

OBTENCIÓN DEL EXTRACTO COLOREADO REMANENTE DE LOS  
MARCADORES BORRABLES UTILIZADOS EN LA ESCUELA DE QUÍMICA DE  
LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

JUAN PABLO MARTÍNEZ COLORADO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
ESCUELA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA  
PEREIRA  
2016

OBTENCIÓN DEL EXTRACTO COLOREADO REMANENTE DE LOS  
MARCADORES BORRABLES UTILIZADOS EN LA ESCUELA DE QUÍMICA DE  
LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

JUAN PABLO MARTÍNEZ COLORADO

Trabajo de grado para optar el título de tecnólogo químico

DIRECTOR

VLADIMIR ARIAS RAMÍREZ

QUÍMICO INDUSTRIAL Y MAGISTER EN QUIMICA

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍAS

ESCUELA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

PEREIRA

2016

**NOTA DE ACEPTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO**

**OBTENCIÓN DEL EXTRACTO COLOREADO REMANENTE DE LOS  
MARCADORES BORRABLES UTILIZADOS EN LA ESCUELA DE QUÍMICA DE  
LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**Presentado por:**

**JUAN PABLO MARTÍNEZ COLORADO**

Los suscritos director y jurado del presente trabajo de grado, una vez realizada la versión escrita y presenciado la sustentación oral, decidimos otorgar la nota de:

\_\_\_\_\_

Con la connotación:

\_\_\_\_\_

Para constancia firmamos en la ciudad de Pereira hoy:

\_\_\_\_\_

Director:

\_\_\_\_\_

**VLADIMIR ARIAS RAMIREZ**

Jurado:

Firma: \_\_\_\_\_

Jurado:

Firma: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director Vladimir Arias Ramírez por confiarme este trabajo de investigación, guiarme y ser un apoyo en el desarrollo de este estudio.

A los docentes Tomás Rodrigo Medina Salazar y Víctor Manuel Pineda Orozco que me brindaron su ayuda en la planeación de un plan de extracción y análisis de resultados.

Y a todos aquellos que me apoyaron durante el tiempo de la investigación y desarrollo del trabajo.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar la primera etapa de formación profesional a Dios y los integrantes de mi familia, ellos han sido un gran apoyo indispensable en mi crecimiento personal y profesional. A mi madre, mi hermano y mi novia por estar ahí siempre para mí desde el inicio de esta etapa. Y mi padre que siempre está pendiente de nosotros, ya que de él he aprendido mucho.

Juan Pablo Martínez Colorado.

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE ANEXOS .....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
1. OBJETIVOS .....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. MARCADOR.....	17
2.1.1. TIPOS DE MARCADORES.....	17
2.1.2. COMPONENTES DE LOS MARCADORES .....	18
2.2. TRANSFERENCIA DE MATERIA.....	20
2.2.1. DESTILACIÓN .....	20
2.2.2. ABSORCIÓN.....	20
2.2.3. EXTRACCIÓN.....	20
2.3. ANÁLISIS FÍSICO DE LOS EXTRACTOS.....	23
2.3.1. TURBIDEZ .....	23
2.4. ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS EXTRACTOS .....	25
2.4.1. SÓLIDOS TOTALES.....	25
2.5. ESPECTROSCOPIA.....	25
2.5.1. ESPECTROSCOPIA ULTRAVIOLETA-VISIBLE .....	26
2.5.2. ESPECTOSCOPIA DE INFRARROJO .....	32

2.6. Análisis cromatográfico.....	39
2.6.1. Cromatografía de Capa Fina.....	39
2.6.2. Separación de los componentes .....	40
3. MARCO DE ANTECEDENTES .....	41
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	43
5. JUSTIFICACIÓN .....	44
6. PARTE EXPERIMENTAL.....	45
6.1. MATERIALES (REACTIVOS).....	45
6.2. INSTRUMENTACIÓN.....	45
6.3. EXPERIMENTACIÓN.....	46
7. RESULTADOS .....	49
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	64
CONCLUSIONES .....	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS .....	72
ANEXOS.....	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 -Transiciones electrónicas UV-Vis [21] .....	28
Tabla 2 -Porcentaje de extracción .....	49
Tabla 3 -Resultados de los extractos de la tinta remanente .....	50
Tabla 4 - Rf de las extracciones y el blanco .....	59
Tabla 5 - Resultados de las pruebas de la tinta obtenida con acetona.....	61
Tabla 6 - Sólidos totales de los extractos obtenidos con mezcla.....	62
Tabla 7 - Pruebas de extractos obtenidos con mezcla de acetona - etanol.....	62
Tabla 8 - Resultados de las pruebas de la tinta obtenida con la mezcla de etanol- acetona .....	63



## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1-Turbidimetro 965-10 Orbeco Hellige Digital Direct Reading .....	24
Fig. 2- Radiación interactuando con la materia.....	25
Fig. 3 - Transiciones electrónicas en el ultravioleta-visible .....	27
Fig. 4 - fenómeno que ocurre en el espectrofotómetro UV-Vis .....	29
Fig. 5 - Espectrofotómetro empleado para obtener los barridos ultravioleta-visibles de los extractos obtenidos .....	32
Fig. 6 - Movimientos de vibraciones en el espectro de infrarrojo [21] .....	36
Fig. 7 - interferometro de Michelson .....	37
Fig. 8- Espectrómetro FTIR Agilent Cary 630 .....	39
Fig. 9 - Montaje típico para cromatografía en capa fina TLC .....	40
Fig. 10 - Extractos obtenidos de la extracción de la tinta remanente.....	49
Fig. 11 - Espectro UV-Vis del marcador patrón EXPO.....	50
Fig. 12 - Espectro UV-Vis de la extracción con agua.....	51
Fig. 13 - Espectro UV-Vis de la extracción con etanol 95%.....	51
Fig. 14 - Espectro UV-Vis de la extracción con ácido clorhídrico 10%.....	51
Fig. 15 - Espectro UV-Vis de la extracción con hidróxido de sodio 5%.....	52
Fig. 16 - Espectro UV-Vis de la extracción con metanol .....	52
Fig. 17 - Espectro UV-Vis de la extracción con acetona .....	52
Fig. 18 - Espectro UV-Vis de la extracción con diclorometano .....	53
Fig. 19 - Espectro UV-Vis de la extracción con acetato de butilo.....	53
Fig. 20 - Espectro UV-Vis de la extracción con tetracloruro de carbono .....	53

Fig. 21 - Espectro IR del marcador patrón EXPO .....	54
Fig. 22 - Espectro IR del extracto obtenido con agua .....	54
Fig. 23 - Espectro IR del extracto obtenido con ácido clorhídrico 10% .....	55
Fig. 24 - Espectro IR del extracto obtenido con hidróxido de sodio 5% .....	55
Fig. 25 - Espectro IR del extracto obtenido con etanol 95% .....	55
Fig. 26 - Espectro IR del extracto obtenido con acetona .....	56
Fig. 27 - Espectro IR del extracto obtenido con acetato de butilo .....	56
Fig. 28 - Espectro IR del extracto obtenido con tetracloruro de carbono .....	56
Fig. 29 - Espectro IR del extracto obtenido con metanol .....	57
Fig. 30 - Espectro IR del extracto obtenido con diclorometano .....	57
Fig. 31 - Sistema Piridina-Acetato de butilo- Agua (40:40:20) .....	57
Fig. 32 - Sistema – n-propanol-Hidróxido de amonio (60:30) .....	58
Fig. 33 - Sistema – n-butanol-etanol-agua (90:10:10).....	58
Fig. 34 . Sistema – Cloroformo-Acetona (90:10).....	58
Fig. 35 - Sistema – Cloroformo-Metanol (95:5) .....	59
Fig. 36 - tinta secado de marcador EXPO .....	59
Fig. 37 - Extracto seco obtenido con acetona .....	60
Fig. 38 – Extracto seco obtenido con etanol .....	60
Fig. 39 - Comparación de extractos secos empleando solvente respectivo .....	61

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Tabla de disolventes más usados en orden de polaridad .....	77
Anexo 2 - NTC 2223 .....	78
Anexo 3 - NTC 2857 .....	86
Anexo 4 - Información suministrada por Newell Rubbermaid .....	94

## RESUMEN

En la presente investigación se emplearon marcadores borrables de marca EXPO para la obtención de la tinta remanente que se encuentra en el interior de los mismos, teniendo en cuenta que estos habían culminado su vida útil, es decir, no escribían. Este proceso se realizó con nueve solventes diferentes y posterior estudio de los extractos.

