

**RECUPERACIÓN DE TÓNER DE FOTOCOPIADORAS E IMPRESORAS LÁSER  
POST- CONSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE TINTAS DE IMPRENTA.**

**CATHERINE ALMENDRALES WILCHES  
IVETH YOHANNA BARRERA CRISTANCHO.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

**RECUPERACIÓN DE TÓNER DE FOTOCOPIADORAS E IMPRESORAS LÁSER  
POST- CONSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE TINTAS DE IMPRENTA.**

**CATHERINE ALMENDRALES WILCHES  
IVETH YOHANNA BARRERA CRISTANCHO.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:**

**Ingeniero Químico**

**DIRECTOR:**

**José Carlos Gutiérrez Gallego**

**Químico M. Sc**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos la sabiduría en cada etapa de esta importante carrera, por darnos la salud, la confianza, la tolerancia y la perseverancia para poder lograr nuestras metas y llegar a ser unas profesionales exitosas.

A nuestro director José Carlos Gutiérrez Gallego quien estuvo siempre apoyándonos y brindándonos todos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, y en especial a la facultad de Ingeniería Química por brindarnos su apoyo y por permitirnos ser parte de ella creando y cultivando no solo profesionales sino personas eficientes y sobretodo haciendo seres humanos.

A Eduardo técnico de laboratorio de la escuela de ingeniería química por ayudarnos y colaborarnos en el desarrollo de las prácticas.

A todas las personas que aportaron ideas y conocimiento para que este trabajo finalizara con éxito.

## DEDICATORIA

*“TODO LO PUEDO EN CRISTO QUE ME FORTALECE” Filipenses 4:13*

*A Dios porque por medio de su fidelidad y misericordia me lleno paciencia, sabiduría, fortaleza, amor y esperanza, para cumplir con esta anhelada decisión de ser Ingeniera Química.*

*A mis padres Carlos Arturo y Carmen Sofía por su paciencia, comprensión, esfuerzo y ejemplo, que día a día creyeron en mí y en ellos mismo para hacer de este sueño una realidad. Los amo, son la mejor muestra de amor por parte de Dios en mi vida.*

*A mi “Ayita” por sus innumerables oraciones al todo poderoso, para que su niña cumpliera con sus objetivos de vida planeados. Ninfidía Martínez papito Dios te siga bendiciendo.*

*A mi hermana Natalia por su compañía durante este proceso, y por regalarme mis dos grandes bendiciones y razones de esfuerzo y superación. Santiago y Sofía son mi motorcito de vida y anhelo de mi dedicación. A María Fernanda que hace parte de mi corazón te adoro princesita, ser tu ejemplo es mi mayor orgullo.*

*A mis princess casi hermanas q son muestra de amistad, compañía, diversión y apoyo de tiempo completo. Nidia Reina, Yuly Camacho, Maritza Astroza y la Nena Tello las adoro, son parte de mí y Dios las siga bendiciendo.*

*A Yoha mi compañera de proyecto, por su paciencia y dedicación para ser de este trabajo de grado un orgullo personal.*

*A mis compañeros Jhon Parra, Noel Galvis, Aura Jaimes, Juliana Caicedo, Sofia Salamanca, Evelyn Arias y, Luis Trujillo y otros q se me escapan, mil gracias por hacer de mi vida universitaria una montaña rusa llena de emociones y sentimientos de alegrías y tristezas difíciles de olvidar. Viven en mí por cada una de sus experiencias.*

*A mis familiares por cada punto de apoyo que me brindaron para hacer de esta difícil decisión una experiencia satisfactoria y gratificante.*

*Bendiciones para todos.*

*Catherine Almendrales*

## **DEDICATORIA:**

*A Dios por ayudarme en esta etapa de mi vida por darme mucha sabiduría, paciencia, decisión, fortaleza y permanencia para llegar a cumplir mi tan anhelado sueño de ser Ingeniera Química.*

*Este logro se lo quiero dedicar especialmente a mis padres Graciano y María Elena, quienes con esfuerzo me apoyaron durante toda la carrera, con su amor y cariño me dieron todo lo que necesitaba para cumplir mi propósito.*

*A Andrés Suárez que durante estos años me brindó fortaleza, amor, dedicación y paciencia para sobrepasar tantos obstáculos presentados en este tiempo para poder lograr mis objetivos y culminarlos con éxito.*

*A mis hermanitos Ronald y Tatiana que con su inocencia en muchas ocasiones me regalaron una palabra de aliento en los momentos más difíciles.*

*A Cathe mi compañera de proyecto, que después de tantas dificultades sacamos adelante esta tesis y logramos lo que queríamos.*

*A toda mi familia quienes aportaron un granito de arena para ser de esta aventura un sueño hecho realidad.*

*Yohanna Barrera*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>1.1 TÓNER .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 TINTA DE IMPRENTA .....</b>	<b>22</b>
<b>1.3 COLOFONIA .....</b>	<b>22</b>
<b>1.4 ACEITE DE LINAZA .....</b>	<b>23</b>
<b>1.5 DISOLVENTES.....</b>	<b>23</b>
<b>1.6 NEGRO DE HUMO .....</b>	<b>23</b>
<b>1.7 ESTEARINA .....</b>	<b>24</b>
<b>1.8 CAOLÍN .....</b>	<b>24</b>
<b>1.9 COCOAMIDA .....</b>	<b>25</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA. ....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS .....</b>	<b>26</b>
2.1.1 Pruebas de infrarrojo al tóner .....	26
2.1.2 Mezcla de tóner más aceite de linaza para la obtención del pigmento ..	27
2.1.3 Elaboración de jabón de resina (resinato de aluminio).....	28
2.1.4 Mezcla jabón de resina, caolín, estearina y aceite de linaza.....	28
2.1.5 Cocoamida amarilla.....	29
<b>2.2 ELABORACIÓN DE TINTA .....</b>	<b>29</b>
2.2.1 Proceso de mezclado .....	29
<b>2.3 CARACTERIZACIÓN PRODUCTO FINAL .....</b>	<b>29</b>
2.3.1 Determinación del tiempo de sentado .....	31
2.3.2 Determinación del tiempo de secado .....	31
2.3.3 Determinación de la tendencia al Emulsionamiento .....	31
2.3.4 Evaluación de la resistencia al agua .....	32

<b>3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS .....</b>	<b>34</b>
3.1.1 Pruebas de infrarrojo al tóner .....	34
3.1.2 Mezcla de tóner más aceite de linaza para la obtención del pigmento .....	37
3.1.3 Elaboración de jabón de resina (resinato de aluminio).....	37
3.1.4 Mezcla jabón de resina, caolín, estearina y aceite de linaza.....	38
<b>3.2 ELABORACIÓN DE TINTA .....</b>	<b>39</b>
3.2.1 Proceso de mezclado.....	39
<b>3.3 CARACTERIZACIÓN PRODUCTO FINAL .....</b>	<b>39</b>
3.3.1 Determinación del tiempo de sentado .....	39
3.3.2 Determinación del tiempo de secado .....	41
3.3.3 Determinación de la tendencia al Emulsionamiento .....	42
3.3.4 Evaluación de la resistencia al agua .....	42
3.3.5 Tinta Final.....	43
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Esquema de elaboración de tintas .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2. Registro prueba para tiempo de sentado .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 3. Registro prueba para tiempo de secado.....</b>	<b>41</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Requisitos del papel utilizado como estándar de evaluación. ....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 2. Cantidad de tinta para los ensayos de sentado y secado .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 3. Análisis de composición infrarroja muestra A. ....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 4. Descripción porcentual de la composición en la mezcla.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 5. Composición final de la tinta.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 6. Resultados prueba emulsionamiento .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 7. Análisis de composición infrarroja muestra B. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 8. Análisis de composición infrarroja muestra C. ....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 9. Análisis de composición infrarroja muestra D. ....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 10. Análisis de composición infrarroja muestra E.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 11. Análisis de composición infrarroja muestra F.....</b>	<b>58</b>

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Tóner .....	22
Imagen 2. Colofonia.....	23
Imagen 3. Caolín .....	25
Imagen 4. Pastilla KBr y tóner. ....	27
Imagen 5. Mezcla tóner y aceite de linaza.....	27
Imagen 6. Jabón de resina filtrado.....	28
Imagen 7. Resinato de aluminio pulverizado.....	37
Imagen 8. Producto final mezcla jabón de resina,caolín, estearina y aceite de linaza.....	38
Imagen 9. Dispersión inicial .....	40
Imagen 10. Resultado después de 5 min .....	40
Imagen 11. Resultado después de 10 min .....	40
Imagen 12. Resultado después de 15 min.....	40
Imagen 13. Tiempo de sentado 20 min. ....	40
Imagen 14. Dispersión después de 30 min .....	41
Imagen 15. Resultado después de 45 min .....	41
Imagen 16. Resultado después de 60 min .....	41
Imagen 17. Tiempo de secado 75 min.....	41
Imagen 18. Registro prueba resistencia al agua .....	43
Imagen 19. Producto final .....	43
Imagen 20.Sacapruebas (quick peek) .....	48

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Espectro infrarrojo tóner (muestra A).....	34
Gráfica 2. Espectro infrarrojo tóner original .....	36
Gráfica 3. Espectro infrarrojo tóner (muestra B).....	49
Gráfica 4. Espectro infrarrojo tóner (muestra C).....	51
Gráfica 5. Espectro infrarrojo tóner (muestra D).....	53
Gráfica 6. Espectro infrarrojo tóner (muestra E).....	55
Gráfica 7. Espectro infrarrojo tóner (muestra F).....	57

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo A. Figura y características de Sacapruebas (quickpeek). .....48**

**Anexo B. Espectros infrarrojos y composiciones de las muestras .....49**

## RESUMEN

**TÍTULO:** RECUPERACIÓN DE TÓNER DE FOTOCOPIADORAS E IMPRESORAS LÁSER POST-CONSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE TINTAS DE IMPRENTA.<sup>1</sup>

**AUTORES:** ALMENDRALES WILCHES, Catherine, y, BARRERA CRISTANCHO, Iveth Yohanna.<sup>\*\*</sup>

**PALABRAS CLAVES:** Tóner Post-consumo, Jabón de Resina, Tinta para Imprenta, Caolín, Estearina, Cocoamida, Emulsión, Secado, Sentado, Resistencia al Agua.

