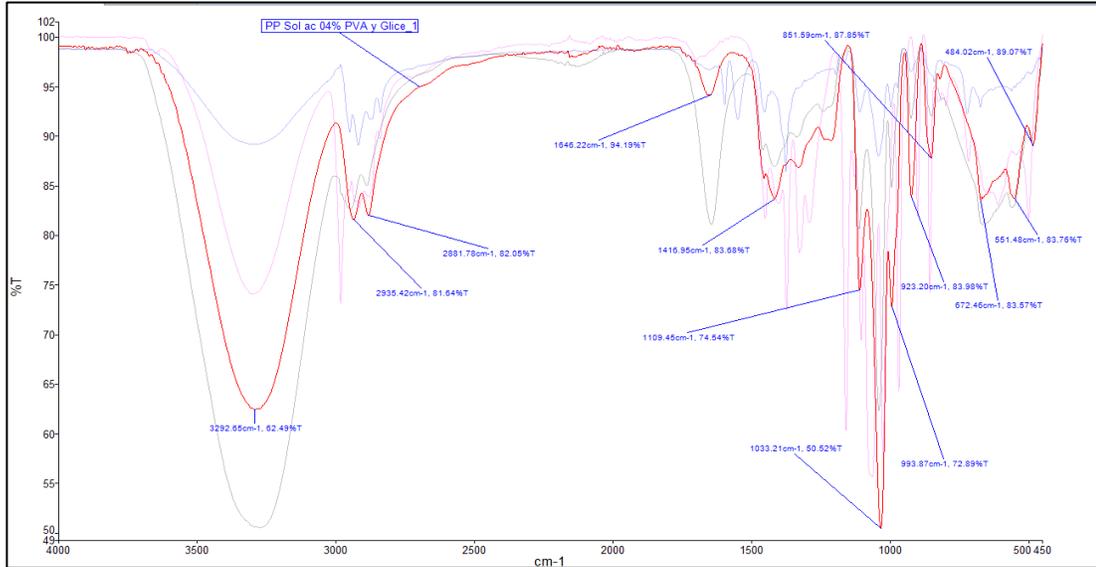
Espectro 36 FT-IR correspondientes al PP de 04% PVA con glicerina



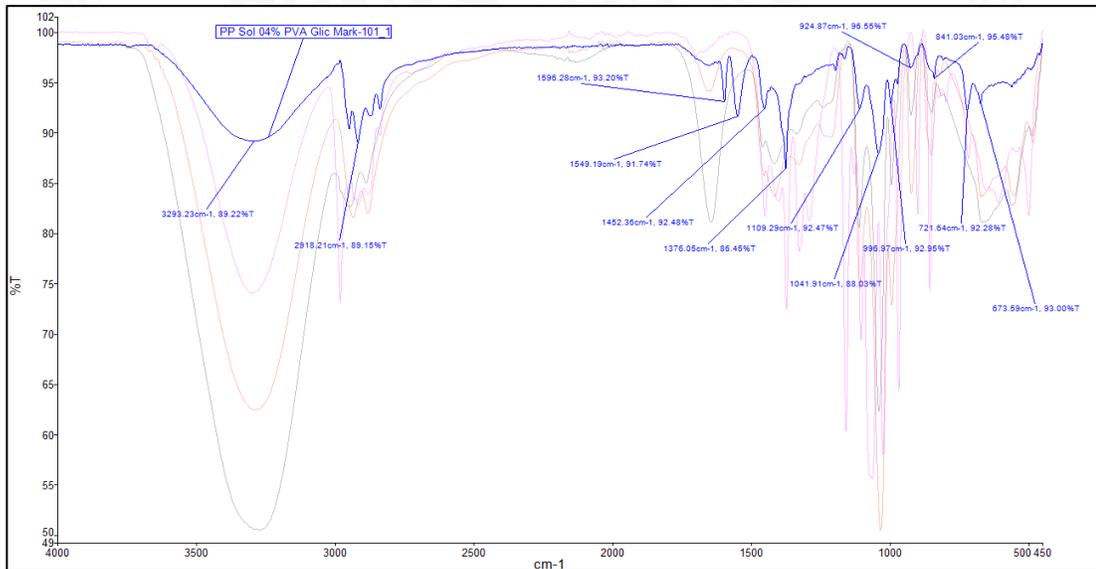
Espectro 37 Solución de recubrimiento

Nuevamente se observa la presencia de glicerina en solución PVA (espectro 37) con señales en 1644.96, 1416.23, 1111.44 y 1039.82 cm⁻¹, no se observan con claridad aun señales correspondientes al PVA, por la misma razón de intensidades bajas. En el espectro 38, tampoco se observan señales muy

claras de PVA, al igual que las señales de PP, sino que se aprecian con mayor intensidad la presencia de glicerina en la mezcla.



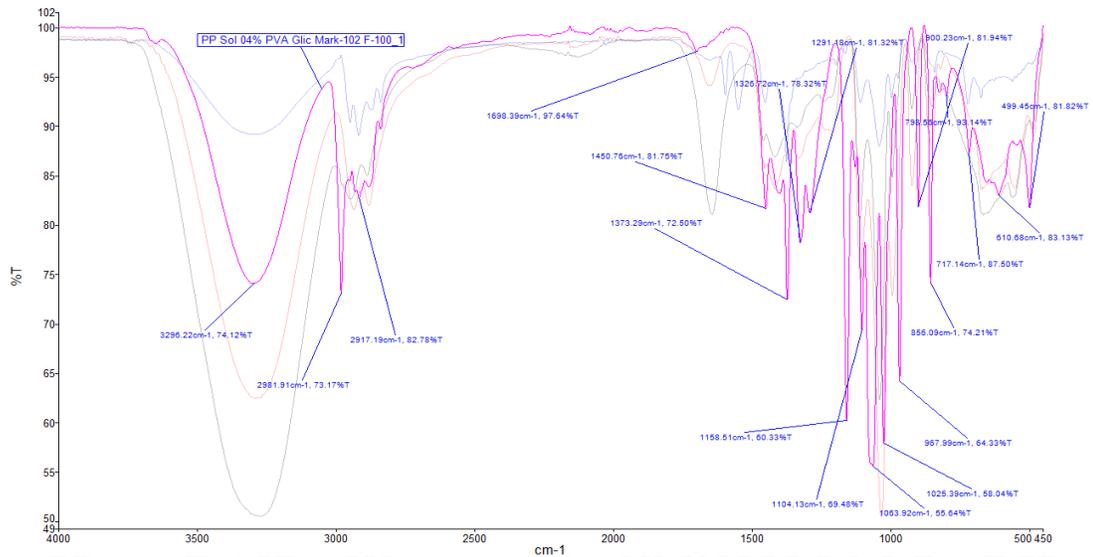
Espectro 38 PP con solución de recubrimiento



Espectro 39 Degradación en mark-101

Luego de la degradación en mark-101, el espectro de la mezcla muestra con menor turbidez la presencia de PP, y con un rango muy parecido de intensidad

al de PVA y glicerina, estimando la separación parcial del recubrimiento en la tela. En mark-102, se observa la presencia de PP pero no con claridad del PVA ni de glicerina, pero si las incrustaciones de alquinos que pudieran estar en la mezcla después de inmersión.



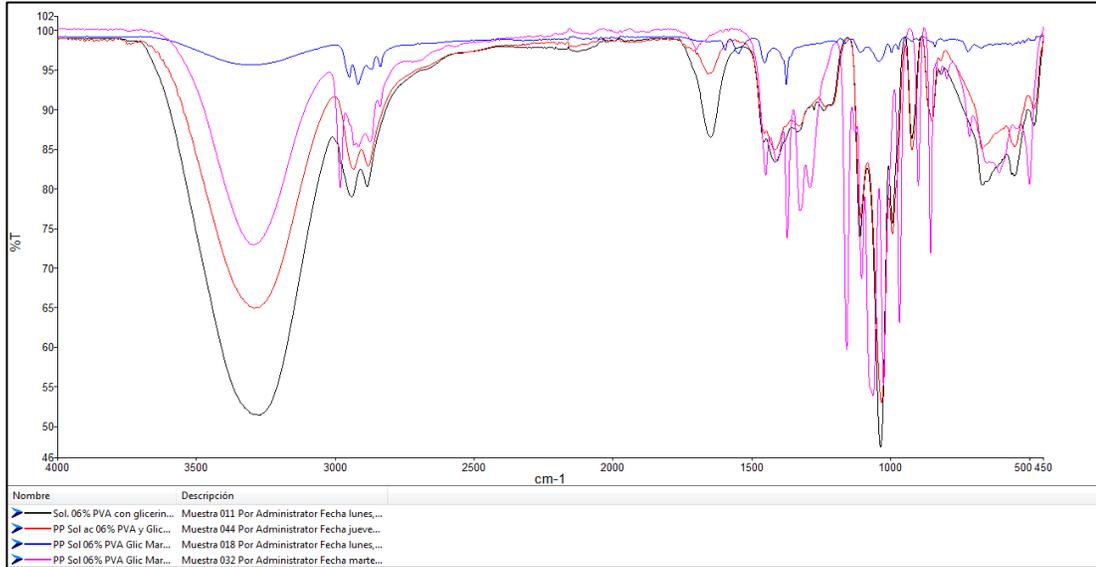
Espectro 40 Degradación en mark-102

10.3.3. PP 06% P/V PVA con glicerina.

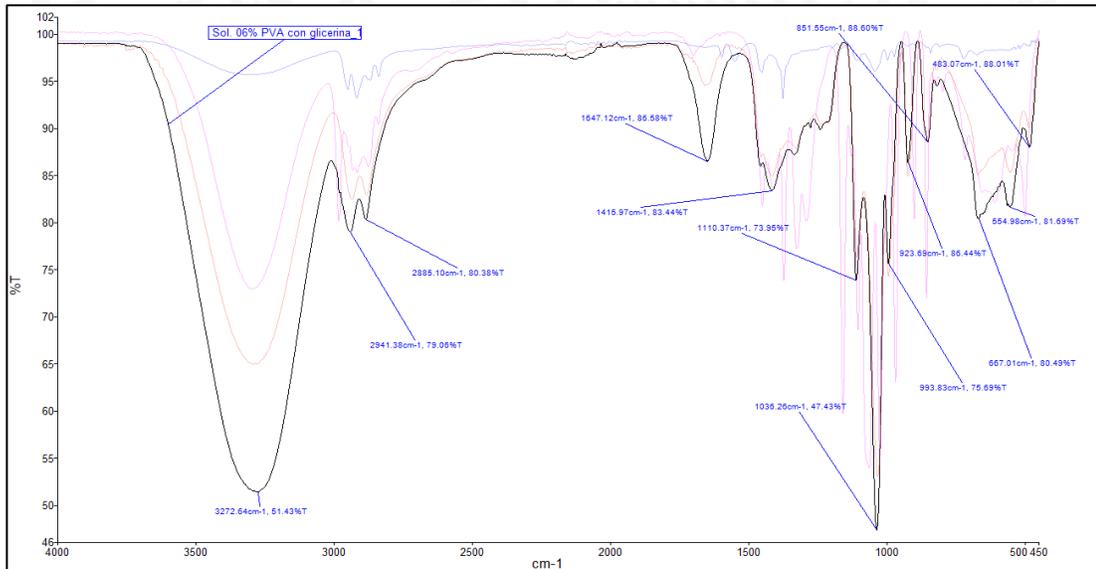
Tanto en el espectro 42 como en el 43, las señales que se observan con mayor intensidad en ambas mezclas, son las de glicerina en 1647.12, 1415.97, 1110.37, 1036.26 cm⁻¹ y 1415.98, 1109.24, 1032.89 cm⁻¹. En el primer espectro, las señales de PVA no se encuentran, ya que al igual que las soluciones anteriores, aunque de concentración mayor a ellas, es menor con respecto a la concentración de la glicerina, del mismo modo es el efecto en el segundo espectro en mezcla con el PP, aquí, no solo los espectros de PVA son de intensidades bajas, sino que también los de PP.

En la degradación en mark-101, las señales se precisan más en PP y glicerina como son 2917.58, 1452.5, 1375.86 cm⁻¹ y 1110.3, 1042.86 cm⁻¹, mientras que en mark-102, se estiman más señales para el PP tales como 2917.21, 1450.43

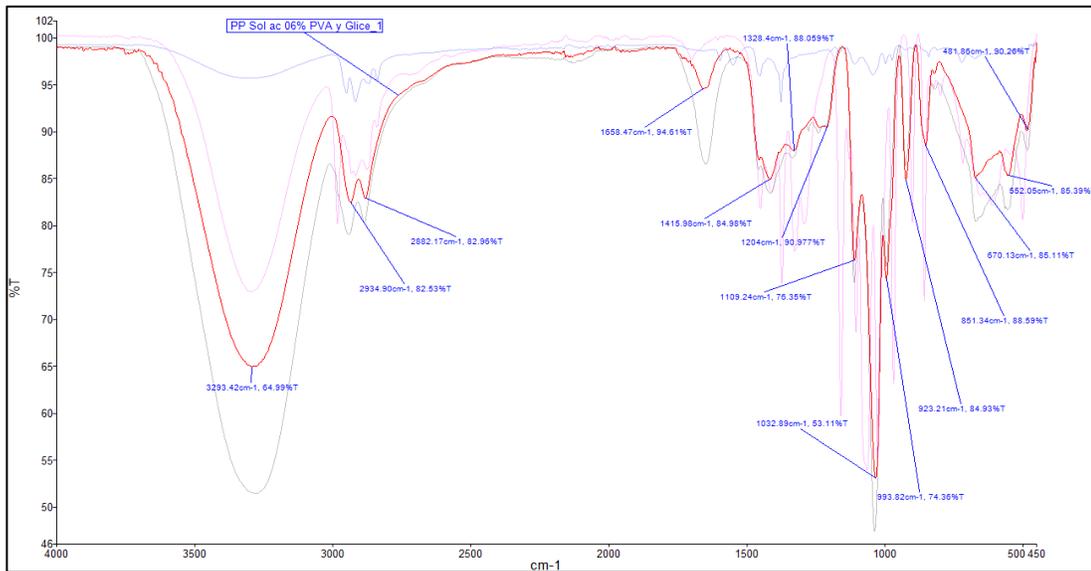
y 1372.51 cm^{-1} y el grupo de alquinos del aditivo sin señales propias de glicerina, que se observan en los espectros 44 y 45.