El polímero que se encuentra en el interior del marcador, el cual contiene la tinta remanente se sometió a un proceso de extracción sólido-líquido durante 3 horas y posterior secado para la determinación del porcentaje de remoción. Luego a los extractos se les midió turbidez, sólidos totales, espectro ultravioleta-visible e infrarrojo, cromatografía de capa fina, además estos fueron comparados con una tinta de marcador estándar.

Teniendo presente el mayor porcentaje de remoción de extracto y su estabilidad, se obtiene la tinta remanente, que después es empleada en pruebas para definir su reutilización teniendo presentes las normas técnicas colombianas NTC 2223 y NTC 2857.

## **ABSTRACT**

In the present investigation, the erasable markers of EXPO brand was used to obtain the residual ink, it is located within the same, Considering that it had completed its useful life, that is, not writing. This process realized with nine solvents different and later study of the extracts.

The polymer was inside the marker which contains the remaining ink, it was subjected to an extraction process by lixiviation method during three hours and subsequent drying for determining the percentage of removal. Then the extracts were measured turbidity, total solids, ultraviolet-visible and infrared spectrum, thin layer chromatography, also there were compared with standard marker's ink.

Bearing in mind the highest percentage of removal of extract and stability, the remaining ink is obtained, which is then used in tests to define reuse taking into account the technical standards Colombian NTC 2223 and NTC 2857.

## INTRODUCCIÓN

Los marcadores son herramientas utilizadas para la comunicación, éstas están elaboradas a partir de tintas que tienen componentes nocivos para el ser humano, que provocan enfermedades dermatológicas y respiratorias debido al contacto directo con ellas y el resto de sus componentes. Según un estudio adelantado en el 2003 por La Academia Americana de Pediatría aún las tintas denominadas “no tóxicas” emiten compuestos orgánicos volátiles (COVs) como metil isobutil cetona; además contienen colorantes de composiciones petroquímicas y solventes empleados en la fabricación de marcadores, que contribuyen a provocar reacciones alérgicas y problemas respiratorios en el organismo del ser humano [1].

La composición de la tinta borrable comprende una dispersión de partículas de colorantes encapsulados en polímeros insolubles en agua que se obtiene mediante polimerización en emulsión de por lo menos un monómero polimerizable en presencia de colorantes [2]. El polímero que se encuentra encapsulado es un co-polímero de estireno-butadieno [3].

La eliminación de los residuos producidos por la acumulación de los marcadores que ya no escriben, ha generado un impacto ambiental puesto que si no son eliminados, la salud de las personas se puede ver alterada por tales herramientas y al arrojar los desechos en lugares como fuentes hídricas, bosques u otros sitios que no estén adecuados para la acumulación de los marcadores se van a alterar.

La contaminación del agua es la alteración o daño del estado original de pureza del líquido mediante la incorporación de materias extrañas de modo directo o indirecto. Algunos de los principales contaminantes del agua son agentes patógenos e infecciosos (virus, parásitos); nutrientes vegetales que estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas y productos químicos (pesticidas, productos industriales, derivados de descomposición de productos orgánicos entre otros) [5].

La contaminación que se provoca en el agua por desechar marcadores en estos lugares es causada principalmente por la toxicidad de los colorantes, ya que incrementa el impacto, producto de que las tintas dificultan la penetración de la luz; alterando el equilibrio ecológico natural del agua [4]; lo que trae como consecuencia naturales causados por lluvias, por consiguiente la vegetación y los seres vivos son afectados por el desequilibrio producido por los residuos de los colorantes [6].

La acumulación excesiva de marcadores es perjudicial a largo plazo, debido a que estos residuos pueden emitir compuestos nocivos para la salud. Por esta razón es importante tener información de la extracción, tratamiento y eliminación de los marcadores borrables.