La tinta elaborada en este proyecto de investigación se enfocó en la reutilización de tóner post-consumo, dándole a éste residuo un valor agregado, con el fin de disminuir su emisión contaminante y poder darle un valor agregado a este residuo el cual no lo están usando sino para contaminar al medio ambiente y causando perjuicios para la salud del ser humano, ya que tiene efectos cancerígenos y enfermedades respiratorias graves. Con este trabajo de grado pretendemos hacer útil y necesario este residuo, con un posterior proceso para la obtención de un producto de calidad como lo es la tinta de imprenta y además que cumpla con unas condiciones optimas para su uso.

La preparación de la tinta se llevó a cabo mediante diferentes etapas: pruebas de infrarrojo al tóner, obtención del pigmento, elaboración del jabón de resina hasta conseguir la mezcla final incorporando aditivos como la cocoamida amarilla. Inicialmente se realiza la mezcla de tóner post-consumo con el aceite de linaza para la obtención del pigmento, posteriormente se elabora el jabón de resina adicionando hidróxido de aluminio, agua y colofonia. Finalmente el resinato de aluminio es mezclado con estearina, caolín, aceite de linaza, cocoamida amarilla, y el pigmento fabricado inicialmente. Se determinó el tiempo de sentado y secado basándonos en la Norma técnica Colombiana (NTC) 3435, la tendencia al emulsionamiento correspondiente a la NTC 2646, y la resistencia al agua representada en la NTC 2650, para de esta manera cumplir con las especificaciones técnicas requeridas para la fabricación de tintas para imprenta.

---

<sup>1</sup>\* Proyecto de Grado

<sup>\*\*</sup>Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: José Carlos Gutiérrez Gallego Químico M Sc.

## ABSTRACT

**TITLE:** RECOVERY TÓNER COPIER LASER PRINTERS AND POST-CONSUMER FOR THE DEVELOPMENT OF PRINTING INKS.<sup>2</sup>

**AUTHORS:** ALMENDRALES WILCHES, Catherine, and, BARRERA CRISTANCHO Iveth Yohanna.\*\*

**KEY WORDS:** Post-consumption Toner, Resin Soap, Printing Ink, Kaolin, Stearin, Cocamide, Emulsion, Drying, Sitting, Water Resistance.

The ink prepared in this research project focused on toner reuse post-consumer waste giving it an added value in order to reduce their pollutant emissions and to give added value to this residue which are not using but to pollute the environment and causing harm to human health because it has carcinogenic effects and serious respiratory diseases. With this work we intend to grade this waste useful and necessary, with a subsequent process for obtaining a quality product such as printing ink and also complying with optimal conditions for use.

The preparation of the ink is carried out through different stages: the toner infrared testing, obtaining pigment, resin soap making up the final mixture obtained by incorporating additives such as yellow cocoamide. Initially, the mixture is performed post-consumption toner with linseed oil to obtain the pigment, subsequently the soap is prepared by adding aluminum hydroxide resin, rosin and water. Finally aluminum resinate stearin is mixed with kaolin, linseed oil, cocoamide yellow pigment and initially manufactured. We determined the sitting and drying time based on the Colombian Technical Standard (NTC) 3435, the trend of emulsification NTC corresponding to 2646, and water resistance NTC shown in 2650, and in this way meet the technical specifications required for the manufacture of printing inks.

---

<sup>2\*</sup> Degree Project

<sup>\*\*</sup> Physical-Chemistry Engineering Faculty. Chemical Engineering School. Director: José Carlos Gutiérrez Gallego. Chemical M. Sc

## 1. INTRODUCCIÓN

La reutilización de residuos es cada vez más y desde hace algunos años, motivo de discusión. El objetivo de reutilización es, por un lado, impedir que los residuos producidos se desperdicien y, por otro lado, intentar emplearlos de nuevo como materia prima en la producción, después de una etapa de preparación.

Estas reflexiones se recogen en un modelo idealizado de imitación de la naturaleza, en el que todas las sustancias vuelven a incorporarse a los ciclos biológicos. Gracias al reciclado pueden reducirse las cantidades de residuos así como las de materia prima y energía necesarias para la obtención de un material nuevo.

La preocupación por la protección del medio ambiente ha constituido una de las inquietudes más importantes de la actualidad. Iniciando por la gran cantidad de residuos encontrados y su alto grado tóxico y peligroso tanto para el ser humano como para el ambiente en general.

El concepto de “residuo” es variable. Surge del mundo de la economía, del valor que se le asigna, de las posibilidades de utilización conforme a los conocimientos científicos y técnicos del momento. Lo que hoy es llamado residuo mañana puede ser materia prima, si adquiere un valor en el mercado.

En el presente trabajo se estudia la reutilización de tóner de fotocopiadoras e impresoras láser para producir una nueva tinta de imprenta y poder darle un valor agregado a este residuo, teniendo en cuenta su elevado nivel de contaminación y la gran cantidad que se genera de éste. Obteniendo con la utilización de este residuo un ingrediente principal para un producto de gran importancia en la industria de las tintas, el cual está constituido por polímeros como el poliestireno, pigmento (negro de humo), cera polietilénica, peróxido de benzoilo, y disolventes como etil benceno, xilenos, y n- butanol. Además de tóner reciclado nuestra tinta de imprenta está compuesta por jabón de resina (resinato de aluminio), aceite de linaza, caolín, estearina y cocoamida.

Desde el punto de vista económico es un producto que se puede vender a bajo precio y puede ser usado en sustratos como papel periódico y papel reciclable ya que por su rápido tiempo de secado favorece la utilización del mismo, encontrándose de igual manera más beneficios a nivel industrial, especialmente en imprenta y litografía.

Posteriormente, se describen los conceptos básicos usados en el desarrollo de la investigación.

**1.1 TÓNER:** El tóner juega un papel muy importante en el proceso de impresión o fotocopia. Tóner es una sustancia seca en forma de polvo que se adhiere al papel mediante una carga electrostática. La composición del tóner es muy variada ya que cada fabricante produce una amplia gama de polvos tóner. Esto se debe a que no hay un tóner genérico para todos los motores de impresión porque las impresoras difieren en velocidad, voltaje aplicado a la transferencia y en el tipo de unidad de fusión que utilizan.

En la actualidad, existe una gran cantidad de fabricantes de tóner en todo el mundo. Con las diferencias propias de cada fabricante los polvos tóner están compuestos fundamentalmente por:

- a. Un polímero (estireno-acrílico copolímero o poliéster)
- b. Negro de humo
- c. Modificador (cera, polipropileno, polietileno)
- d. Los aditivos de superficie (dióxido de silicio amorfo, cobre, polímeros, etc.)
- e. Disolventes (etilbenceno, xilenos, n-butanol).

El tamaño de tóner tampoco es estándar. El diámetro de una partícula tóner es de 5 a 20 micras tiene unas características irritantes y sensibilizantes [1].



***Imagen 1. Tóner***

**1.2 TINTA DE IMPRENTA:** Es una mezcla polimérica en disolución que lleva incorporado pigmento para impartir color.

En general todas las tintas poseen una fase sólida y una fase líquida. La fase sólida es discontinua y la forman los pigmentos, mientras que la líquida es una fase continua más o menos viscosa, llamada vehículo, barniz o aglutinante. Existen diferentes tipos de tintas que poseen propiedades y aplicaciones diferentes. El uso de un tipo u otro de tinta depende de factores como: el tipo de sustrato a imprimir, el acabado deseado, y el proceso de impresión deseado (off set, flexografía, litografía, entre otros.).

Las tintas y recubrimientos deben poseer la suficiente adhesión sobre el sustrato al que se aplican, independientemente de la naturaleza de éste. Además ha de combinar la dureza adecuada con la flexibilidad que se le exija según el uso, han de ser mates o brillantes, con coeficientes de deslizamiento acordes al uso. [2]

**1.3 COLOFONIA:** Es un producto natural que se obtiene a partir de varias especies de plantas pináceas y que se presenta en forma de masa resinosa transparente de color ámbar. Una resina es una sustancia orgánica, amorfa, sólida

o semifluida, en general insoluble en agua, y soluble, bajo ciertas condiciones, en numerosos disolventes orgánicos, con poca tendencia a cristalizar. Las resinas u oleorresinas son secreciones externas del metabolismo de los vegetales, excretadas, sobre todo en las plantas coníferas, a través de canales intercelulares (canales resiníferos) cuando se practican incisiones en su corteza. [3]



***Imagen 2. Colofonia***

**1.4 ACEITE DE LINAZA: (Doble cocido)** Aceite secante obtenido al exprimir las semillas de linaza. Líquido amarillo, de olor peculiar y sabor suave. Sus usos principales en barnices, pinturas, tintas para imprenta, en papel y telas, para hacerlos resistentes al agua. [4]

**1.5 DISOLVENTES:** Se emplean para solubilizar las resinas solidas de forma que se obtengan un líquido con la viscosidad apropiada para el proceso de impresión debe tener requerimientos como: debe evaporarse progresivamente con el fin de que la tinta seque el soporte, debe disolver perfectamente a las resinas. [5]

**1.6 NEGRO DE HUMO:** Se refiere a un producto que contiene más del 85% de carbono elemental en forma de partículas coloidales, casi esféricas, y agregados coalescentes de partículas de tamaño coloidal obtenidas de la combustión parcial de hidrocarburos.