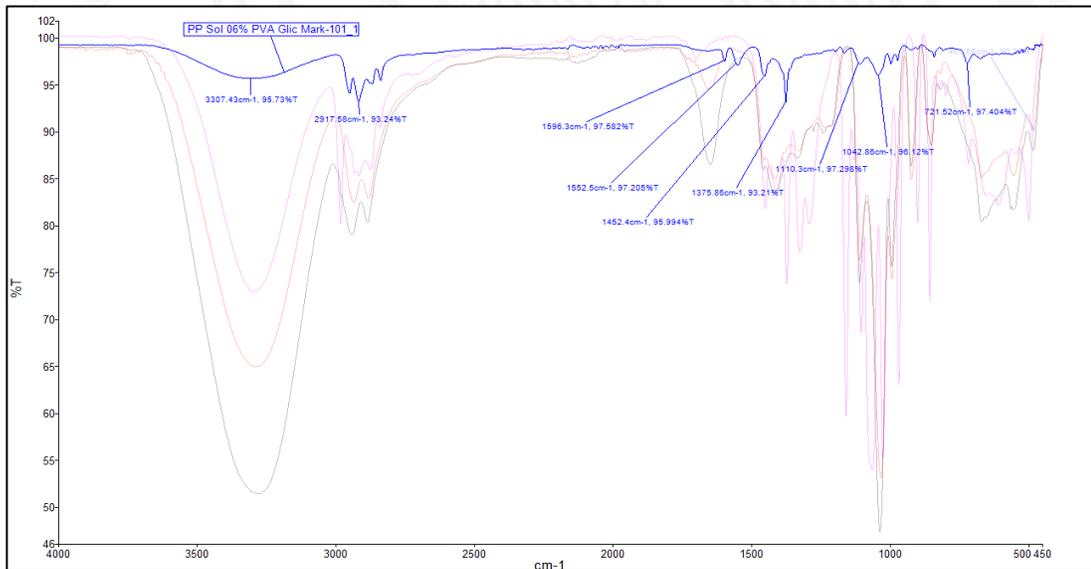
Espectro 41 FT-IR correspondientes al PP de 06% PVA con glicerina



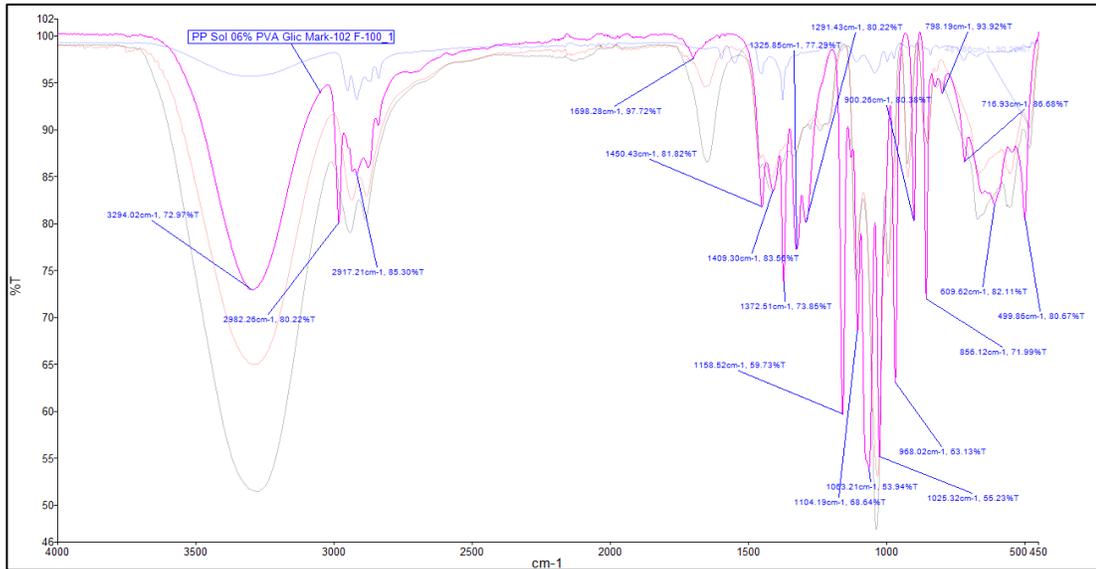
Espectro 42 Solución de recubrimiento



Espectro 43 PP con recubrimiento

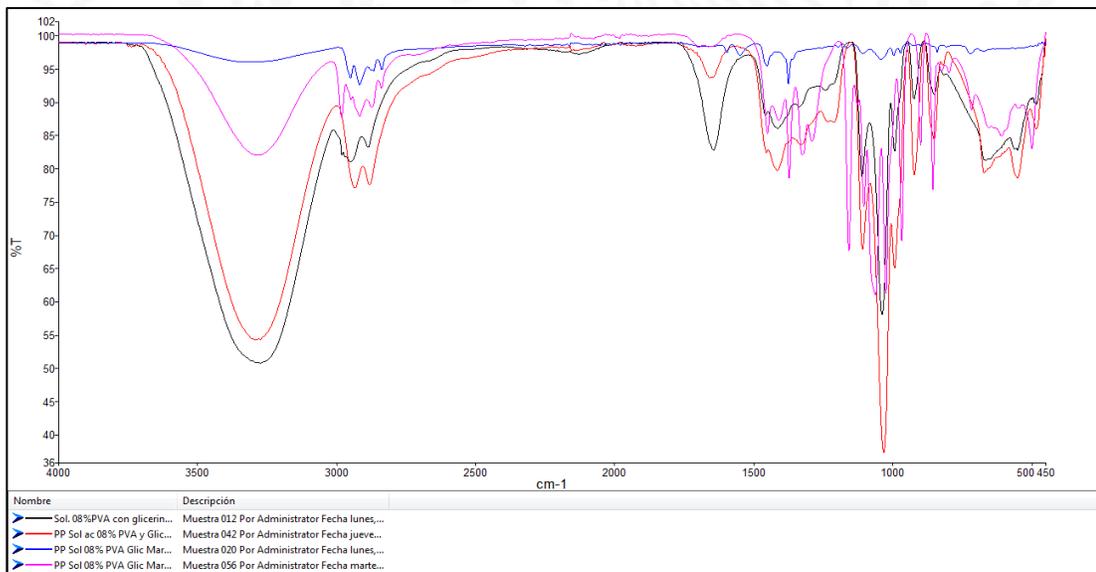


Espectro 44 Degradación en mark-101



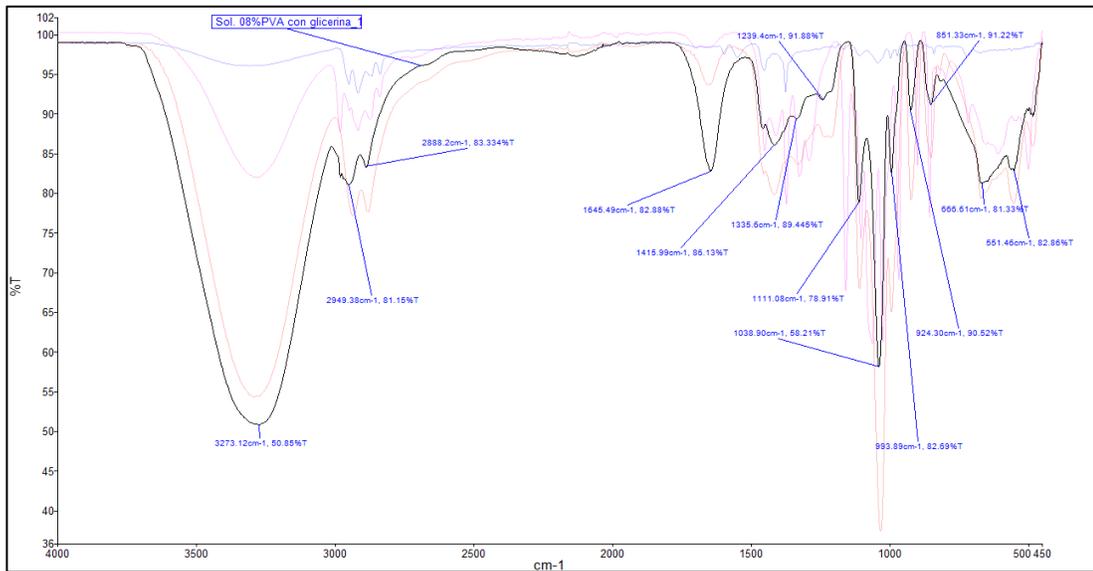
Espectro 45 Degradación en mark-102

10.3.4. PP 08% P/V PVA con glicerina.

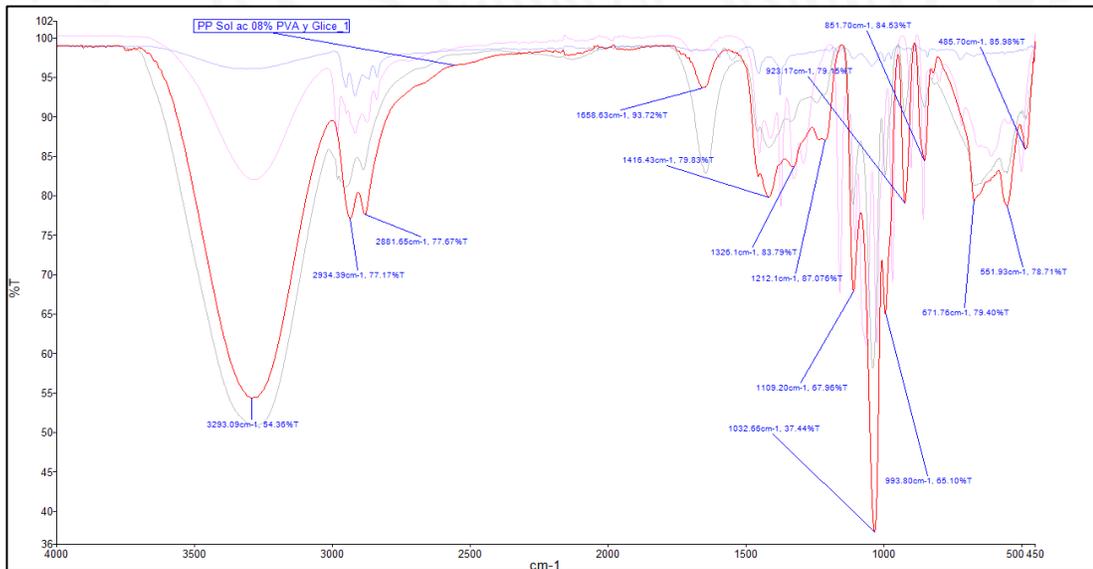


Espectro 46 FT-IR correspondientes al PP de 08% PVA con glicerina

Las señales 1645.49, 1415.98, 1111.08, 1038.90 y 1645.49 cm⁻¹ del espectro 47 puntualizan la presencia de glicerina en la solución, del mismo modo, sin precisar el PVA, al igual que en el espectro 48.