## 1. OBJETIVOS

- Obtener el extracto remanente de los marcadores borrables empleando diversos solventes o mezclas de estos.
- Comparar algunas propiedades de los extractos obtenidos con tintas de marcadores comerciales.
- Obtener un extracto de características similares al contenido inicial como posible recarga de marcadores.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. MARCADOR

Instrumento de escritura o de dibujo desechable, de tinta indeleble suministrada por un co-polímero a través de una punta de felpa, plástico extruido o de otro material que produce trazos de variable intensidad dependiendo del tipo de punta [1]. El co-polímero también es conocido como fibra, fibrón, plumón o rotulador dependiendo del lugar en donde se encuentre. Esta herramienta de escritura contiene en la parte inferior una punta suave y porosa por donde la tinta se expone desde la parte interna del dispositivo hacia la superficie, con la cual va a interactuar permitiendo la escritura [7].

#### 2.1.1. TIPOS DE MARCADORES

Existen una gran variedad de marcadores entre las que se encuentran los resaltadores que son elaborados con tintas fluorescentes mientras que los marcadores permanentes y borrables se diferencian en la composición de la tinta. Estos últimos están compuestos por un colorante polimérico insoluble en agua obtenido mediante la polimerización de dos monómeros polifuncionales co-reactivos, donde por lo menos uno de los monómeros posee una porción de colorante unido covalentemente al mismo, y un portador líquido evaporable en el cual el colorante polimérico esta disuelto [8].

##### 2.1.1.1. TIPO 1

Marcador con una punta de fieltro o plástico poroso, punta biselada de tinta insoluble en agua [7].

##### 2.1.1.2. TIPO 2

Marcador con puna de fieltro duro, punta cónica de tinta insoluble en agua [7].

## 2.1.2. COMPONENTES DE LOS MARCADORES

### 2.1.2.1. *CO-POLÍMERO DE ESTIRENO-BUTADIENO*

El co-polímero en bloque de estireno butadieno (SBC) es una resina termoplástica, transparente y resistente al impacto. Se utiliza como sistema transportador de la tinta del marcador, funcionando por acción capilar [9].

### 2.1.2.2. *TINTA*

Es toda sustancia pigmentada, líquida o viscosa, que se utiliza en la escritura, la imprenta, el dibujo etc, la composición y consistencia contienen dos componentes básicos: un pigmento o tinte llamado colorante, y un aglutinante, el líquido en el que se dispersa el pigmento. Los pigmentos aportan el color y se preparan con productos químicos muy variados entre los que se encuentran metales pesados y compuestos orgánicos [1].

#### 2.1.2.2.1. *CARACTERÍSTICAS DE LA TINTA*

Según la norma técnica colombiana NTC 2223, la tinta debe ser un líquido uniforme, libre de sedimento, materiales en suspensión o elementos extraños; es decir, tener completa homogeneidad. Además debe fluir libremente sin interrupciones permitiendo una escritura suave y secar rápidamente.

La tinta permanente debe presentar un nivel despreciable de pérdida de color al ser expuesta a la luz del día, rayos ultravioleta o sumergida en agua y alcohol.

#### 2.1.2.2.2. *COLORANTE*

Una sustancia se considera colorante cuando posee color (o desarrollarlo a través de una reacción química) debe poder transmitirlo al medio al cual se aplica.

##### 2.1.2.2.2.1. *COLORANTES DIRECTOS*

Son colorantes que contienen grupos polares ( $\text{NH}_3^+$ ,  $\text{SO}_3^-$ , etc), son aplicables directamente en solución y se adhieren a las fibras por interacciones electrostáticas o por la formación de sales.

#### 2.1.2.2.2.1.1. COLORANTES ÁCIDOS

Son colorantes aniónicos solubles en agua que contienen grupos como:  $\text{SO}_3\text{H}$ ,  $\text{CO}_2\text{H}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{OH}$  (fenólicos) y por lo tanto pueden teñir fibras con grupos básicos como la seda, la lana y la poliamida, fijándose por formación de sales.

#### 2.1.2.2.2.1.2. COLORANTES BÁSICOS

Son colorantes catiónicos solubles en agua tienen grupos básicos como:  $\text{NHMe}_2^+$ ,  $\text{NH}_2\text{Me}^+$ ,  $\text{NMe}_2$ ,  $\text{NH}_2$ , tienen afinidad por las fibras con grupos ácidos como lana, seda, poliacrilonitrilo.