Las propiedades fundamentales del negro de humo que afectan las características finales de la tinta son: fineza o distribución del tamaño de partícula, estructura o distribución del tamaño y forma de los agregados, porosidad o distribución de tamaño de poro, química de la superficie o distribución de la actividad química de la superficie. [6]

**1.7 ESTEARINA:** Es una mezcla de ácidos grasos elevadamente saturados, cuyo contenido principal es el ácido palmítico y esteárico. Varias mezclas del ácido graso son agrupadas bajo este título y se denominan individualmente como ácido esteárico o palmítico, dependiendo del ingrediente principal. Tiene un contenido en ácido esteárico de 62-72% y entre 25-35% de contenido en ácido palmítico se procesan en forma de polvos blancos o escamas que no son solubles en agua (povos) pero sí que son solubles en éter.[7]

**1.8 CAOLÍN:** Es un silicato de aluminio hidratado. El término caolín se refiere a arcillas en las que predomina el mineral caolinita es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la elaboración de pigmentos de extensión para pinturas y en la fabricación de tintas. Se usa como dilatador por su inercia química, suave fluidez, facilidad de dispersión y por no ser abrasivo. Da suavidad y brillo a la superficie, mejora la durabilidad de la misma y reduce la cantidad de pigmento necesario.

Otros requerimientos adicionales para caolines para tintas es que deberían tener bajos niveles de sales solubles. El brillo entre el 80% y el 90% es generalmente requerido y la distribución del tamaño de las partículas tiende a ser 70% a 80% menor de dos micrones. [8]



**Imagen 3. Caolín.**

**1.9 COCOAMIDA:** Producto obtenido a partir de la reacción entre la dietanolamina y el ácido graso del aceite de coco refinado. Este producto posee poder emulsionante y codisolvente, es un excelente mejorador de viscosidad y estabilizador, es un producto que por su naturaleza química no presenta riesgo alguno para su manejo y uso; no obstante se debe tener cuidado para evitar su contaminación. [9]

## **2. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.**

En el siguiente esquema (figura 1) se muestra el proceso utilizado en la fabricación de tintas de imprenta a partir de tóner reciclado, donde se tienen en cuenta desde la preparación de las materias primas, hasta la obtención del producto final y caracterización del mismo. Utilizando de la misma manera las recomendaciones para cada sustancia utilizada de acuerdo a su ficha de seguridad, ya que la manipulación de estas requiere mucho cuidado al ser consideradas nocivas para la salud.

**Figura 1. Esquema de elaboración de tintas**



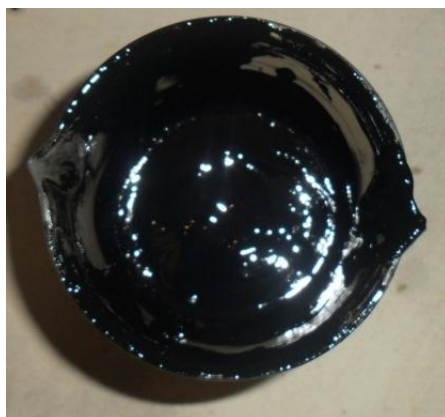
## 2.1 Acondicionamiento de materias primas

**2.1.1 Pruebas de infrarrojo al tóner:** Se seleccionaron seis muestras de tóner post-consumo de diferentes fotocopiadoras ubicadas cerca a la universidad, se inició con un análisis químico de espectroscopia infrarroja, para esto se elaboraron pastillas utilizando una matriz solvente de bromuro de potasio (KBr), para así permitir el paso de la radiación, ya que este solvente es transparente al infrarrojo; posteriormente la pastilla de KBr y tóner es introducida a un equipo de IR, obteniendo espectros en los cuales se identificaron las composiciones de las mismas. Para el análisis se utilizó un equipo **Bruker modelo tensor 27 FT-IR**.



*Imagen 4. Pastilla KBr y tóner.*

**2.1.2 Mezcla de tóner más aceite de linaza para la obtención del pigmento:** El mezclado se realizó adicionando 75 gramos de tóner en 100 ml de aceite de linaza, siendo estas las cantidades máximas para la obtención de una disolución homogénea. Este proceso se llevó a cabo cada 10 minutos agregando secuencialmente 5 gr de tóner hasta obtener la totalidad de la mezcla, la homogeneización de dicha composición se logró empleando un equipo **Ultra-turrax modelo IKA T25 digital**, operando éste en un intervalo de 5400 a 9800 rpm.



*Imagen 5. Mezcla tóner y aceite de linaza.*

**2.1.3 Elaboración de jabón de resina (resinato de aluminio):** Para la producción del jabón de resina se utilizaron 100 gr de colofonia, 200 ml de agua y 50 gr de hidróxido de aluminio, se inicia con la mezcla de agua e hidróxido de aluminio en un baño de aceite el cual se lleva a su punto de ebullición; se pulveriza la colofonia y se le agrega periódicamente a la mezcla. Después por decantación se separan los sólidos del líquido y los líquidos de las legías, adicionándole a la mezcla una solución salina (cloruro de sodio) para acelerar la precipitación del proceso por medio de cambio de fuerzas iónicas y de esta manera aumentar su eficiencia.

Posteriormente se realiza una filtración al vacío con una bomba **modelo SA55NXGTE-4870 CAT M100 EX** con el fin de separar la mayor cantidad de humedad de la mezcla, luego se efectuó un proceso de secado a 80°C, para así seguir con el proceso de pulverización y poder continuar la siguiente etapa del proceso.



***Imagen 6. Jabón de resina filtrado.***

**2.14 Mezcla jabón de resina, caolín, estearina y aceite de linaza:** La unión de estos compuestos para la obtención de una composición homogénea es llevada a cabo mediante la utilización del equipo **Ultra-turrax modelo IKA T25 digital**, operando éste en un intervalo de 5400 a 9800 rpm, en un baño de aceite a 70°C,

teniendo en cuenta el punto de fusión de los componentes mezclados. Las cantidades adicionadas en 70 ml de aceite se realizaron de manera periódica, agregando 6 gr de jabón de resina, 1 gr de estearina y 2 gr de caolín en intervalos de 5 minutos durante seis repeticiones, obteniendo de esta manera una mezcla uniforme con una composición de 36 gr de jabón de resina, 6 gr de estearina y 12 gr de caolín.

**2.1.5 Cocoamida amarilla:** Este aditivo se le agregó a la mezcla final para lograr una mejor dispersión y mejorar la viscosidad en el producto.

## **2.2 Elaboración de tinta**

**2.2.1 Proceso de mezclado:** Esta agitación se realizó de manera mecánica a través del equipo **Ultra-turrax modelo IKA T25 digital**, operando éste en un intervalo de 8000 a 10000 rpm. Mediante varias pruebas de dispersión se obtuvieron las relaciones en peso de la composición de la muestra final.

## **2.3 Caracterización producto final**

Esta etapa se desarrolló basándonos en las siguientes normas técnicas colombianas **NTC 3601, NTC 2537, NTC 2650, NTC 2646, NTC 3435.**

### ➤ **NTC 3435**

**Ensayo N°1:** Establece el procedimiento para determinar el tiempo de sentado y de secado de la tinta sobre el sustrato (papel no esmaltado), para la impresión con tinta a base de aceite. [10]

### **Equipos:**

- Sacapruebas (quick peek): Equipo simple por medio del cual se puede aplicar la película de tinta reproducible. Consta de un rodillo de caucho, una barra de medida, un punzón para medir la tinta y una placa para distribución. **(Ver anexo A).**

- Cronómetro
- Placa de vidrio
- Papel no esmaltado.

**Tabla 1. Requisitos del papel utilizado como estándar de evaluación.**

	<b>Papel no esmaltado</b>
<b>Masa básica [g/m<sup>2</sup>]</b>	75
Espesor [μm]	95-100
Lisura Sheffield	100-170
Porosidad Gurley [s/100cm <sup>3</sup> ]	60-90
pH mínimo	4,5

**Procedimiento:**

- La impresión con la tinta de ensayo se efectúa sobre un sustrato estandarizado, utilizando el sacapuebas (quick peek) de la siguiente manera:
  - a) Se determina la cantidad de tinta requerida de acuerdo con el tipo de sustrato que se va a utilizar

**Tabla 2. Cantidad de tinta para los ensayos de sentado y secado**

<b>Sustrato</b>	<b>Cantidad</b>
Papel no esmaltado	Dos orificios grandes, primera pasada

- b) Se llenan los orificios en la barra de medida de acuerdo a la cantidad determinada previamente. Se retira el exceso de tinta de los orificios con una espátula flexible, para asegurar que estos queden exactamente llenos.
  - c) Se coloca la tinta sobre la placa de distribución por medio de un punzón.
- Con el rodillo de caucho se distribuye la tinta sobre toda el área de la placa. Es conveniente, hacer girar 180° el rodillo y distribuir nuevamente la tinta sobre la placa, antes de efectuar la impresión.
  - Se efectúa la impresión sobre el papel no esmaltado. Es conveniente colocar un pedazo de cartulina debajo del material que se va a imprimir, para que la impresión sea mas uniforme.

**2.3.1 Determinación del tiempo de sentado:** Es el que toma la fase inicial del proceso de secado, en el cual, los pliegos impresos, aunque no completamente secos, pueden manejarse sin que se corra la tinta o presente repise. Lo anterior sucede debido al incremento de viscosidad o cuerpo de la tinta, cuya superficie aun este pegajosa.