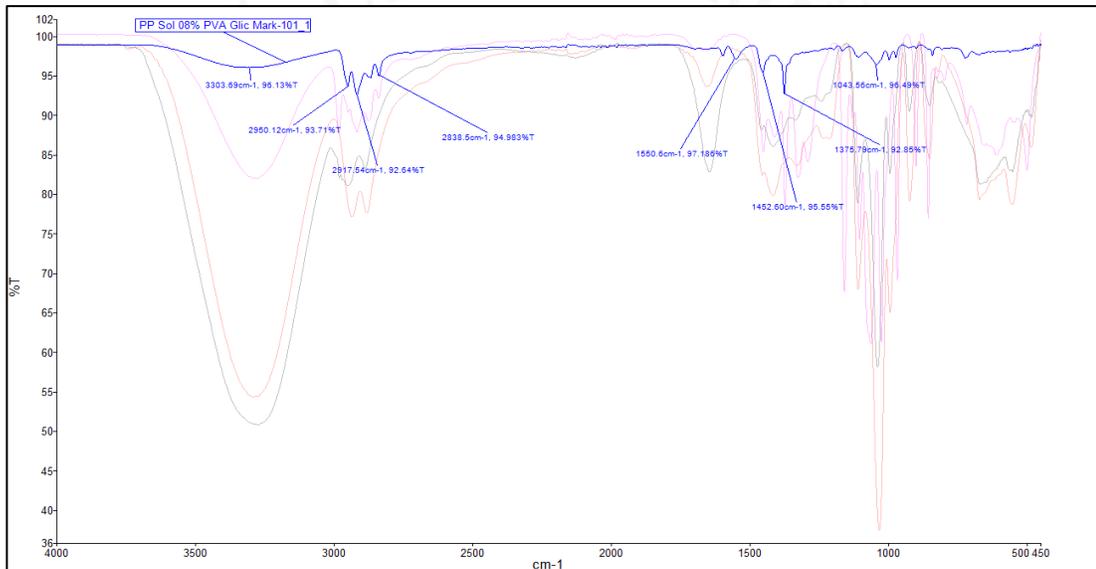
Espectro 47 Solución de recubrimiento



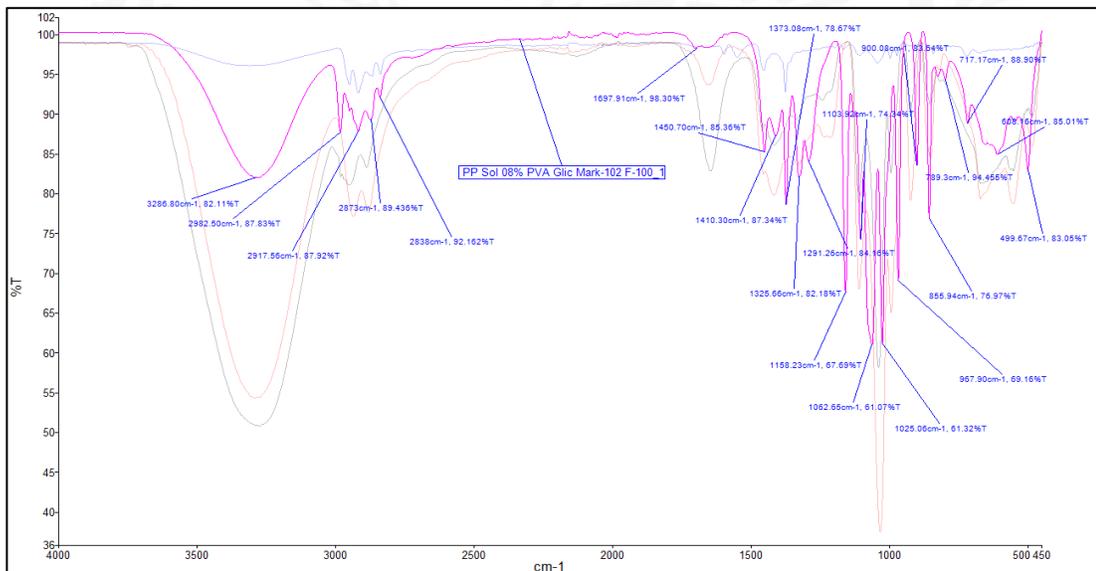
Espectro 48 PP con solución de recubrimiento

La degradación tanto en mark-101 así como en mark-102, lleva la misma dinámica que con las soluciones anteriores, puesto que las señales demuestran incrustaciones de aditivo en el segundo caso, en el primer aditivo si se aprecian con mayor intensidad las señales de PP en 2950.12, 2917.54 y 1452.60 cm⁻¹, como se mencionó, las longitudes de onda que muestran a la glicerina, como componente mayoritario en el recubrimiento acertando a una

separación de la mezcla, mientras que en el segundo caso, con efectividad se llevan a cabo incrustaciones en la tela, ya que se observan señales con medianas intensidades de PP como 2917.55 y 1450.70 cm^{-1} , sin observar rastros de la glicerina y mucho menos del componente de menor concentración PVA.

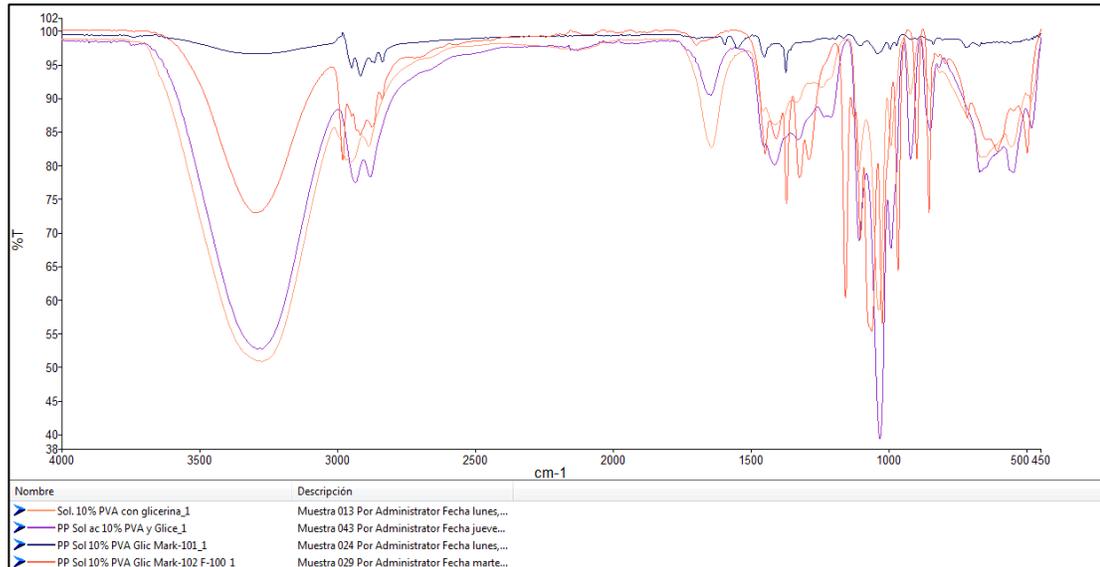


Espectro 49 Degradación en mark-101

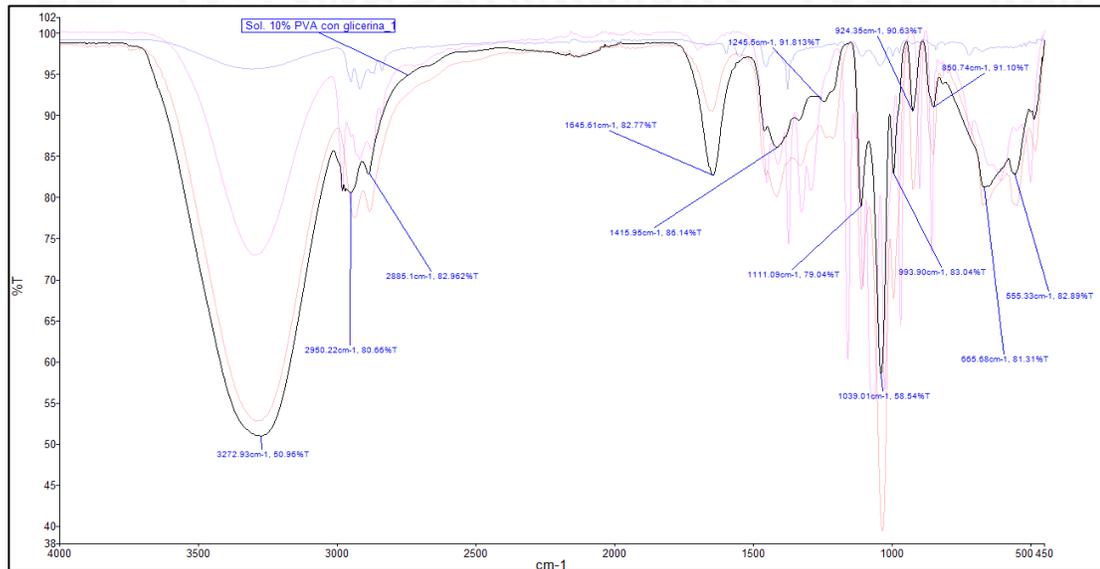


Espectro 50 Degradación en mark-102

10.3.5. PP 10% P/V PVA con glicerina.



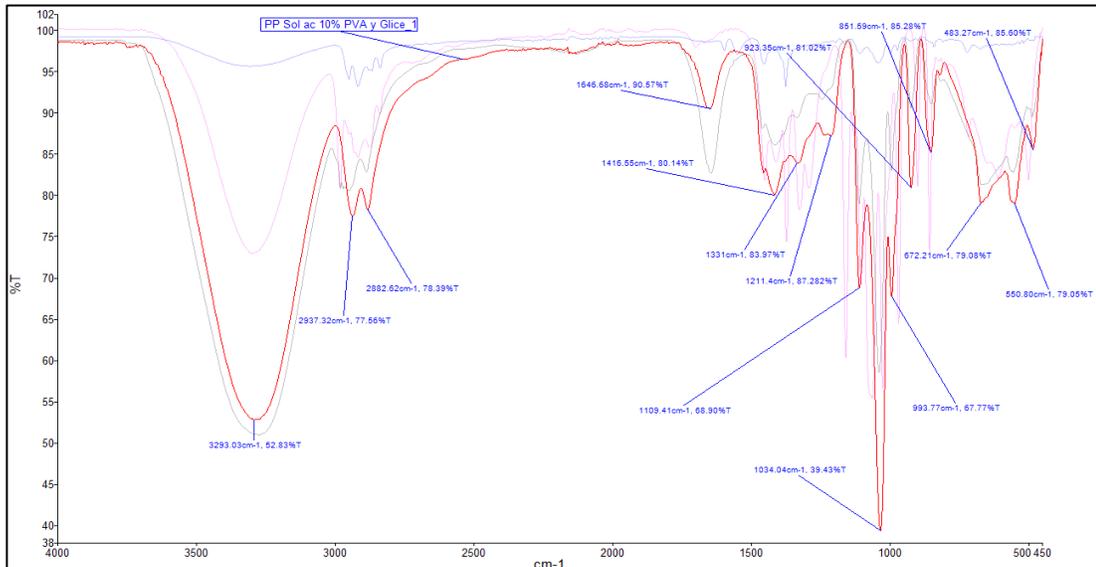
Espectro 51 FT-IR correspondientes al PP de 10% PVA con glicerina



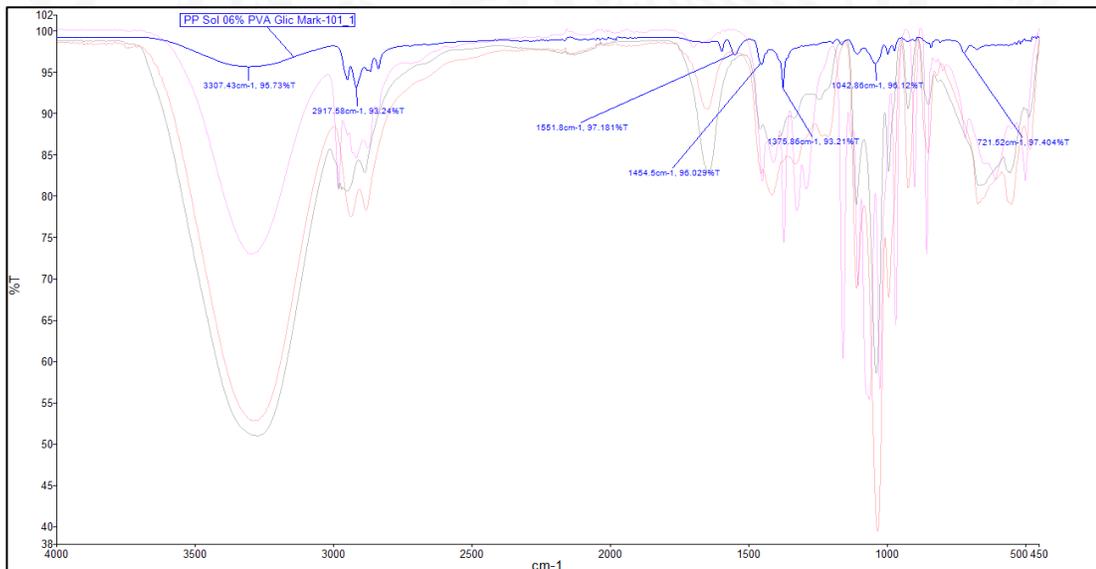
Espectro 52 Solución de recubrimiento

Como se muestra en el espectro 52 las intensidades de la glicerina en la solución acuosa son las de mayor grado, puesto que la concentración de PVA con respecto a la glicerina sigue estando abajo, pues las señales que

identifican al segundo componente son 1645.61, 1415.95, 1111.09 y 993.90 cm^{-1} .



Espectro 53 PP con solución de recubrimiento



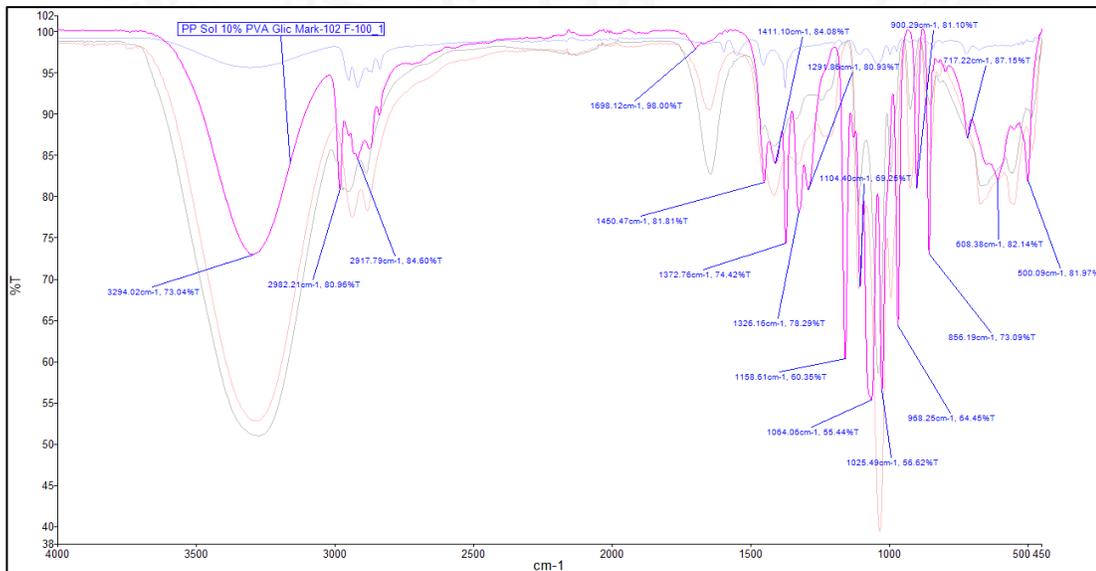
Espectro 54 Degradación en mark-101

Mientras tanto, la caracterización del espectro 53 correspondiente a la mezcla después de inmersión en solución de recubrimiento, se caracteriza mayormente a la glicerina de nueva cuenta, puesto que las señales de

presencia de PP no se distinguen con intensidades favorables, mucho menos las señales de PVA, siendo señales de presencia de glicerina 1646.68, 1416.55 y 1109.41 cm^{-1} .