#### 2.1.2.2.2.2. COLORANTES DISPERSOS

Son sustancias poco solubles en agua pero solubles en solventes orgánicos y/o en fibras sintéticas no polares.

#### 2.1.2.3. *AGLUTINANTE*

Aglutinante es una sustancia viscosa que tiene como función específica aglutinar o adherir las partículas del pigmento sobre la superficie donde se aplica [10].

Su principal función es proporcionar cohesión a las partículas inconexas del pigmento y, al mismo tiempo, hacer que la fina capa formada se adhiera a la superficie del soporte. Para ello, el aglutinante tiene que poseer propiedades adhesivas y cohesivas en una relación de equilibrio tal que permita la formación de una película fina pero coherente que se adhiera bien al sustrato. Estas propiedades se conocen como propiedades filmógenas.

En la interacción de la tinta y el aglutinante; este último tiene que evitar, en lo posible, todo tipo de alteración de las propiedades ópticas-cromáticas del pigmento. Sin embargo, aunque sea transparente, el vehículo utilizado como aglutinante es un medio que interfiere en cierta medida con la radiación electromagnética (luz), por tal motivo estas propiedades no debe causar un efecto cromático y estético definitivo de la capa pictórica [11].

## 2.2. TRANSFERENCIA DE MATERIA

La transferencia de masa es un resultado de la diferencia o gradiente de concentraciones en donde una sustancia que difunde abandona una fase en que se encuentra muy concentrada a otra donde su concentración es menor [12]. Los fenómenos de transferencia de masa se refieren al movimiento de las moléculas o de corrientes de fluido causadas por una fuerza impulsadora. La mayoría de las operaciones de este tipo implica el contacto directo de dos fases, a continuación se mencionaran algunos de los procesos que implican dicha transferencia:

### 2.2.1. DESTILACIÓN

Corresponde a la separación de una mezcla líquida basada en la diferencia de volatilidad o puntos de ebullición. Esta depende de parámetros como el equilibrio líquido-vapor, temperatura, presión, composición, energía (todas relacionadas con las presiones de vapor de las sustancias). La operación puede simple, fraccionada, por vapor, al vacío, destructiva [13].

### 2.2.2. ABSORCIÓN

La absorción es una operación de separación que consiste en la transferencia de uno o más componentes minoritarios de una corriente gaseosa a una corriente líquida, llamada disolvente; es decir, la separación de los componentes que conforman una mezcla gaseosa, ayudándose de un solvente en estado líquido formando una solución. El objetivo de esta operación es purificar una corriente gaseosa para su procesamiento posterior o emisión a la atmósfera, o recuperar un componente valioso presente en la corriente [13].

### 2.2.3. EXTRACCIÓN

La extracción es la técnica más empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente [14].

## TIPOS DE EXTRACCIÓN

### 2.2.3.1. *EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO*

En una situación ideal, la extracción separaría una sustancia de una mezcla después de la equilibración de las fases. Sin embargo, en la práctica esto sólo se logra en contadas ocasiones ya que, por una parte, no siempre se consigue la transferencia total (o nula) desde un disolvente a otro. Por otro lado, es frecuente que al intentar separar una mezcla de sustancias, las diferencias en su tendencia a la transferencia sean pequeñas [15]. Existen tres tipos de extracciones líquido-líquido:

#### 2.2.3.1.1. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO SIMPLE

Es un método muy útil para separar componentes de una mezcla. El éxito de este método depende de la diferencia de solubilidad del compuesto a extraer en dos disolventes diferentes. Consiste en obtener un único punto de equilibrio entre ambas fases.

Si la constante de equilibrio es suficientemente grande y la velocidad de establecimiento del equilibrio es suficientemente grande, se puede conseguir en una sola etapa la transferencia cuantitativa de una fase a otra. Con estos sistemas se favorece la extracción líquido-líquido simple, en la cual una de las fases se agita con varias porciones frescas sucesivas de una segunda fase hasta el equilibrio [16].