El sentado ocurre como resultado de la absorción del solvente o de los componentes de baja viscosidad, y por la naturaleza tixotrópica de la tinta.

**2.3.2 Determinación del tiempo de secado:** Es el requerido para que una película de tinta aplicada al sustrato pase de estado solido, quedando la superficie libre de pegajosidad y resistente al frote.

**2.3.3 Determinación de la tendencia al Emulsionamiento:** Es la dispersión de un liquido en otro liquido insoluble o inmisible promovida por una tercera sustancia llamada agente emulsificante.

➤ **NTC 2646**

**Ensayo N°2:** Establece los métodos para medir la tendencia al emulsionamiento de las tintas base de aceite para impresión litográfica. [11]

**Equipos:**

- Mortero con su respectiva mano (de porcelana)
- Balanza
- Probeta graduada de 10 cm<sup>3</sup>

**Reactivo:** Solución de hidróxido de sodio estandarizado con un pH entre 8,5 y 9,0.

**Procedimiento:**

- a) Se toman 10 gr de tinta que se va a ensayar y se coloca en el mortero, se adicionan 10 cm<sup>3</sup> de la solución de hidróxido de sodio previamente preparada y se mezcla con la mano del mortero en forma uniforme durante 5 min.
  
- b) Se vierte en la probeta graduada la solución alcalina que no fue absorbida por la tinta durante el procedimiento anterior y se determina su volumen. Esta operación se debe efectuar inmediatamente después de finalizado el período de mezcla.

**2.3.4 Evaluación de la resistencia al agua:** Una impresión se considera resistente al agua cuando en condiciones de ensayo el sustrato no sufre ningún cambio o deterioro.

➤ **NTC 2650**

**Ensayo N°3:** Especifica un método de evaluación de la resistencia al agua de las tintas para impresión. [12]

**Equipos y reactivos:**

- Papel de filtro
- Agua desionizada
- Pieza de vidrio

**Procedimiento:**

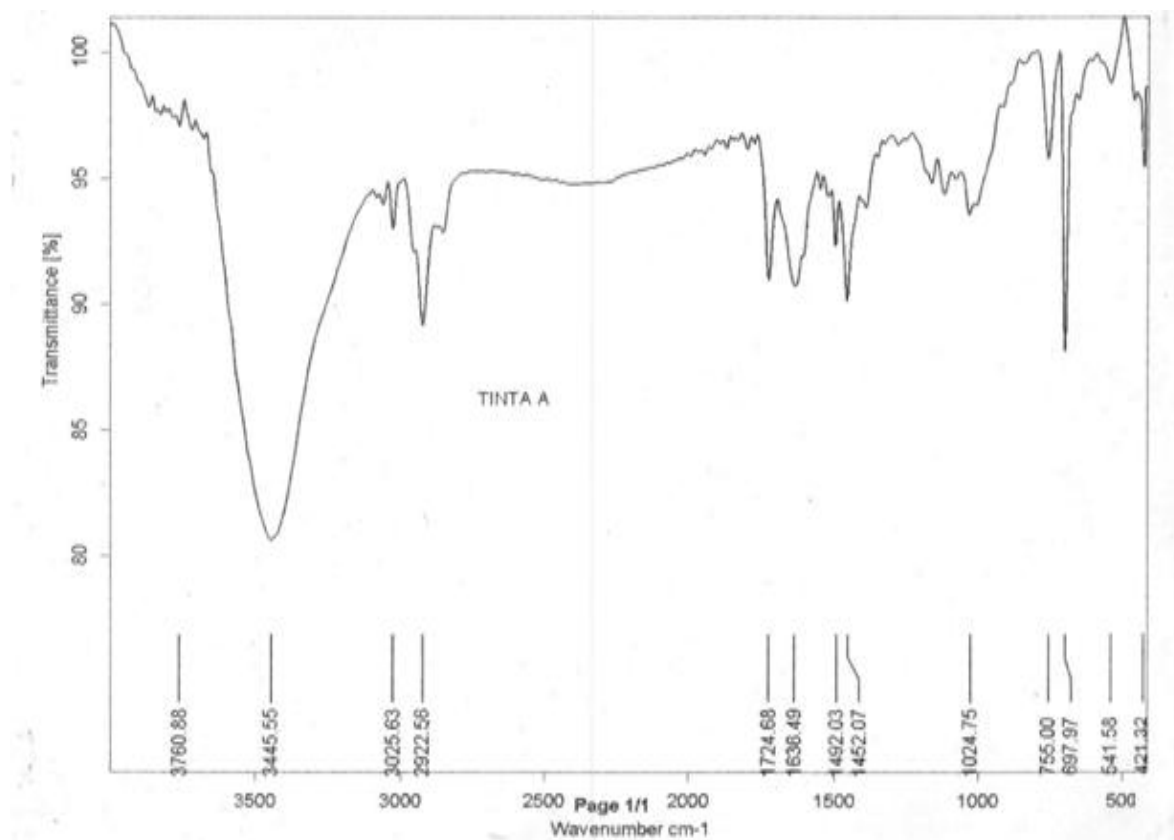
- a) Se ubica la muestra de tinta entre dos filtros de papel saturados de agua desionizada y se acomodan entre dos piezas de vidrio.
- b) Se coloca el conjunto envuelto en papel parafinado en una atmosfera saturada de vapor de agua, bajo un kilogramo de peso a una temperatura de 25°C, por 24 h.
- c) Se retira y se separa la muestra de los papeles de filtro y se seca a 40 °C antes de hacer la evaluación.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

#### 3.1 Acondicionamiento de materias primas

**3.1.1 Pruebas de infrarrojo al tóner:** De acuerdo al análisis IR para la muestra A, se obtuvo el espectro de la gráfica 1.

**Grafica 1. Espectro infrarrojo tóner (muestra A)**



**Tabla 3. Análisis de composición infrarroja muestra A.**

GRUPO	CLASE DE COMPUESTO	NÚMERO DE ONDA [cm <sup>-1</sup> ]	INTENSIDAD
O-H	ALCOHOL	3760,88	Fuerte
		3445,55	
C-H	ALQUENO	3025,53	Media
C-H	ALCANO	2922,56	Media
=C=O	CETONA	1724,68	Fuerte
N-H	AMINA	1636,49	Media
C-H	ALCANO	1492,03	Media
		1452,07	
C-X	FLUORURO	1024,75	Fuerte
C-H	ALQUENO	755,00	Media
		697,97	
C-X	BROMURO	541,58	Fuerte

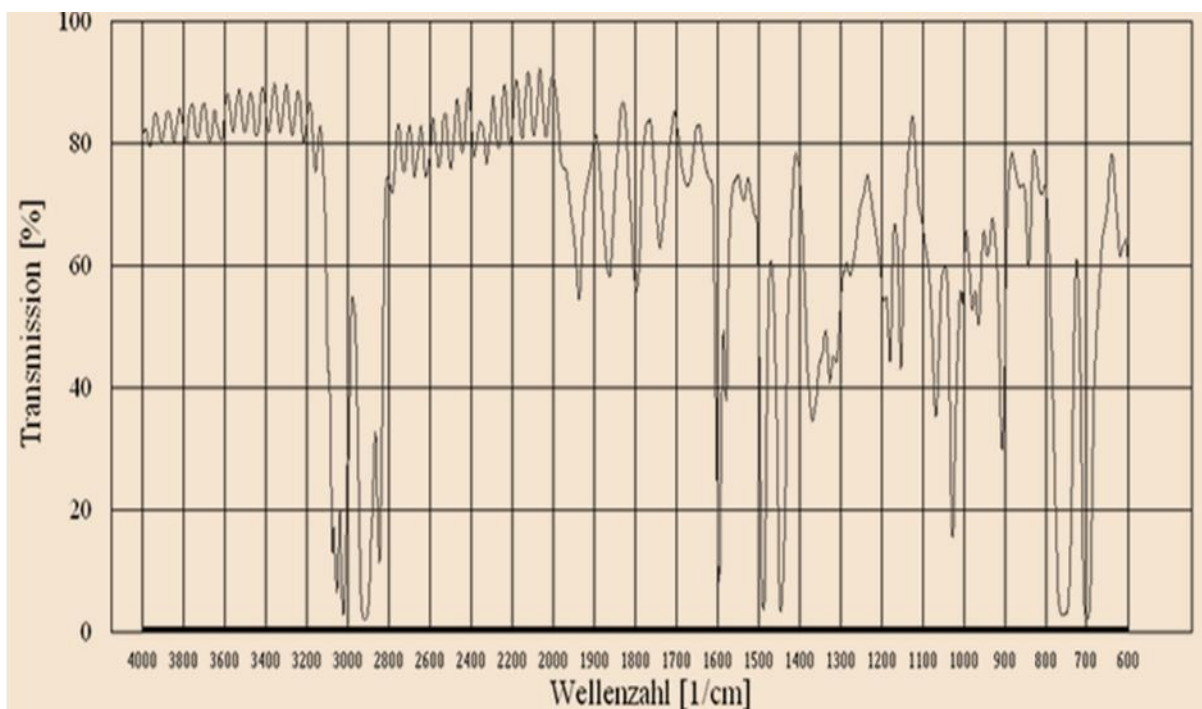
**Fuente. Douglas A. Skoog, Donald M. West Fundamentos de Química Analítica. Pagina 828.**

En el espectro infrarrojo de la muestra A, se observan las longitudes de onda aproximadas de algunas bandas de absorción en el infrarrojo, que corresponden a los grupos funcionales y vibraciones atómicas en los polímeros, como bandas características se destacan la banda de absorción a 3025.53 cm<sup>-1</sup> correspondiente a la vibración tensión a los enlaces C-H aromáticos. La banda de absorción a 2922.56 cm<sup>-1</sup> que se debe a la vibración tensión asimétrica C-H de los CH<sub>2</sub> de la cadena central del poliestireno. Así mismo, las vibraciones tensión y flexión de los enlaces C-H del anillo corresponden respectivamente a las bandas 1492.03 cm<sup>-1</sup> y

1452.07  $\text{cm}^{-1}$ . Finalmente, las bandas características de vibración flexión de los C-H del anillo aromático fuera del plano aparecen a 755.00 y 697.97  $\text{cm}^{-1}$ .