En cuanto a degradaciones referidas para cada aditivo se realizan los mismos mecanismos de degradación puesto que en mark-101, se presenta disminución en peso, como se muestra en la tabla 15, conservando así el desprendimiento del recubrimiento y separándose ambas fases esto en base en que las intensidades de señales son bajas, pero se presentan con mayor intensidad las referidas al PP como 2917.55, 1453.12 y 1375.79 cm^{-1} , dejando cierta cantidad de glicerina ya que se define con la ubicada en 1041.82 (espectro 54).

Nuevamente las incrustaciones de grupo de alquinos se presentan en el espectro 55, definiendo al PP con 2917.79, 1450.47 y 1372.76 cm^{-1} , aunado a esto se tiene el incremento en peso de la muestra, posiblemente se tiene algún residuo de la solución de recubrimiento, como se ha estado trabajando con anterioridad, las intensidades poden ser muy bajas, razón por la que no podemos apreciar dichos componentes como se hace en el aditivo mark-101.



Espectro 55 Degradación en mark-102

10.4. PP CON RECUBRIMIENTO DE SOLUCIÓN ACUOSA PVA CON SOLUCIÓN RETICULADA.

Datos textil de PP					
Concentración de PVA (% P/V)	Peso textil antes de inmersión (mg)	Forma	Diámetro (cm)	Peso textil después de inmersión (mg)	Aumento en peso (%)
0.2	884	Circular	4	1221	27.6003276
0.4	886	Circular	4	1250	29.12
0.6	890	Circular	4	1284	30.68535826
0.8	889	Circular	4	1270	30
1	861	Circular	4	1253	31.2849162

Tabla 16 Caracterización mediante gravimetría de PP antes y después de inmersión para recubrimiento en soluciones acuosas de PVA con solución reticulada

Proceso de degradación				
Concentración PVA en textil (% P/V)	Medio de degradación	Peso textil antes de degradación (mg)	Peso textil después de degradación (mg)	Degradación (%)
0.2	Mark-101	594	756	-27.272
	Mark-102	627	2868	-357.416
0.4	Mark-101	596	760	-27.516
	Mark-102	654	2821	-331.345
0.6	Mark-101	637	804	-26.216
	Mark-102	647	2917	-350.850
0.8	Mark-101	623	806	-29.373
	Mark-102	647	2647	-309.119
1	Mark-101	606	796	-31.353
	Mark-102	647	2571	-297.372

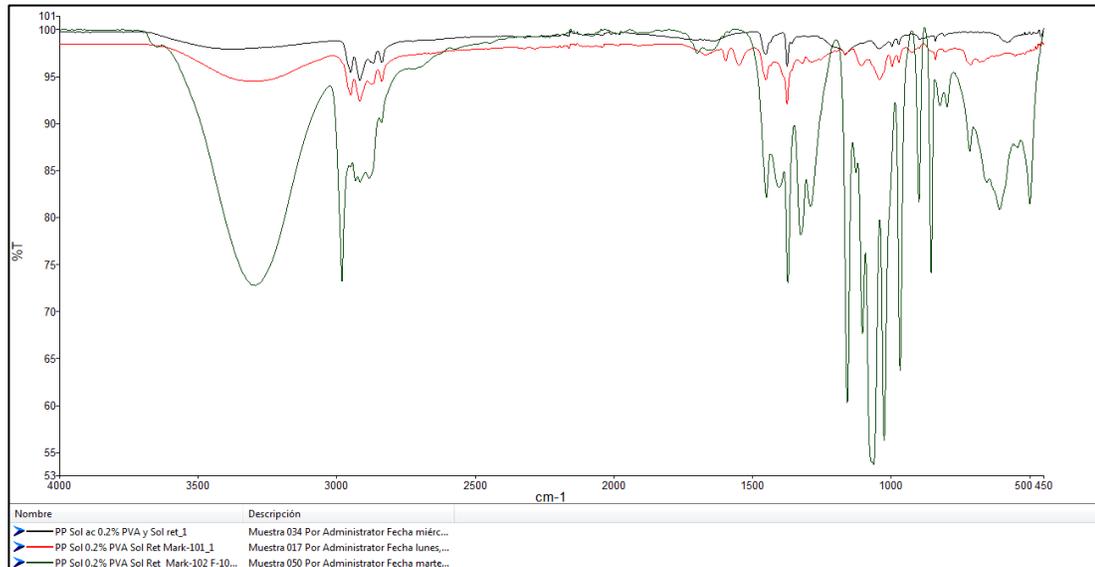
Tabla 17 Caracterización mediante gravimetría de PP con recubrimiento de solución acuosa de PVA con solución reticulada antes y después de degradación

10.4.1. PP 0.2% P/V PVA con solución reticulada.

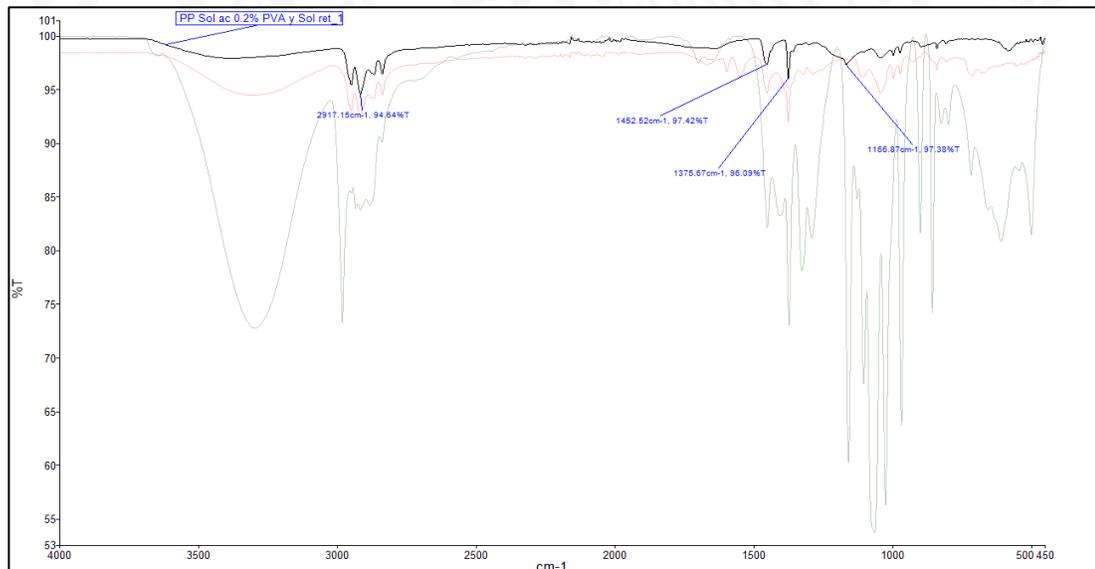
El tercer tratamiento que se le da al PP para la elaboración de su recubrimiento, se realiza con soluciones acuosas de menor concentración que en los casos anteriores, además de la adición de solución reticulada compuesta por metanol, ácido acético y ácido sulfúrico [7].

Con respecto al metanol y ácido acético, las señales que las identifican en el espectro de referencia son 2945, 2833, 1460, 1030 cm^{-1} y 3000, 1715, 1416, 1030 cm^{-1} respectivamente [24,25], tanto de las soluciones de recubrimiento

por cada concentración, así como el espectro del ácido sulfúrico puro no se tomaron por la corrosión que este puede provocar al equipo.



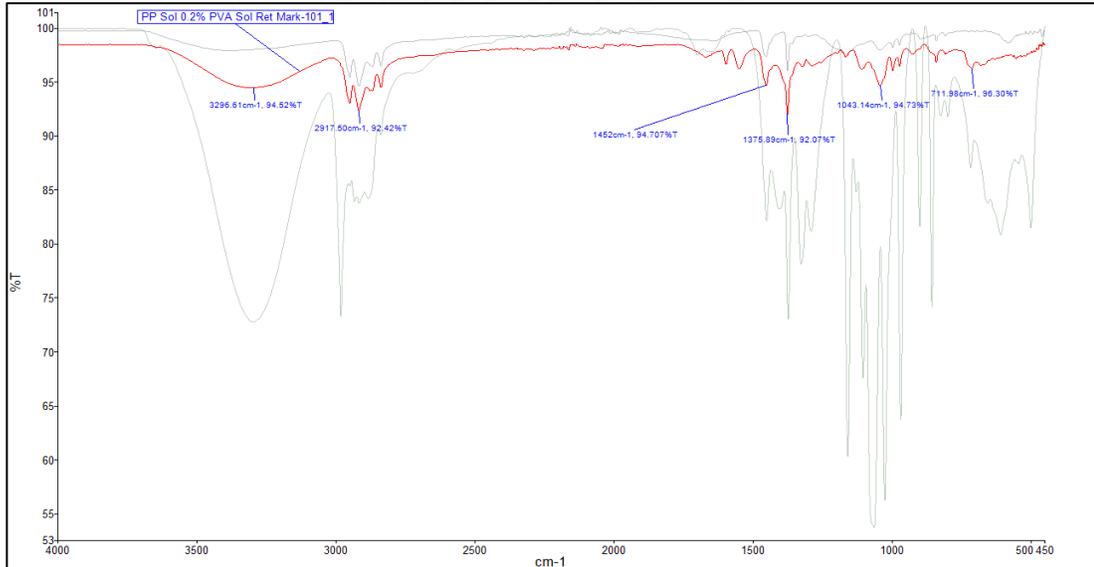
Espectro 56 FT-IR correspondientes al PP de 0.2% PVA y solución reticulada



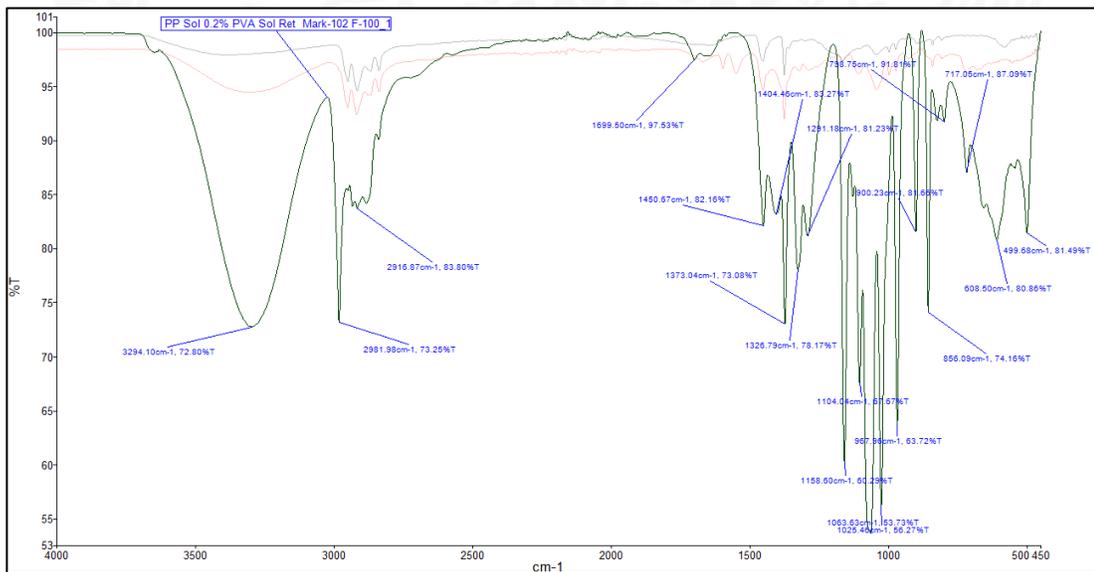
Espectro 57 PP son colución de recubrimiento

Continuando con las caracterizaciones, en el espectro 57, se observan señales aunque con poca intensidad del PP con 2917.15, 1452.52 y 1375.67 cm⁻¹, las identificaciones de los componentes de la solución de recubrimiento no se

observan por la baja concentración que se tienen de cada una, provocando de esta manera una baja intensidad en las señales ocultas por el PP o por no mostrar señales en este rango de longitudes de onda como puede ser el caso del ácido sulfúrico, componente de mayor concentración en la mezcla.