#### 2.2.3.1.2. EXTRACCIÓN LÍQUIDO-LÍQUIDO CONTINUA

Cuando la constante de reparto del compuesto a extraer en los disolventes no es favorable, y la solubilidad no es elevada se emplea este tipo de extracción. El proceso se realiza en un sistema cerrado en el que el disolvente de extracción se calienta y sus vapores se condensan en un refrigerador colocado en la cámara de extracción, ésta contiene la sustancia o mezcla a la cual se le va a realizar la extracción [15]. El disolvente condensado caliente pasa a través de la disolución que se va a extraer, llegando con un porcentaje del extracto al recipiente inicial. Luego se vuelve a evaporar el disolvente para repetir nuevamente el ciclo de extracción.

### 2.2.3.2. EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

Se refiere a la extracción de uno o varios componentes solubles de un sólido mediante el contacto de éste con un solvente líquido selectivo; esta operación también recibe el nombre de lixiviación [17]. El método utilizado para la extracción estará determinado por la proporción de componente soluble presente, su distribución en el sólido, la naturaleza de dicho sólido y el tamaño de partícula.

#### 2.2.3.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN

La selección de un estilo o equipo para un proceso de extracción estará influenciado por los factores responsables de la limitación de la velocidad de extracción. Así la difusión del soluto a través de la estructura porosa de los sólidos residuales es el factor que controla a dicha velocidad, el material debe ser de pequeño tamaño para que la distancia que deba recorrer el soluto sea pequeña. Por otro lado, si la difusión del soluto desde la superficie de las partículas hacia la masa de la disolución es suficientemente baja para controlar el proceso, será necesario un alto grado de agitación del fluido [18].

#### 2.2.3.2.2. TAMAÑO DE PARTÍCULA

El tamaño de las partículas afecta a la velocidad de extracción de diversas maneras. Cuanto más pequeño es el tamaño, mayor es el área de contacto entre el sólido y el líquido y, por tanto, más elevada es la velocidad de transferencia de material. Además, menor es la distancia que debe recorrer el soluto en el interior del líquido [18].

#### 2.2.3.2.3. DISOLVENTE

El líquido escogido debe ser un buen disolvente selectivo, con una viscosidad suficientemente baja para que pueda circular con facilidad. En general se utilizará inicialmente un disolvente relativamente puro, pero a medida que la extracción vaya teniendo lugar la concentración de soluto aumentará y la velocidad de

extracción disminuirá progresivamente, en primer lugar debido a la disminución del gradiente de concentración, y en segundo lugar porque la disolución aumentará generalmente la viscosidad [18].

#### 2.2.3.2.4. TEMPERATURA

En la mayor parte de los casos, la solubilidad del material que se está extrayendo aumentará con la temperatura ocasionando una mayor velocidad de extracción. Además, es esperar el coeficiente de difusión aumente al elevarse la temperatura mejorándose también así dicha velocidad [18].

#### 2.2.3.2.5. AGITACIÓN DE FLUIDO

La agitación del disolvente es importante ya que aumenta la difusión de remolino, incrementando por lo tanto la transferencia de material desde la superficie de las partículas hacia la masa de la disolución. La agitación evita la sedimentación de las suspensiones de pequeñas partículas, incrementando la interacción entre el soluto y el solvente, es decir, aumenta la superficie de contacto [18].

### 2.3. ANÁLISIS FÍSICO DE LOS EXTRACTOS

#### 2.3.1. TURBIDEZ

La turbidez es un fenómeno óptico producido por la absorción y la dispersión de la luz incidente en una muestra que contiene partículas en suspensión, materia insoluble o dispersión. En las aguas naturales estas partículas pueden ser tanto de naturaleza inorgánica como orgánica. La turbidez se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU o UNF9 por medio de la intensidad de la luz dispersada) [19].

##### 2.3.1.1. DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ

Este método se basa en la comparación entre la intensidad de la luz dispersada por la muestra bajo condiciones definidas y la intensidad de luz dispersada por una suspensión de referencia bajo las mismas condiciones; a mayor dispersión de luz corresponde una mayor turbidez. Las lecturas son realizadas empleando un

turbidímetro de Hellige calibrado con una suspensión de referencia preparada bajo condiciones específicas [20].



Fig. 1-Turbidimetro 965-10 Orbeco Hellige Digital Direct Reading [21].