Se concluye que este espectro coincide con el espectro IR del tóner original; por tanto posee la misma estructura química del tóner post-consumo, como se muestra en la grafica 2.

**Grafica 2. Espectro infrarrojo tóner original.**



Igualmente se destaca la banda de absorción a 3025.53  $\text{cm}^{-1}$  correspondiente a la vibración tensión a los enlaces C-H aromáticos. La banda de absorción a 2922.56  $\text{cm}^{-1}$  que se debe a la vibración tensión asimétrica C-H de los  $\text{CH}_2$  de la cadena central del poliestireno, componente principal del tóner junto con el poli-butilacrilato, polímeros de gran importancia para la obtención de este polvo y para su respectiva elaboración.

Las cinco muestras restantes mostraron espectros similares y se observan en el **(Anexo B)**.

**3.1.2 Mezcla de tóner más aceite de linaza para la obtención del pigmento:** El análisis de esta etapa está relacionado con la cantidad de tóner agregado, ya que no se puede exceder de los 75 gr y además se debe tener un control de las revoluciones del ultraturrax para que la mezcla no sufra calentamiento porque se corre el riesgo que ocurra una polimerización, esto afectaría notablemente la viscosidad de la mezcla y se tendría una fase heterogénea, lo cual no sirve para la producción del pigmento.

**3.1.3 Elaboración de jabón de resina (resinato de aluminio):** En esta fase del proceso se elaboraron dos clases de jabones resinato de sodio y resinato de aluminio, se hicieron pruebas con los dos, se decidió usar resinato de aluminio porque este presenta características secantes, en el momento de filtrado se observó que su textura es suave y sin partículas, ya que esto influye en la calidad final de la tinta, además de tener un carácter lipófilo.



***Imagen 7. Resinato de aluminio pulverizado.***

Con respecto al resinato de sodio este presenta características menores de secado, su porcentaje de humedad es elevado, y por tanto el proceso de pulverización necesitaría un grado de control más elaborado, dado que su carácter es hidrófilo.

**3.14 Mezcla jabón de resina, caolín, estearina y aceite de linaza:** En la siguiente tabla se describen las sustancias utilizadas con su respectiva composición en porcentaje.

***Tabla 4. Descripción porcentual de la composición en la mezcla.***

<b>SUSTANCIA</b>	<b>COMPOSICIÓN EN LA MEZCLA [%]</b>
Jabón de resina	65,7
Estearina	11
Caolín	23,3



***Imagen 8. Producto final mezcla jabón de resina, Caolín, estearina y aceite de linaza.***

Para la obtención de esta mezcla se tuvo muy en cuenta el control de temperatura ya que si aumentaba a más de 80 °C sufría un cambio de estado de agregación y se pasaba del punto exacto al que se necesitaba la emulsión para poder adicionársela al pigmento junto con los otros aditivos.

## 3.2 Elaboración de tinta

**3.2.1 Proceso de mezclado:** De acuerdo a las sustancias usadas para la obtención final de la tinta, se halló una relación porcentual para muestras de 50 gr, como se observa en la siguiente tabla

**Tabla 5. Composición final de la tinta.**

MUESTRA DE 50 gr	
Sustancia	Composición [%]
Pigmento	87
Jabón de resina	5,25
Estearina	0,88
Caolín	1,87
Cocoamida amarilla	5

Para esta etapa se puede analizar que se necesita mucha mas cantidad de pigmento con respecto a las otras sustancias ya que como se sabe esta es la materia prima principal a reciclar y a utilizar para la elaboración de la nueva tinta en esta investigación

## 3.3 Caracterización producto final

**3.3.1 Determinación del tiempo de sentado:** En esta prueba se toma el tiempo de sentado a partir del instante en que se efectúa la impresión y, con los dedos limpios y secos, se toca la película de la tinta y se observa el tiempo transcurrido hasta que la tinta no unte (cada vez se toca un punto diferente de la tinta). Se desarrollo en intervalos de 5 min.

A continuación se muestra un esquema (figura 2) describiendo paso a paso la prueba realizada después de transcurridos 20 minutos.



*Imagen 9. Dispersion inicial.*



*Imagen 10. Resultado después de 5 min.*



*Imagen 11. Resultado después de 10 min.*



*Imagen 12. Resultado después de 15 min.*



*Imagen 13. Tiempo de sentado 20 min.*

**Figura 2. Registro prueba para tiempo de sentado**

<b>Tiempo de sentado final</b>	20 min
--------------------------------	--------

El tiempo de sentado de la tinta, cumple con la normatividad técnica colombiana (NTC 3435), donde para papeles no esmaltados el tiempo de sentado es mayor a 15 min.

**3.3.2 Determinación del tiempo de secado:** La prueba consiste en examinar que la superficie impresa este libre de pegajosidad, y la película de tinta se halla endurecido completamente. Se toma como tiempo de secado el transcurrido desde el momento de la impresión y después de 30 min se hace un roce con los dedos limpios y secos, cada vez se toma un punto diferente de la película, sobre la superficie y se continúa haciendo cada 15 min hasta que la tinta no unte.



*Imagen 14. Dispersión después de 30 min.*



*Imagen 15. Resultado después de 45 min.*



*Imagen 16. Resultado después de 60 min.*



*Imagen 17. Tiempo de secado 75 min.*

**Figura 3. Registro prueba para tiempo de secado.**

<b>Tiempo de secado final</b>	<b>75 min</b>
-------------------------------	---------------

El tiempo de secado de la tinta, cumple con la normatividad técnica colombiana (NTC 3435), donde para papeles no esmaltados el tiempo de secado es mayor a 60 min.

**3.3.3 Determinación de la tendencia al Emulsionamiento:** En esta etapa es calculada la cantidad de solución que fue absorbida, en porcentaje, donde el resultado se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{(A - B)}{A} * 100$$

Donde:

S= cantidad de solución absorbida en porcentaje [%]

A= cantidad de solución alcalina adicionada [cm<sup>3</sup>]

B= cantidad de solución alcalina que no fue absorbida [cm<sup>3</sup>]

<b>A [cm<sup>3</sup>]</b>	10
<b>B [cm<sup>3</sup>]</b>	6
<b>S [%]</b>	40

**Tabla 6. Resultados prueba emulsionamiento.**

El porcentaje de emulsionamiento de acuerdo a la normatividad colombiana (NTC 2646) establece que los criterios de emulsificación en porcentaje durante 10 min esta presente en un intervalo [40% - 90%] , por tanto se puede ver que nuestro producto final se encuentra dentro del rango de emulsión adecuado.

**3.3.4 Evaluación de la resistencia al agua:** En esta prueba se revisaron las piezas de ensayo y no se observó ningún deterioro en el color y su adhesividad esta de manera intacta como se muestra en la siguiente imagen.



**Imagen 18. Registro prueba resistencia al agua**

Se puede analizar que la tinta no se borra ni se retira del sustrato al agregarle agua, y cumple con la normatividad técnica colombiana (NTC 2650).

**3.3.5 Tinta Final:** En la siguiente imagen se ilustra la comparación de la tinta comercial elaborada a base de negro de humo como pigmento y la tinta tóner post-consumo a base de tóner y aceite de linaza. Se observa que la dispersión, tonalidad, adhesión y textura son similares cumpliendo de esta manera la obtención de un producto de excelente calidad para su respectivo proceso y utilización.



**Imagen 19. Producto final**

#### 4. CONCLUSIONES

Se logró obtener una tinta de imprenta que cumple la Normatividad Técnica Colombiana, en donde su principal materia prima es el tóner post-consumo, utilizándose éste en una proporción del 87 % sobre la totalidad de la mezcla, lo cual muestra un rendimiento efectivo en el proceso, ya que el insumo utilizado en mayor cantidad es un residuo contaminante.

La caracterización del producto final mostró propiedades óptimas en cuanto a textura, homogeneidad de la mezcla y tonalidad ya que comparando la tinta elaborada con la tinta comercial, se puede concluir que estas propiedades son muy similares y por tal motivo es un producto que se puede comercializar fácilmente y darle la utilización adecuada en este caso en sustratos como papel no esmaltado.

Existen ventajas económicas y ambientales frente a otras tintas porque no solo se disminuye la cantidad de residuo contaminante que se genera de tóner si no que también con la utilización de éste desecho se logra la obtención de un producto a muy bajo costo, ya que la materia prima principal es eliminada frecuentemente de las fotocopiadoras e impresoras láser sin tener un valor agregado, ayudando por supuesto a la contaminación del medio ambiente y afectando la salud de las personas que tienen manipulación con este polvo.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Valdés Cornejo Rodrigo; Alsthom Guzmán Jan; “*Equipos de Fotocopiados: Riesgo y manejo seguro para especialistas de servicios técnicos y operadores*”. Ciencia y trabajo, 2005, pg. 24.