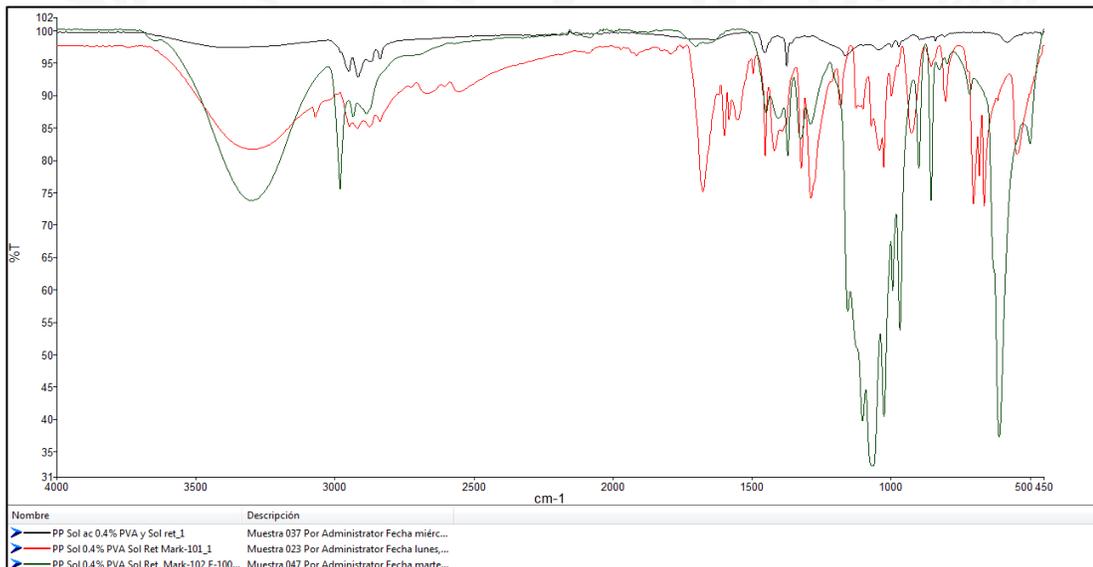
Espectro 58 Degradación en mark-101



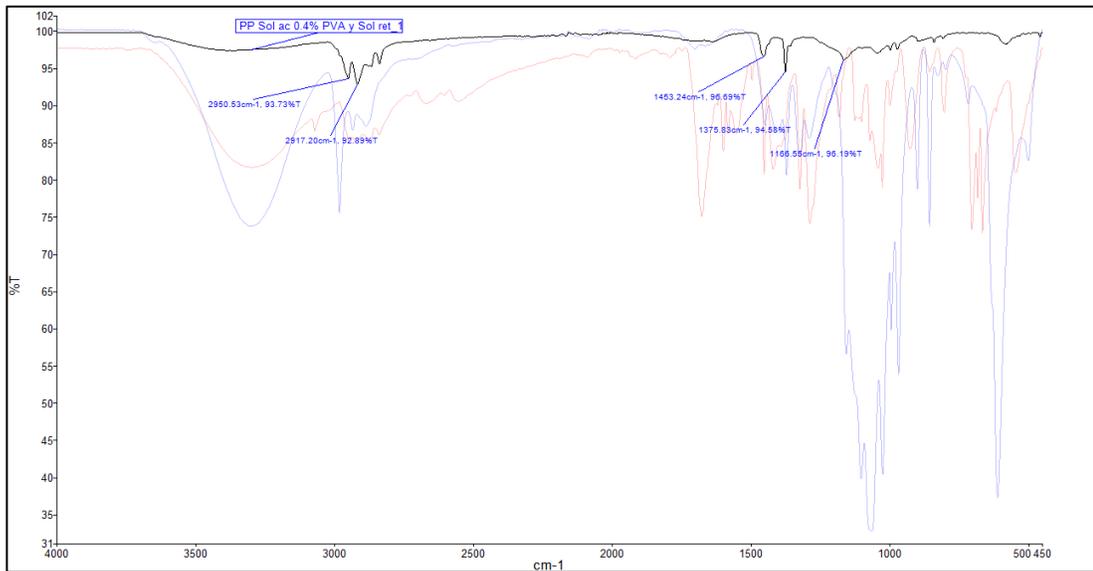
Espectro 59 Degradación en mark-102

Las degradaciones en los aditivos mark-101 y mark-102, se presentan como espectro 58 y 59, en el primer aditivo, no se presenta fenómeno como en los anteriores tratamientos de recubrimiento, sino que mediante la diferencia de masa se observa un incremento de esta misma, con la señal de 1043 cm^{-1} , aunque no corresponda a una señal muy específica del metanol en 1030 cm^{-1} , se le puede hacer referencia a este mismo componente, teniendo así un respaldo para atribuir cierta separación en la mezcla, pero con residuos del recubrimiento y el aumento en peso imputado a incrustaciones del aditivo. En mark-102, si se observa una secuencia del fenómeno apreciado con tratamientos de recubrimientos anteriores, con las incrustaciones cargadas a el grupo de alquinos, mediante sus señales presentadas en el espectro correspondiente, así como también las señales de mediana intensidad correspondientes al PP en 2916.87 , 1450.39 y 1373.04 cm^{-1} , y con apreciados residuos de la solución de recubrimiento con una señal en 1025.46 cm^{-1} , que se podría atribuir al metanol.

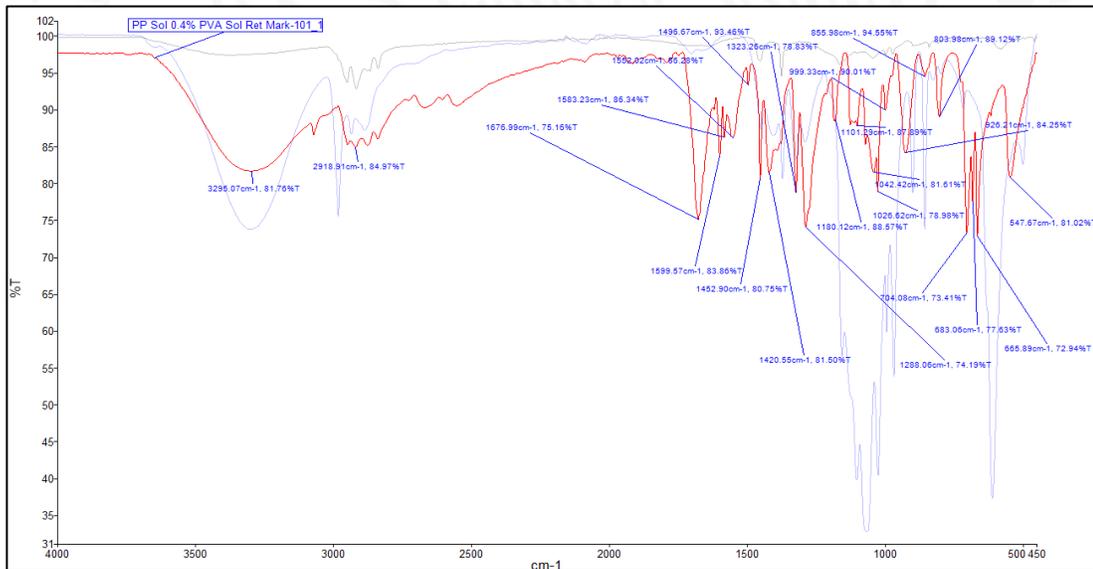
10.4.2. PP 0.4% P/V PVA con solución reticulada.



Espectro 60 FT-IR correspondientes al PP de 0.4% PVA con solución reticulada



Espectro 61 PP con solución de recubrimiento

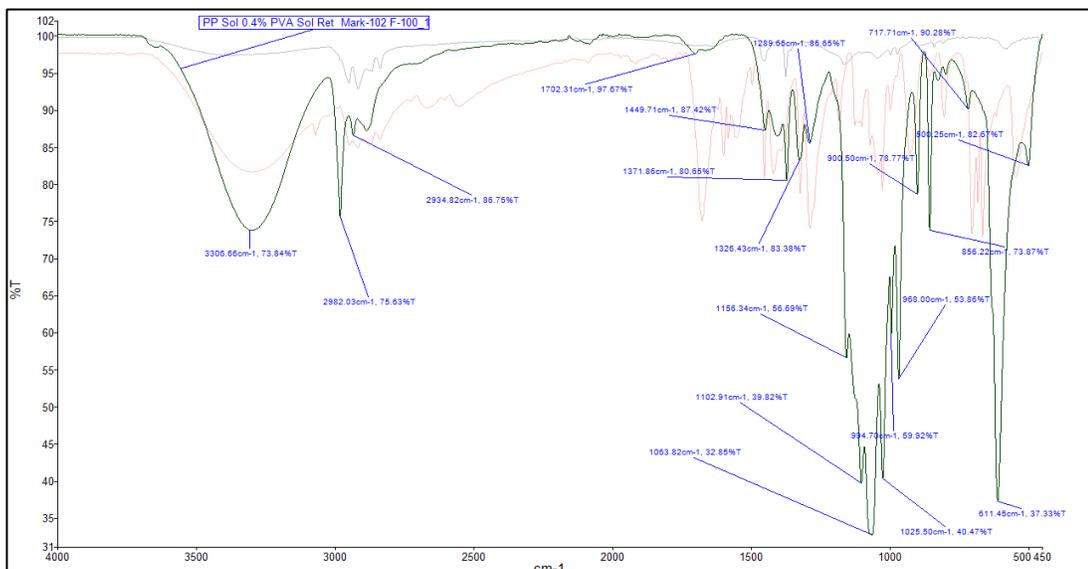


Espectro 62 Degradación en mark-101

El recubrimiento 0.4% PVA en la solución de recubrimiento, es de igual manera ocultado por señales del PP, aunque poco intensas, pero mayores a las de el recubrimiento en evaluación (espectro 61).

En mark-101 evaluado por el espectro 62, presenta diferencia en cuanto al caso anterior, en este encontramos señales con mayores intensidades como

son las señales 2918.91 y 1452.90 cm^{-1} del PP, 1288.06, 1420.55 cm^{-1} junto con 1026.62 cm^{-1} para el ácido acético y el metanol.



Espectro 63 Degradacion en mark-102

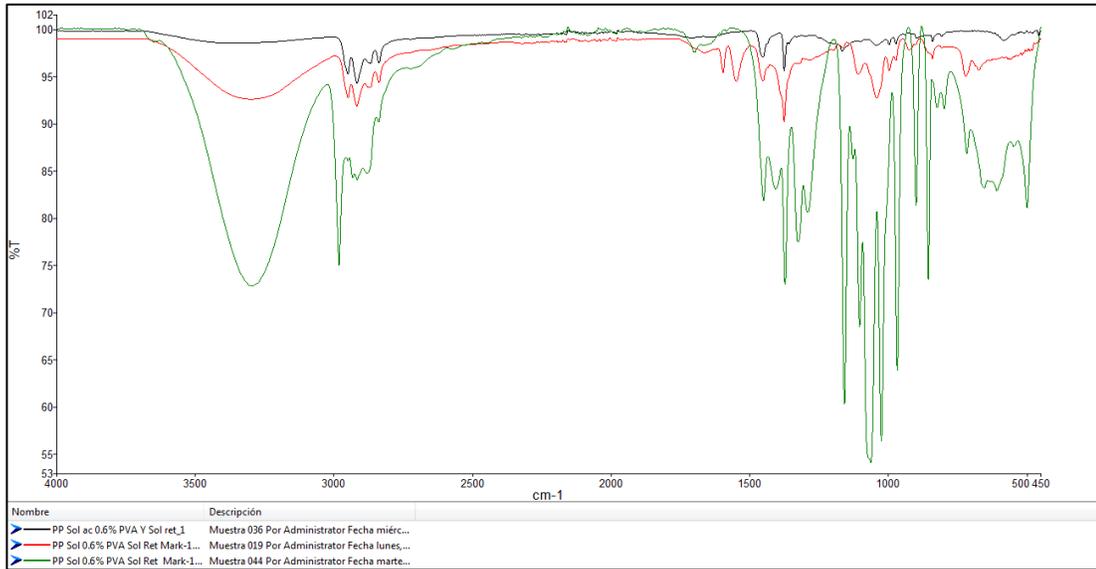
En el espectro 63, se aprecian los grupos alquinos que corresponden a las incrustaciones del aditivo, son señales que caracterizan al PP, y también al PVA señalado en 1289.65 cm^{-1} con 1025.50 que puntualiza de manera muy cercana al metanol.

10.4.3. PP 0.6% P/V PVA con solución reticulada.

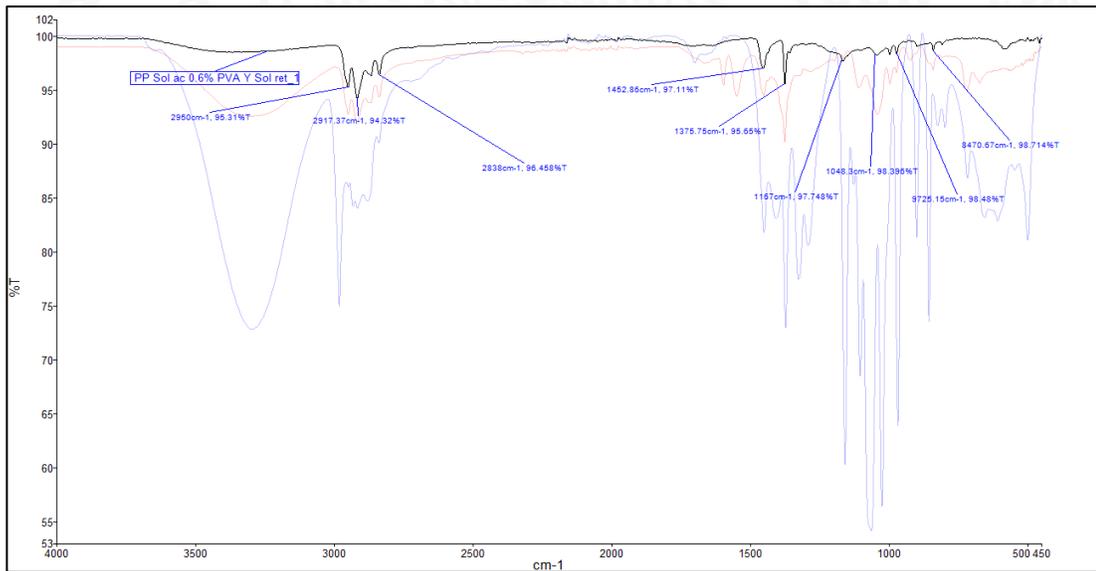
El espectro 65 de la mezcla de recubrimiento, demuestra con medianas intensidades la presencia de PP, con respecto a los componentes de recubrimiento, sus intensidades son muy grandes.