### 2.3.1.2. PREPARACIÓN DE PATRONES

Se recomienda que la preparación se realice en una cabina de extracción de vapores orgánicos.

**Solución I:** disolver 1,000 g de sulfato de hidracina  $(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$  EN 50 mL de agua destilada.

El sulfato de hidracina es cancerígeno; evite su inhalación, ingestión, y contacto con la piel. Las suspensiones de hidracina pueden contener sulfato de hidracina residual.

**Solución II:** Disolver 10,00 g de hexametilentetramina,  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ , en aproximadamente 50 mL de agua pura.

Mezclar las soluciones I y II en un matraz de 200 mL y mezcle cuidadosamente y aforar. Transferir la mezcla a un frasco ámbar y dejar estabilizar durante 24 horas a  $25 \pm 3,0$  °C, la mezcla obtenida es de 400 NTU, preparar los patrones disolviendo [20].



## 2.4. ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS EXTRACTOS

### 2.4.1. SÓLIDOS TOTALES

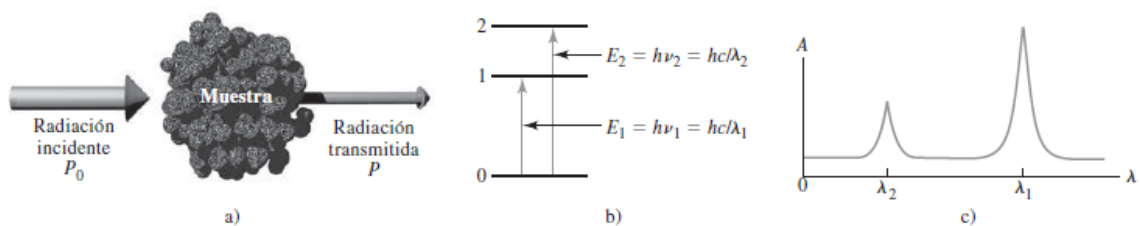
Los sólidos suspendidos son el residuo no filtrable o material no disuelto, son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio. O empleando la evaporación del solvente. Los sólidos disueltos son el residuo de la evaporación, pero no pueden diferenciar si son de orgánicos y/o inorgánicos, son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.

El contenido de sólidos totales se obtiene después de evaporar y secar una muestra del disolvente en estudio, y posteriormente medición.

$$\%_{\text{sólidos totales}} = \frac{m_{\text{sólidos}}}{m_{\text{muestra}}} * 100$$

## 2.5. ESPECTROSCOPIA

Se denomina espectroscopia a la medición de la cantidad de energía radiante que absorbe un sistema químico en función de la longitud de onda de la radiación, basada en la interacción materia-radiación electromagnética, y a las mediciones a una determinada longitud de onda.



Métodos de absorción. La radiación de la energía radiante incidente  $P_0$  puede ser absorbida por el analito, lo que resulta en la transmisión de un haz de potencia radiante baja  $P$ . Para que haya absorción, la energía del haz incidente tiene que corresponder a una de las diferencias de energía que se muestran en b). El espectro de absorción resultante se muestra en c).

Fig. 2- Radiación interactuando con la materia [22].

## 2.5.1. ESPECTROSCOPIA ULTRAVIOLETA-VISIBLE

La espectroscopia ultravioleta-visible es una técnica que se puede emplear en la medición de concentración de masa de elementos y compuestos químicos, cuyo principio es la interacción entre la energía electromagnética con la materia. Se fundamenta en medir la radiación monocromática absorbida por un elemento o molécula causante de desplazamientos electrónicos a capas superiores, estas transiciones determinan la región del espectro en la que tiene lugar la absorción [22].

### 2.5.1.1. TRANSICIONES ELECTRÓNICAS EN EL ESPECTRO ULTRAVIOLETA VISIBLE

Las bandas de absorción de las regiones ultravioleta y visible que presentan los compuestos orgánicos se asocian con transiciones electrónicas en la capa de valencia. Los electrones involucrados en dichas transiciones corresponden a aquellos más débilmente atraídos por el conjunto de núcleos atómicos que componen la molécula y cuyos estados pueden ser descritos a través de orbitales moleculares que se expresan como combinaciones lineales de orbitales atómicos de la capa de valencia.