[2] José Sugasaga. “Las tintas en las artes gráficas”. Imprenta online. Febrero 15 de 2012, Disponible:

[http://www.masqueideas.com/imprenta\\_tintas.php](http://www.masqueideas.com/imprenta_tintas.php)

[3] María José Berenguer Subils. “Colofonia. Riesgos asociados a su utilización”. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Febrero 23 de 2012, Disponible:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/752.pdf>

[4] Wilson Dunc. “Aceite de linaza doble hervido”. Home Owners. Febrero 24 de 2012, Disponible:

[http://www.homehardware.ca/en/rec/index.htm/Paint-D%C3%A9cor/Painting-Supplies/Stains-Preservatives/Preservative/Linseed/18-9L-Boiled-Double-Linseed-Oil/\\_N-ntInpZ1z141wj/Ne-ntc74/No-48/R-I1675985?Num=1](http://www.homehardware.ca/en/rec/index.htm/Paint-D%C3%A9cor/Painting-Supplies/Stains-Preservatives/Preservative/Linseed/18-9L-Boiled-Double-Linseed-Oil/_N-ntInpZ1z141wj/Ne-ntc74/No-48/R-I1675985?Num=1)

[5] Marcos Rosales. “Disolventes”. Proyecto Fitema – Antena de transferencia de tecnología. Febrero 24 de 2012, Disponible:

<http://www.istas.net/risctox/gestion/estructuras/3085.pdf>

[6] Luis Ángel García Castresana. “De la tinta china al tóner. Evolución de una tinta ancestral: la fabricación del negro de humo”. Analistas de la Real Sociedad Española de Química. Febrero 24 de 2012, Disponible:

[http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CFIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fservlet%2Farchivo\\_articulo%3Fcodigo%3D1051081%26orden%3D0&](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CFIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fservlet%2Farchivo_articulo%3Fcodigo%3D1051081%26orden%3D0&)

[7] Martín Suarez. “Definición de estearina”. Apa! noticias. Febrero 24 de 2012, Disponible:

<http://apa.com.ar/blog/noticias/2010/01/04/velas-de-estearina/>

[8] Eliana García Romero. “Las arcillas: propiedades y usos”. Universidad de Salamanca. Febrero 25 de 2012, Disponible:

<http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/arcillas.htm>

[9] Manuel Reyes Veramendi. “Cocoamida”. Distribución nacional e internacional, Grupo Pochteca. Marzo 6 de 2012, Disponible:

[http://www.pochteca.com.mx/gp\\_productos\\_presentaciones.cfm?divisionid=3&productoid=381&producto=COCOAMIDA&lengua=1](http://www.pochteca.com.mx/gp_productos_presentaciones.cfm?divisionid=3&productoid=381&producto=COCOAMIDA&lengua=1)

[10] ICONTEC, “Imprenta y editoriales. Determinación del tiempo de sentado y secado para tintas que secan por oxidación (tintas base aceite)”, Bogotá Colombia, 2004.

[11] ICONTEC, “Imprenta y editoriales. Tintas. Determinación de la tendencia al emulsionamiento”, Bogotá Colombia, 2004.

[12] ICONTEC, “Imprenta y editoriales. Impresiones y tintas para impresión. Evaluación de la resistencia al agua”, Bogotá Colombia, 2004.

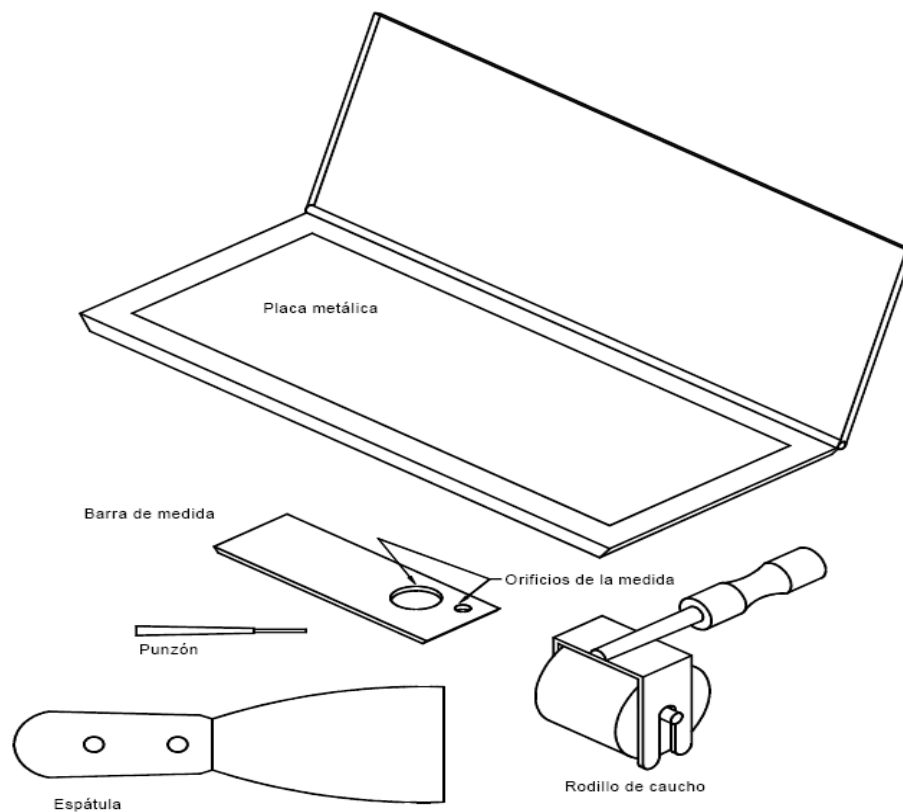
[13] Skoog; Holler; Nieman. *Principios de Análisis Instrumental*. Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana de España S.A.U., España, 1971, pgs 409 - 432.

[14] G.D. Hiscox; A.Hopkins. *Recetario Industrial*. Editorial Gustavo Gil, SL, España, 1994, pgs 1182 – 1921.

[15] Antonio Formoso Permuy. *2000 Procedimientos Industriales al alcance de todos*. Editorial Labor S. A., España, 1991, pg 845.

## ANEXOS

### ANEXO A: Figura y características de Sacapuebas (quickpeek).

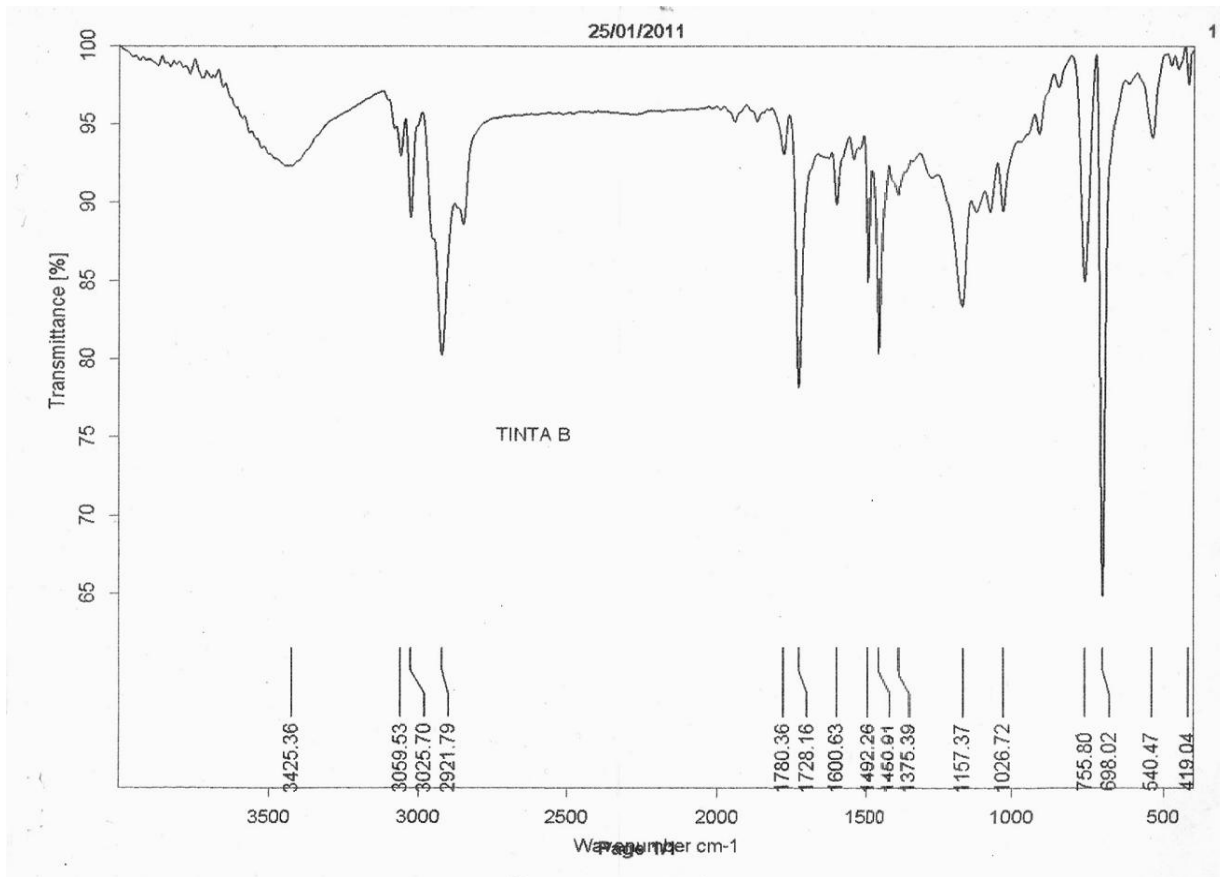


**Imagen 20. Sacapuebas (quick peek).**

Sus dimensiones aproximadas son:

- Ancho 5,1 cm
- Largo 10,7 cm
- Diámetro 3,4 cm
- Espesor del caucho 2,0 mm.