El PP después de la inmersión en mark-101, el espectro es distinto a la concentración de PVA anterior, sus señales son medianas y caracterizan mayormente al PP.

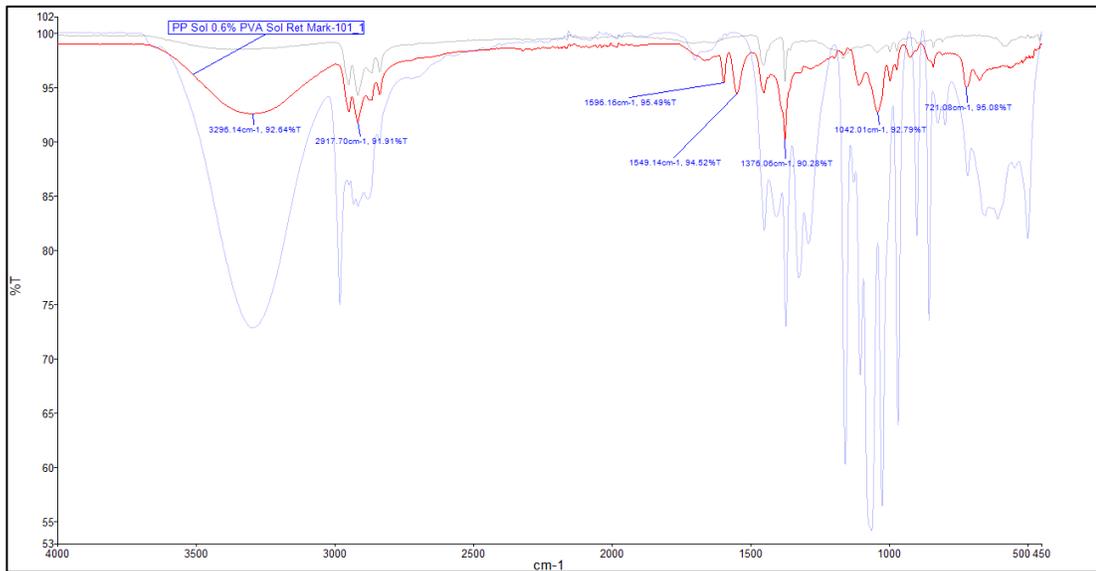
En la degradación con mark-102, grupo de alquinos con intensidades muy marcadas se hacen presente junto con referencia al ácido acético en 1291.36 cm^{-1} y al metanol con 1025.42 cm^{-1} (espectro 67).



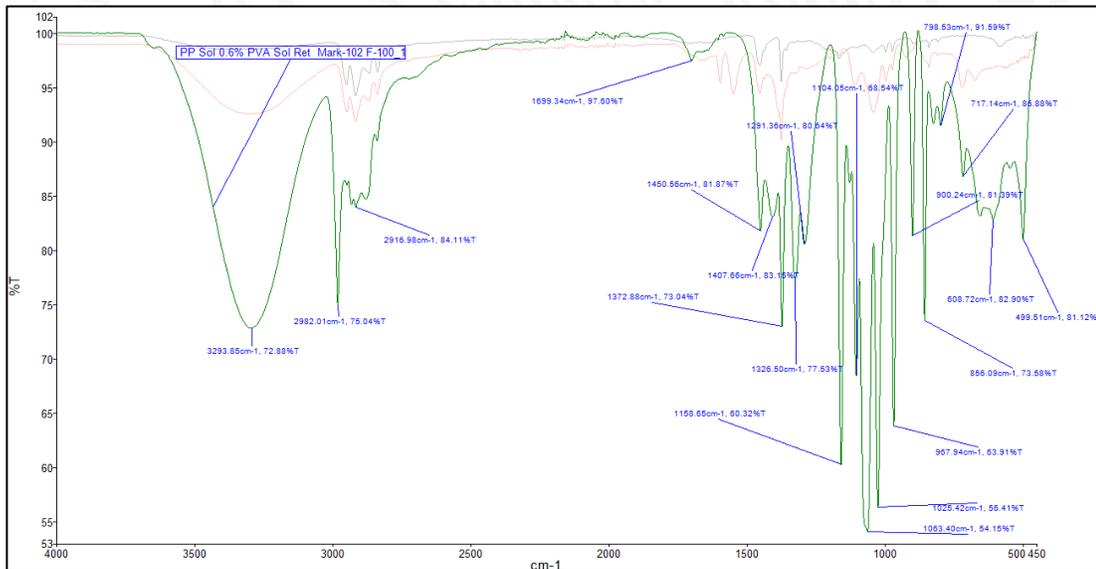
Espectro 64 FT-IR correspondientes al PP de 0.6% PVA con solución reticulada



Espectro 65 PP con solución de recubrimiento



Espectro 66 Degradación en mark-101

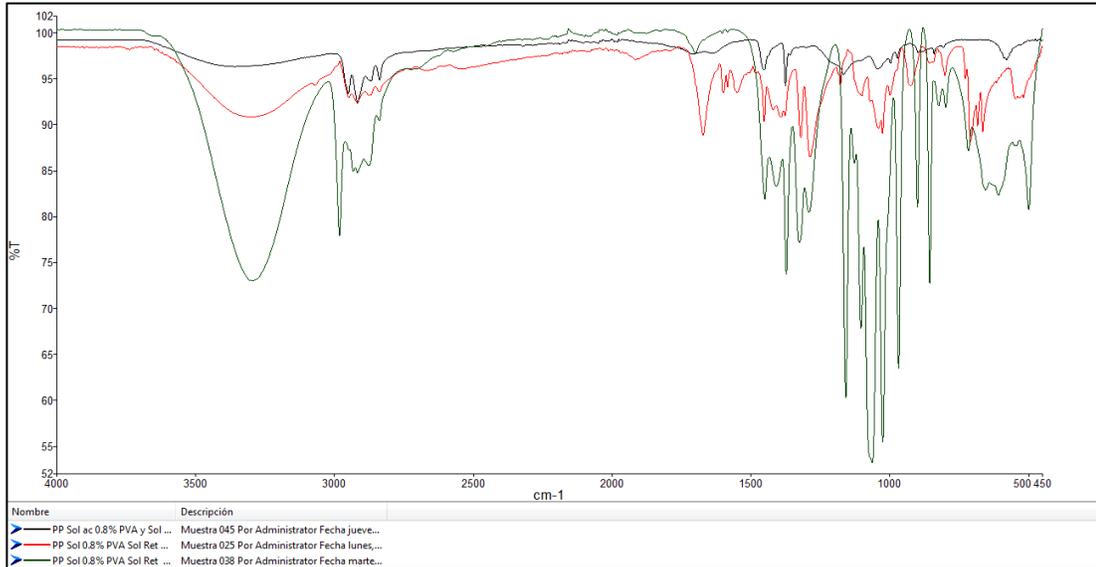


Espectro 67 Degradación en mark-102

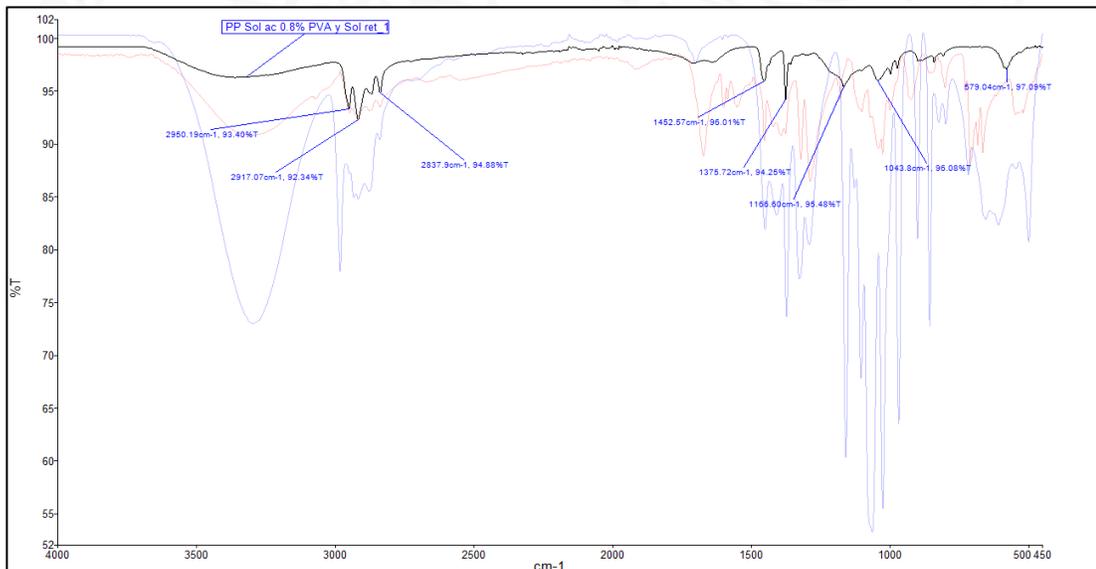
10.4.4. PP 0.8% P/V PVA con solución reticulada.

Se identifica al PP en 2950.19, 2917.07 y 1452.57 cm⁻¹ en el espectro 69, sin presencia de señales intensas respectivas al metanol y ácido acético, de igual manera se estima la baja intensidad opacada por el PP.

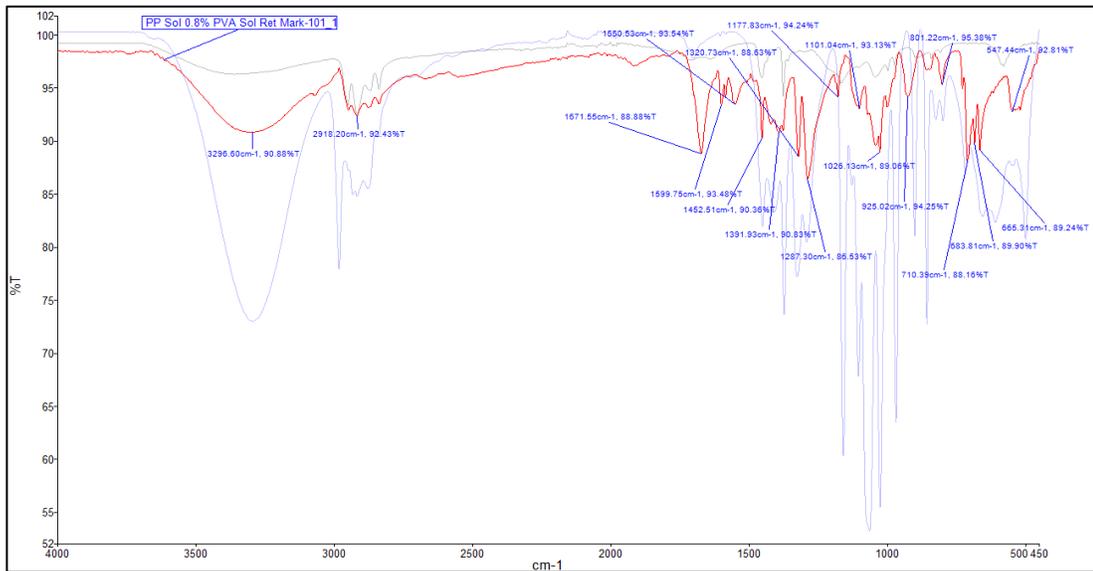
La degradación en mark-101, es similar a la del espectro 62, pero con intensidad un poco menor, distinguiendo señales al PP, al ácido acético en 1287.30 cm^{-1} y al metanol en 1026.13 cm^{-1} (espectro 70).



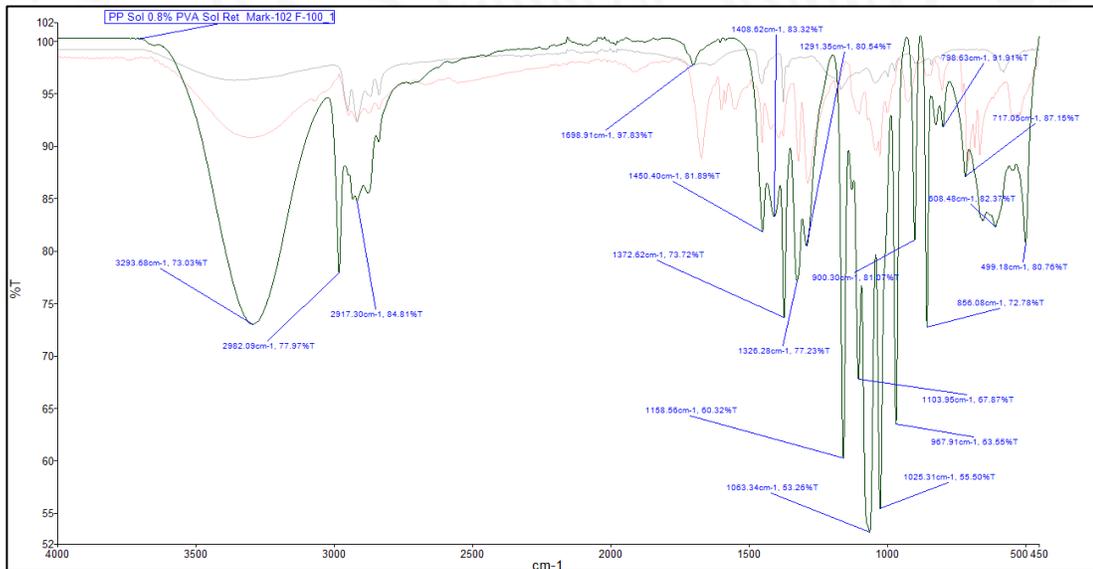
Espectro 68 FT-IR correspondientes al PP de 0.8% PVA con solución reticulada



Espectro 69 PP con solución de recubrimiento



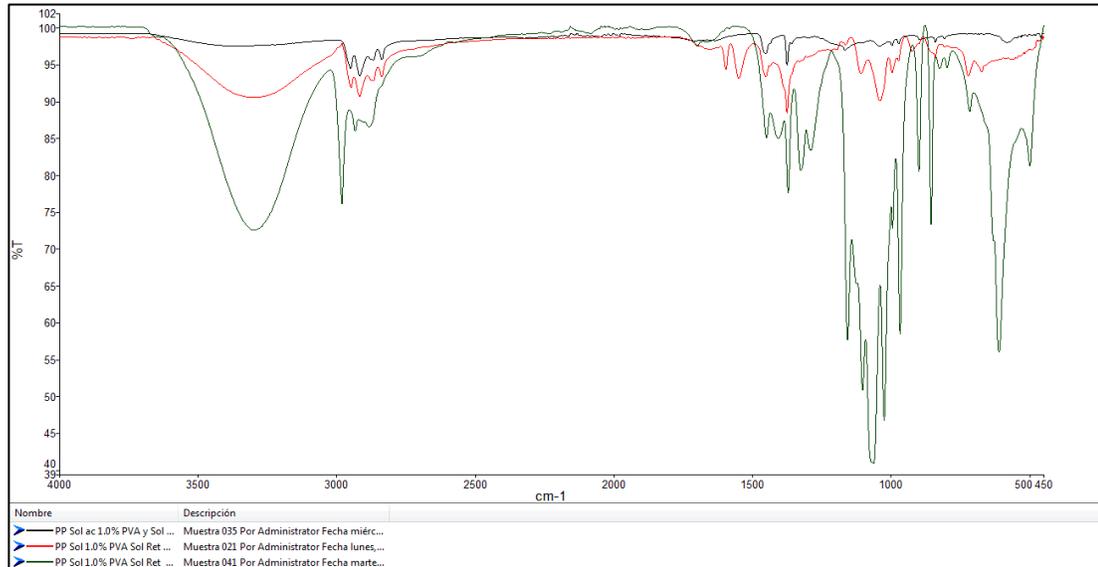
Espectro 70 Degradación en mark-101



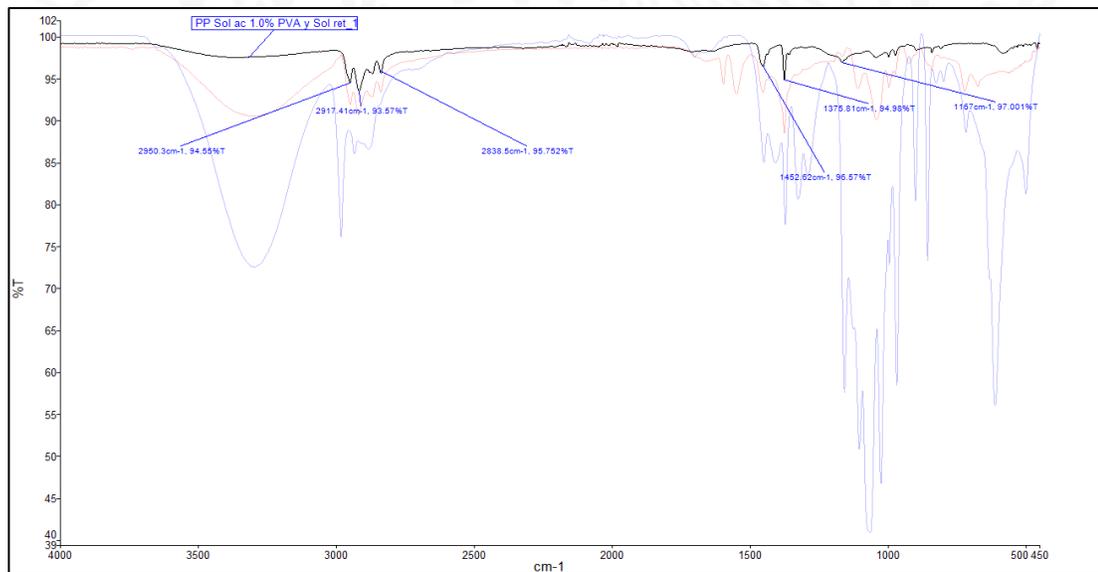
Espectro 71 Degradación en mark-102

El espectro 71, identifica al grupo de alquinos de mark.102, en esta mezcla, como se ha visto, señales con intensidades muy marcadas, así como las que hacen referencia al PP, se muestra otra en 1291.35 del ácido acético, y similar al caso anterior en 1025.31 refiriéndose al metanol.

10.4.5. PP 1.0% P/V PVA con solución reticulada.

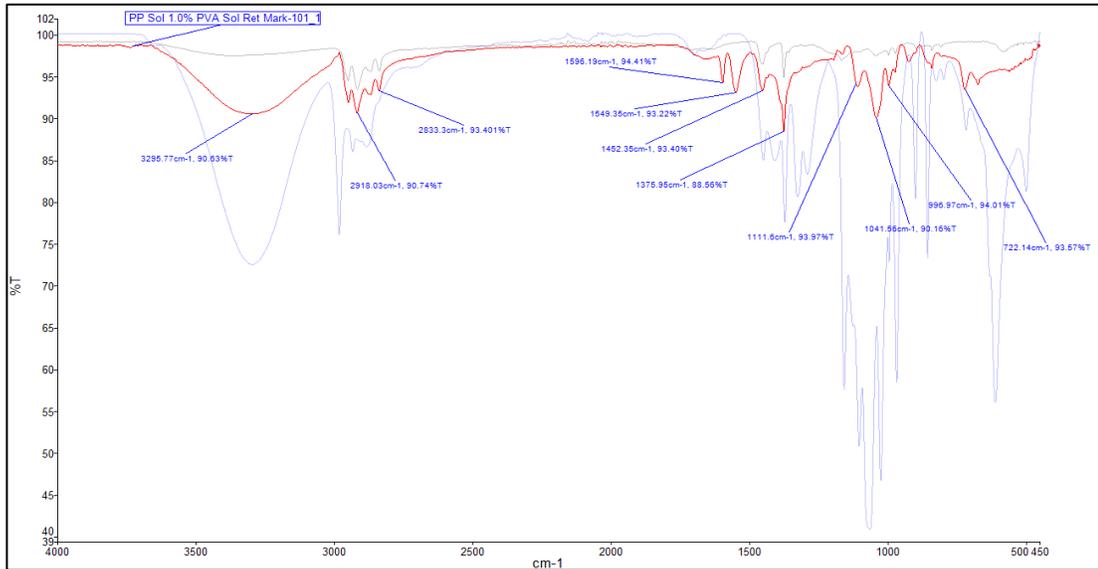


Espectro 72 FT-IR correspondientes al PP de 1.0% PVA con solución reticulada

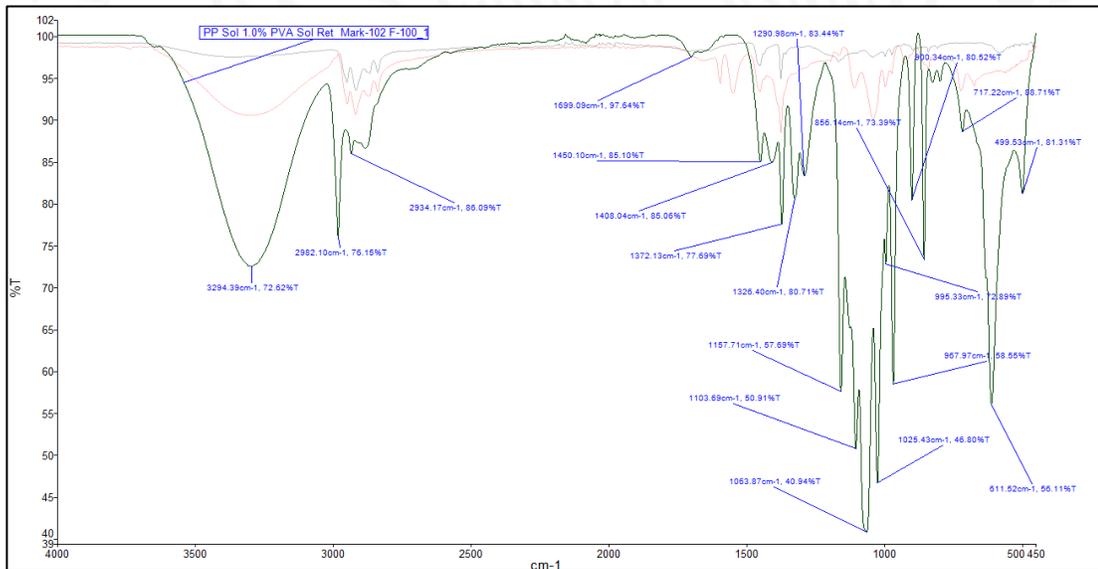


Espectro 73 PP con recubrimiento

Las medianas intensidades en el espectro del 73 vuelven a enfatizar al PP, con señales conocidas de este componente sin observar claramente el recubrimiento.



Espectro 74 Degradación en mark-101

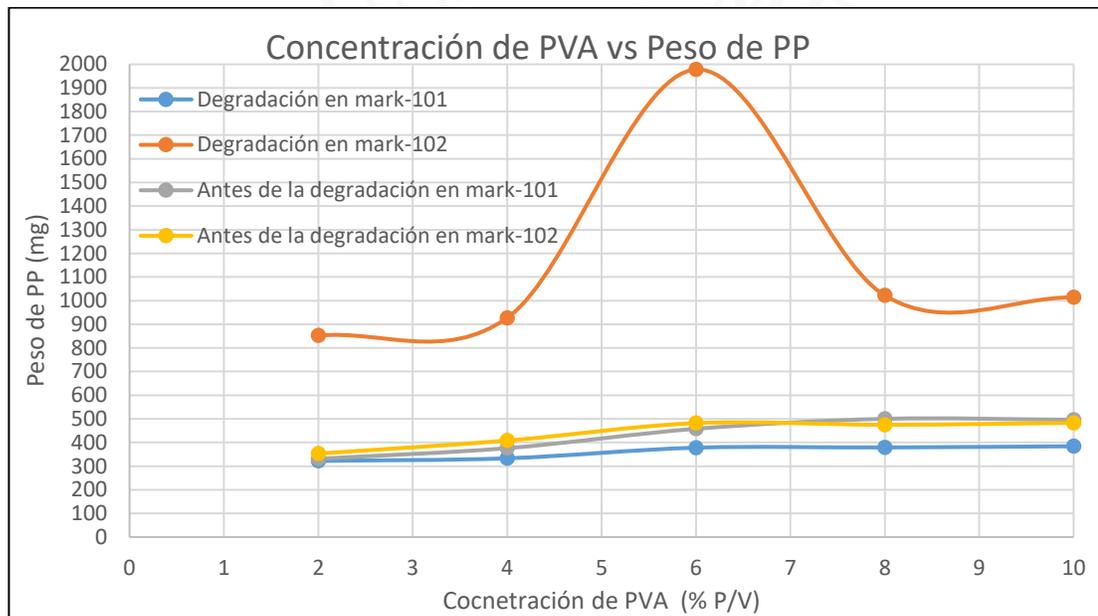


Espectro 75 Degradación en mark-102

La caracterización de las degradaciones en mark-101 y mark-102, se aprecian en los espectros 74 y 75. En el primer caso, ninguna de las señales se refiere a los componentes del recubrimiento, las incrustaciones se deducen con el incremento en peso con posibles residuos. En el segundo caso, si se aprecian dichos residuos del recubrimiento, en 1290.98 cm^{-1} del ácido acético y 1025.43

cm⁻¹ para el metanol sin dejar atrás el grupo de alquinos por la intensidad de sus señales.

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.