**ANEXO B: Espectros infrarrojos y composiciones de las muestras.**

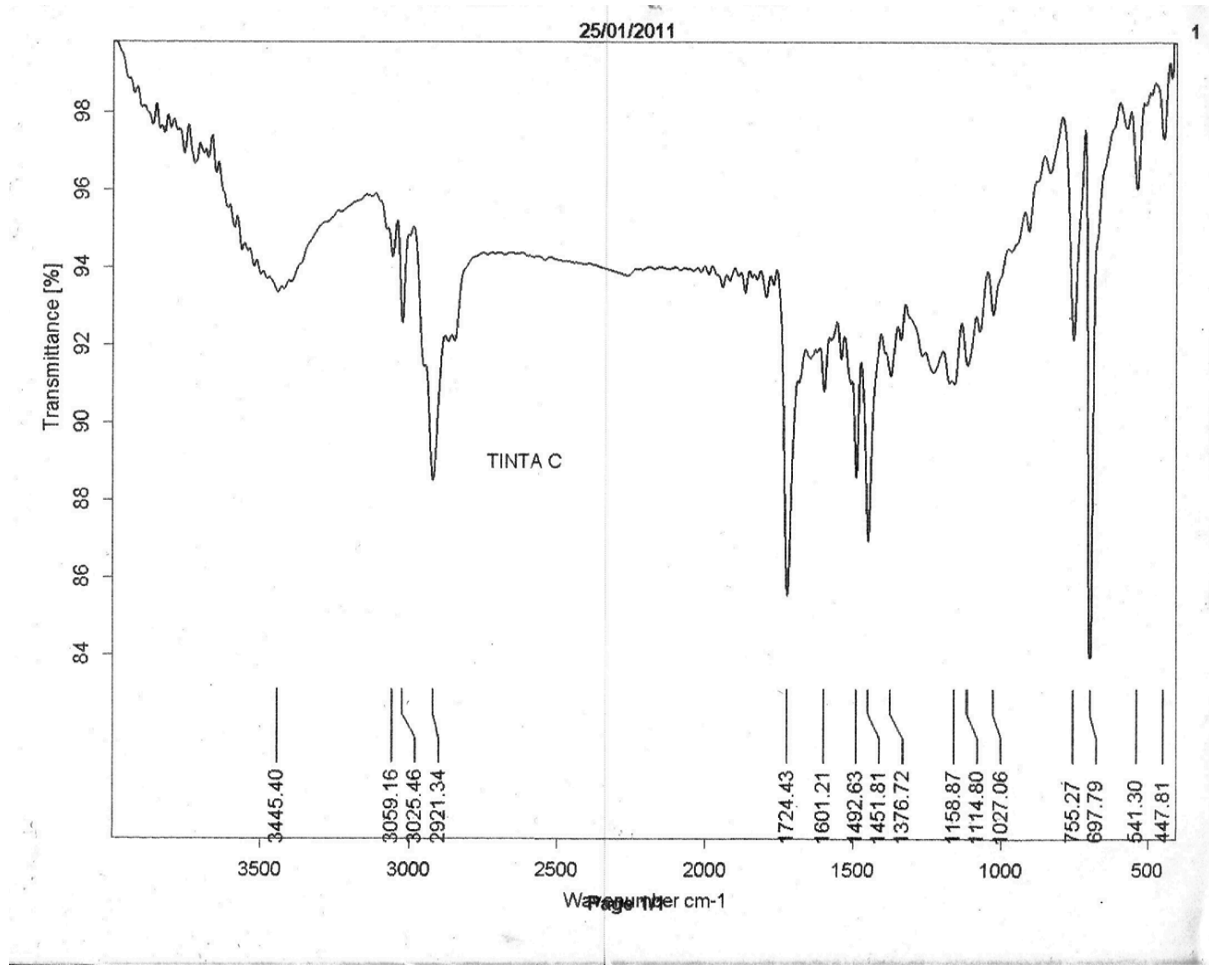


**Grafica 3. Espectro infrarrojo tóner (muestra B)**

**Tabla 7. Análisis de composición infrarroja muestra B.**

<b>GRUPO</b>	<b>CLASE DE COMPUESTO</b>	<b>NÚMERO DE ONDA [cm<sup>-1</sup>]</b>	<b>INTENSIDAD</b>
<b>O-H</b>	ALCOHOL	3425,36	Fuerte
<b>C-H</b>	ALQUENO	3059,53 3025,70	Media
<b>C-H</b>	ALCANO	2921,79	Media
<b>=C=O</b>	CETONA	1780,36	Fuerte
<b>=C=O</b>	ALDEHIDO	1728,16	Fuerte
<b>N-H</b>	AMINA	1600,63	Media
<b>C-H</b>	ALCANO	1492,26 1450,91 1375,39	Baja
<b>C-O</b>	ÉTER	1157,37	Fuerte
<b>C-F</b>	FLORURO	1026,72	Fuerte
<b>C-H</b>	ALQUENO	755,80 698,02	Media
<b>C-X</b>	BROMURO	540,47	Fuerte

**Fuente. Douglas A. Skoog, Donald M. West Fundamentos de Química Analítica. Página 828.**

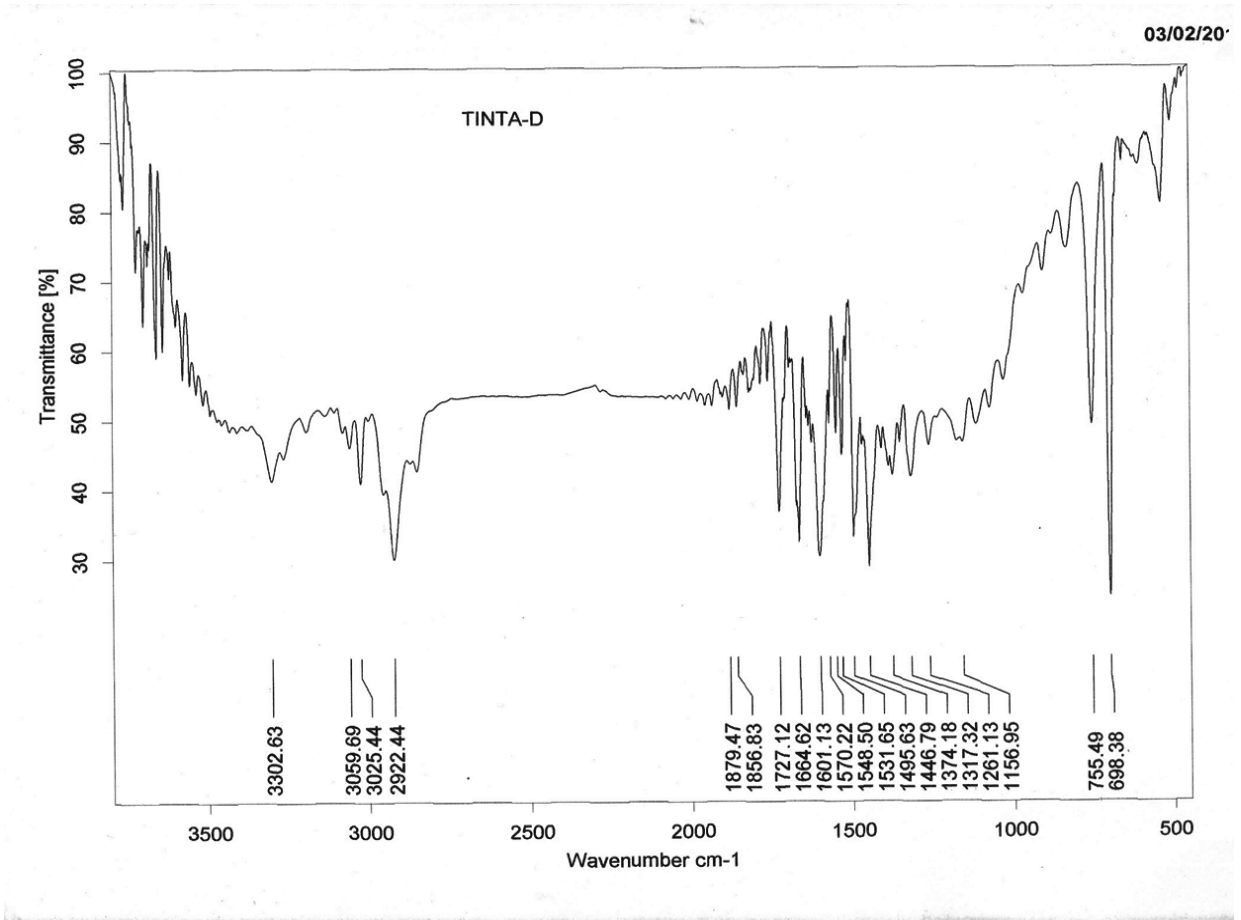


**Grafica 4. Espectro infrarrojo tóner (muestra C)**

**Tabla 8. Análisis de composición infrarroja muestra C.**

<b>GRUPO</b>	<b>CLASE DE COMPUESTO</b>	<b>NÚMERO DE ONDA [CM<sup>-1</sup>]</b>	<b>INTENSIDAD</b>
<b>O-H</b>	ALCOHOL	3445,40	Fuerte
<b>C-H</b>	ALQUENO	3059,16 3025,46	Media
<b>C-H</b>	ALCANO	2921,34	Media
<b>=C=O</b>	CENTONA	1724,43	Fuerte
<b>N-H</b>	AMINA	1601,21	Media
<b>C-H</b>	ALCANO	1492,63 1451,81 1376,72	Media  Baja
<b>C-O</b>	ÉTER	1158,87	Fuerte
<b>C-F</b>	FLORURO	1114,80 1027,06	Fuerte
<b>C-H</b>	ALQUENO	755,27 697,79	Media
<b>C-X</b>	BROMURO	541,30	Fuerte