Gráfica 1 Recubrimiento de PP con solución acuosa PVA

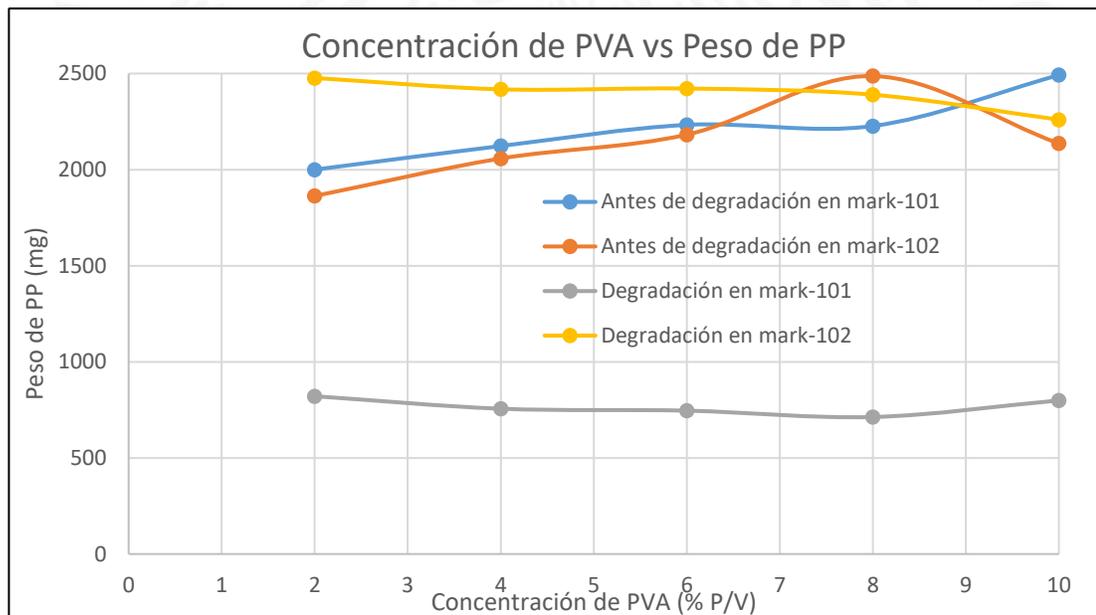
Caracterización de textiles antes y después de degradación							
Concentración PVA en textil (% P/V)	Medio de degradación	Peso textil antes de degradación (mg)	Peso textil después de degradación (mg)	PP (% peso)	Incrustaciones Orgánicas (% peso)	Incrustaciones Inorgánicas (% peso)	PVA (% peso)
2	Mark-101	331	322	99.746	0	0.671	0
	Mark-102	353	852	43.777	55.332	0.891	0
4	Mark-101	376	333	100	0	0	0
	Mark-102	408	927	43.689	55.254	1.057	0
6	Mark-101	458	378	95.566	3.992	0.442	0
	Mark-102	482	1978	34.897	63.932	1.171	0
8	Mark-101	500	379	86.391	9.403	5.033	0
	Mark-102	475	1022	38	62.296	0	0
10	Mark-101	496	384	96.217	3.783	0	0
	Mark-102	483	1014	39.618	59.249	1.113	0

Tabla 18 Caracterización de mezclas

Como se puede observar en cada uno de los espectros, en los tratamientos de solución acuosa de PVA se registran los siguientes fenómenos: en el caso de las degradaciones en mark-101, todas las muestras disminuyeron en peso, como se muestra en la gráfica 1, además de que en los espectros no se observan componentes propios de los aditivos, estos se reconocen en los análisis térmicos como se presentan en las caracterizaciones de cada concentración y en la tabla 18, en algunos casos se presentan componentes inorgánicos y en otros casos presentan ambos, conocidos como incrustaciones, las caracterizaciones también dan a conocer la desaparición del PVA como recubrimiento, por lo que se considera una separación de ambas fases. Mientras tanto en las degradaciones que se realizan con el aditivo mark-102, todas las muestras presentan un incremento en peso, esto según los análisis térmicos podrían ser incrustaciones tanto orgánicas así como inorgánicas, pero principalmente debidas a la mezcla de alquinos líquidos y de alto punto de ebullición, estas incrustaciones se refieren solamente al aditivo ya que en los análisis térmicos no se observa la presencia de PVA, por lo que se vuelve a retroceder al consumo del recubrimiento en el textil, la tendencia que siguen las muestras es a elevarse en cuanto al peso de la misma a excepción de la concentración de 06% PVA, que realiza un incremento excesivo teniendo en este caso mayores incrustaciones, por lo que en esta concentración se demuestra mayor adhesión de aditivo al PP.

En el tratamiento del PP con termoplástico elaborado con glicerina, el caso de disminución en peso con degradación en mark-101 es reconocido nuevamente, y en este caso, es un poco mayor a los recubrimientos anteriores, como se puede evaluar en la gráfica 2 (tablas 8 y 15), antes de la degradación, el peso de las muestras tiende a elevarse, y después de las degradaciones, estos mismos tienden a bajar con excepción a la concentración de 10%, que no sigue la tendencia quedando a un peso casi similar al de concentración de 02% PVA, lo que indica que ya sea a 02 o 10% las incrustaciones serán muy similares,

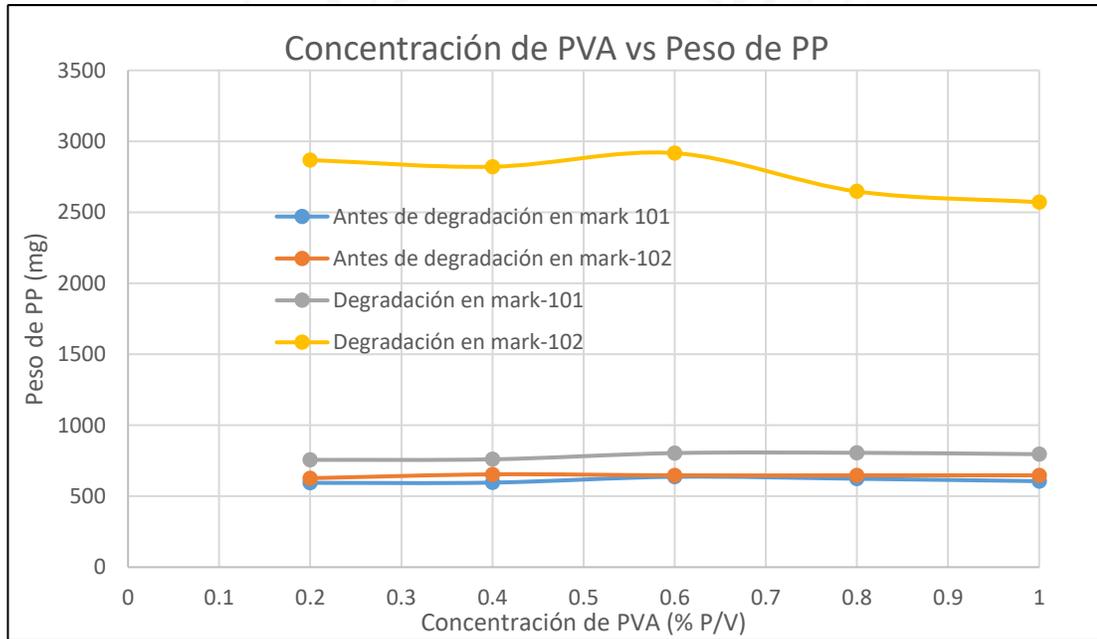
pero todas las muestras realizan una disminución de peso considerable. Antes de las degradaciones con mark-102, en cuanto a los recubrimientos, a mayor concentración de PVA del recubrimiento el peso tiende a incrementar en las muestras, y como se estudió en los espectros, la glicerina muestra mayor presencia con las intensidades de este componente de sus señales presentadas, luego de la degradación, las muestras presentan una tendencia de disminución en peso respecto a la concentración de PVA en el termoplástico, por lo que se concibe que a mayor concentración de PVA en el termoplástico las incrustaciones del aditivo en las muestras serán menores, ya que en concentración al 10 % el incremento en mas es menor.



Gráfica 2 Recubrimiento de PP con termoplástico

Las cuestiones de incremento y disminución que se aplican en los tratamientos de recubrimientos anteriores se reduce a una de las dos en el tratamiento con solución reticulada, evaluando solamente el incremento en peso de las muestras tanto en mark-101, así como en mark-102. En la gráfica 3 se representan los comportamientos de cada una, observando que las masas de estas con recubrimiento son muy similares, conservando una tendencia casi perpendicular con respecto al eje x para cada concentración de PVA en mark-

101. Las degradaciones del PP en los aditivos, muestran cierta diferencia en cada uno de ellos, puesto que se observa mayor aumento de peso con el aditivo mark-102 que en mark-101, dado esto se considera este tratamiento con mayor viabilidad para la degradación con aditivo mark-101 ya que la adhesión de residuos orgánicos es menor.



Gráfica 3 Recubrimiento de PP con solución reticulada

12. CONCLUSIÓN.

De acuerdo a los resultados obtenidos, puesto que en las degradaciones del PP puro se observa aumento de peso, por sedimentos de los aditivos en la superficie de las muestras, lo que se busca es obtener un recubrimiento en el que se obtengan las menos incrustaciones posibles de los residuos con la finalidad de mantener una vida útil de dicho textil con mayor promedio de lo habitual, los recubrimientos con solución acuosa no son una forma viable ya que de alguna manera estos en el primer aditivo existe la posibilidad de desvanecimiento del recubrimiento dejando en mayor pureza al PP como se evaluó en los análisis térmicos, logrando la degradación que con el PP sin

recubrimiento, el tratamiento con termoplásticos puede ser aplicado con el 10% de PVA para la degradación con mark-102, ya que a mayor concentración de PVA menores adhesiones del aditivo habrá. Los incrementos en peso de los tratamientos con solución reticulada indican que en mark-101, las incrustaciones son menores que en la degradación en mark-102, según la grafica 3, cualquiera de las concentraciones en PVA son viables para mark-101 ya que los incrementos son casi similares y ambas alícuotas con tendencias muy paralelas.

Con lo anterior se reduce al uso de recubrimiento con soluciones reticuladas en mark-101 a cualquier concentración (% P/V) de PVA y recubrimiento termoplástico en mark-102, con una concentración del 10% P/V PVA.

El aditivo mark-101, en algunos casos permite disminución en peso, contrario al aditivo mark-102 que en su mayoría favorece al aumento de este mismo. No se puede apuntar la agresividad de cada uno de los aditivos en las muestras puesto que la exposición a estos no fue con el tiempo requerido, pero si se logra la determinación del recubrimiento que puede otorgar mayor protección a las muestras, como se menciona en el párrafo anterior.

Con esto se tiene la finalidad de continuar con estudios que favorezcan a industrias en el que se utilizan estos tipos de materiales para procesos de recubrimientos, además de dar un inicio para el desarrollo experimental de la exposición de estos textiles con los recubrimientos seleccionados en los medios con el que este material es utilizado en planta, es decir, elevarlo con el factor de medio eléctrico.

13. BIBLIOGRAFÍA.

1.- Echeverri C, Vallejo C, Londoño M. (2009) Síntesis y caracterización de hidrogeles de alcohol polivinílico por la técnica de

congelamiento/descongelamiento para aplicaciones médica. Revista EIA 12:59-66.

2.-Hernández E, Cruz R, Robledo F, Santoyo L (2007) Caracterización del alcohol polivinílico usado en recubrimientos de base acuosa. Revista mexicana de ciencias farmacéuticas 38:15-24.

3.-Pajak J, Ziemski M, Nowak B (2010) Poly(vinyl alcohol)-biodegradable vinyl material. Chemik 64:523-530.

4.-Pacehco G, Flores, Nydia C, Rodriguez-Sanoja R (2014) Boplásticos. BioTecnología 18(2):27-36.

5.-Houssein A, Claude D (2015) Chemical modification of poly(vinyl alcohol) in wáter. Applied sciences 5:840-850.

6.-González-Forte L, Amalvy J (2015) Recubrimientos activos a base de almidón/alcohol polivinílico/poliuretano para la preservación de quesos. 3ras jornadas ITE.

7.- Gou Z, Hagstrom B (2013) Preparation of polypropylene/nanoclay composite fibers. Polymer Engineering and Science 2035-2044

8.-Nam J, Kim G, Lee B, Hasegawa R, Hama Y (2016) Frost resistance of polyvinyl alcohol fiber and polypropylene fiber reinforced cementitious composites under freeze thaw cycling. Composites part B 90:241-250

9.-Zhang C, Yang F, Wang W, Chen B (2008) Preparation and Characterization of hydrophilic modification of polypropylene non-woven fabric by dip-coating PVA (polyvinyl alcohol). Separation and Purification Technology 61:276-286

10.- Hu M, Gu X, Hu Y, Deng Y, Wang C (2016) PVA/Carbon dot nanocomposite hydrogels for sample introduction of AG nanoparticles with enhanced antibacterial activity. Macromolecular materials and engineering (301):1352-1362.

- 11.- Cabrera J, Paredes C, Urday E, Santiago J. Preparación y caracterización de películas de alcohol polivinílico conteniendo nanopartículas de TiO_2 .
- 12.- Han J, Lei T, Wu Q (2013) Facile preparation of mouldable polyvinyl alcohol-borax hydrogels reinforced by-disperced cellulose nanoparticles: physical, viscoelastic and mechanical properties. *Cellulose* 20:2947-2958
- 13.-Cheng Q, Wang S, Rials T, Lee S (2007) Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropylene composite materials reinforced with fibril aggregates isolated from regenerated cellulose fibers. *Cellulose* 14:593-602.
- 14.-Sadi R, Fachine G, Demarquette N (2013) Effect of prior photodegradation on the biodegradation of polypropylene/poly(3-hydroxybutyrate) blends. *Polymer engineering and science* 2109-2121.
- 15.- Ren H, Liu Z, Zhai H, Cao Y, Omori S (2015) Effects of linophenols on mechanical performance of biocomposites based on polyhydroxybutyrate (PHB) and polypropylene (PP) reinforced with pulp fibers. *BioResources* 10(1):432-447.
- 16.-Panaitescu D, Vuluga Z, Notingher P, Nicolae C (2013) The effect of poly[styrene-b-(ethylene-co-butylene)-b-styrene] on dielectric, thermal, and morphological characteristics of polypropylene/silica nanocomposites. *Polymer engineering and science* 2081-2091.
- 17.- Liu G, Lei J, Wang F (2013) Nonisothermal crystallization kinetics of AB_2 hyperbranched polymer-filled polypropylene. *Polymer engineering and science* 2535-2540.
- 18.-Ku T, Lin C (2005) Rheological properties of thermoplastic polyvinyl alcohol and polypropylene blend melts in capillary extrusions. *Journal of polymer research* 12:23-29.

19.-Pakravan H, Lafiti M, Jamshidi M (2014) Ductylity improvement of cementitious composites reinforced with polyvinyl alcohol-polypropylene hybrid fibers.

21.http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgibin/direct_frame_disp.cgi?sdbno=10290

22.http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgibin/direct_frame_disp.cgi?sdbno=260

23.http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgibin/direct_frame_disp.cgi?sdbno=2517

24.http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgibin/direct_frame_disp.cgi?sdbno=3302

25.http://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgibin/direct_frame_disp.cgi?sdbno=306