**Fuente. Douglas A. Skoog, Donald M. West Fundamentos de Química Analítica. Página 828.**

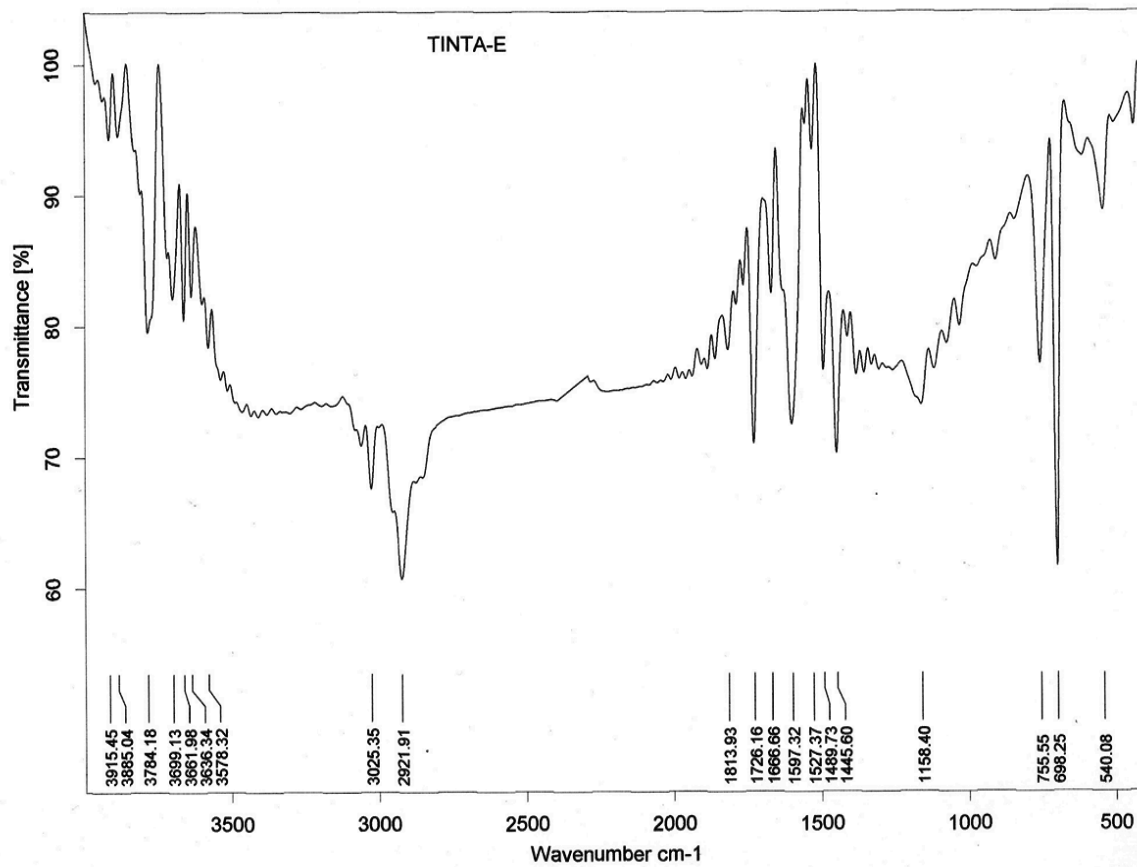


**Grafica 5. Espectro infrarrojo tóner (muestra D)**

**Tabla 9. Análisis de composición infrarroja muestra D.**

GRUPO	CLASE DE COMPUESTO	NÚMERO DE ONDA [cm <sup>-1</sup> ]	INTENSIDAD
C-H	ALQUENO	3022,63	Media
		3059,69	
		3025,44	
C-H	ALCANO	2922,44	Media
=C=O	CETONA	1879,47	Fuerte
		1856,83	
=C=O	ALDEHIDO	1727,12	Fuerte
C-H	ALQUENO	1664,62	Débil
N-H	AMIDA	1601,13	Fuerte
		1570,22	Media
NO <sub>2</sub>	NITRO	1548,50	Baja
N-H	AMIDA	1531,65	Baja
C-H	ALCANO	1495,63	Media
		1446,79	Fuerte
C-X	FLORURO	1374,18	Fuerte
		1317,32	
		1261,13	
C-H	ALQUENO	755,49	Media
		698,38	

**Fuente. Douglas A. Skoog, Donald M. West Fundamentos de Química Analítica. Página 828.**

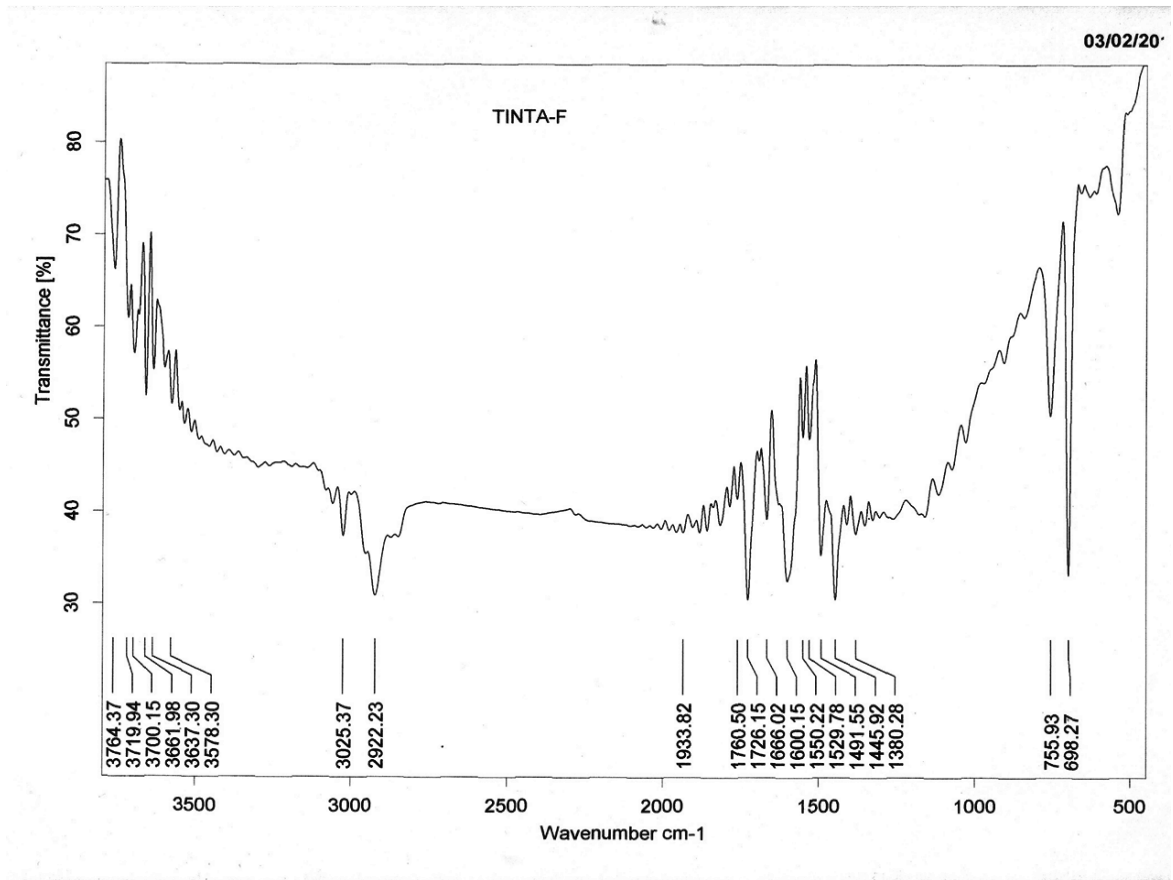


**Grafica 6. Espectro infrarrojo tóner (muestra E)**

**Tabla 10. Análisis de composición infrarroja muestra E.**

GRUPO	CLASE DE COMPUESTO	NÚMERO DE ONDA [CM <sup>-1</sup> ]	INTENSIDAD
O-H	ALCOHOL	3915,45 3885,04 3784,18 3699,13 3661,98 3636,34 3578,32	Fuerte
O-H	ACIDO CARBOXILICO (ALCOHOL)	3025,35	Fuerte
C-H	ALCANO	2921,91	Media
=C=O	CETONA	1813,93	Fuerte
=C=O	ALQUENO	1666,66	Débil
N-H	AMIDA	1597,32 1527,37	Fuerte
C-H	ALCANO	1489,73 1445,60	Media
C-O	ÉTER	1158,40	Fuerte
C-H	ALQUENO	755,55	Media
C-Br	BROMURO	540,08	Fuerte

**Fuente. Douglas A. Skoog, Donald M. West Fundamentos de Química Analítica. Página 828.**



**Grafica 7. Espectro infrarrojo tóner (muestra F)**

**Tabla 11. Análisis de composición infrarroja muestra F.**

GRUPO	CLASE DE COMPUESTO	NÚMERO DE ONDA [CM <sup>-1</sup> ]	INTENSIDAD
O-H	ALCOHOL	3764,37 3719,94 3700,15 3661,98 3637,30 3578,30	Fuerte
O-H	ÁCIDO CARBÓXILICO (ALCOHOL)	3025,37	Fuerte
C-H	ALCANO	2922,23	Media
=C=O	CETONA	1933,82	Fuerte
=C=O	ÉSTER	1760,50 1726,15	Media
C-H	ALQUENO	1666,02	Débil
N-H	AMIDA	1600,15 1550,22 1529,78	Fuerte
C-H	ALCANO	1491,55 1445,92 1380,28	Baja
C-H	ALQUENO	755,93 698,27	Media

Fuente. Douglas A. Skoog, Donald M. West Fundamentos de Química Analítica. Página 828.