Los orbitales moleculares  $\sigma$  y  $\sigma^*$  se localizan a lo largo del eje de unión de los átomos. Los orbitales  $\sigma$  generan una densidad electrónica elevada en la región intermolecular teniendo un carácter fuertemente enlazante. Los orbitales  $\sigma^*$ , como todos los orbitales antienlazantes, presentan un plano nodal perpendicular al eje del enlace en la región intermolecular y tienen un acentuado carácter antienlazante.

Los orbitales moleculares  $\pi$  y  $\pi^*$  se emplean en la descripción de los enlaces múltiples. Las regiones de mayor densidad electrónica correspondiente a los mismos son aquellas colaterales al eje del enlace. El carácter enlazante o antienlazante de estos orbitales es menos acentuado que el de los orbitales  $\sigma$ .

Orbitales moleculares  $n$  tienen un acentuado carácter local y describen pares electrónicos libres asociados con heteroátomos. (O, S, N, Halógenos). Energéticamente tienen carácter no-enlazante [22].

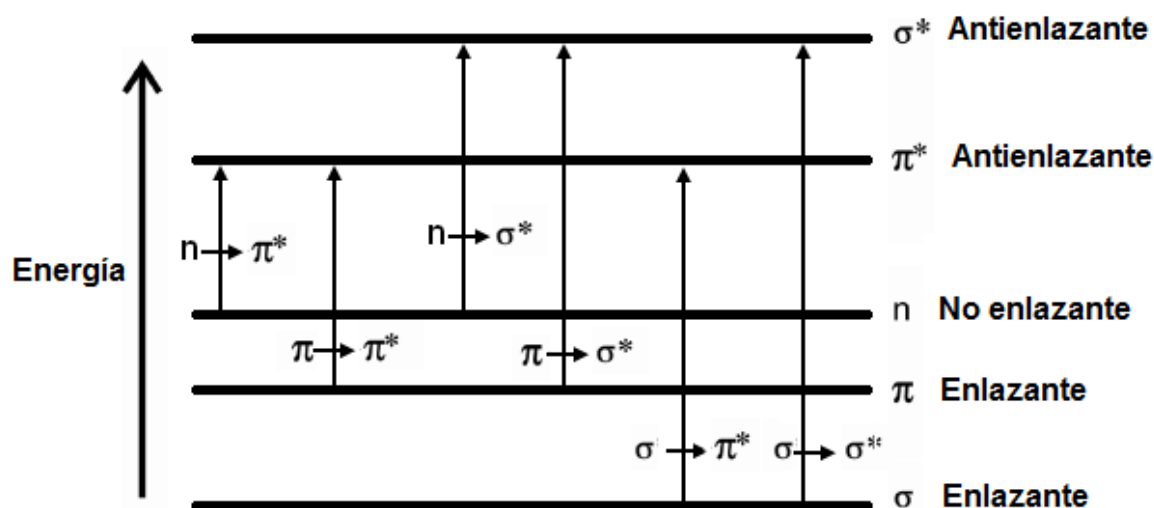


Fig. 3 - Transiciones electrónicas en el ultravioleta-visible [23].

**Transiciones  $\sigma \rightarrow \sigma^*$**  se presentan en todos los compuestos orgánicos. Son en general de gran energía (UV de vacío) e intensidad.

**Transiciones  $\sigma \rightarrow \pi^*$  y  $\pi \rightarrow \sigma^*$**  son posibles solo en compuestos insaturados. Son transiciones de baja intensidad (regiones de definición de los orbitales involucrados diferentes) en el UV lejano.

**Transiciones  $n \rightarrow \sigma^*$**  se presentan en compuestos con heteroátomos (O, N, S, Halógenos), generalmente en la región cercana a los 200 nm. La intensidad es variable dependiente de la naturaleza de la orbital  $n$ .

**Transiciones  $\pi \rightarrow \pi^*$**  presentes solo en compuestos insaturados. En ausencia de conjugación estas transiciones se presentan en UV-vacío. Dan lugar a bandas intensas que pueden aparecer en UV cercano si está presente insaturación conjugada.

**Transiciones  $n \rightarrow \pi^*$**  presentes en compuestos insaturados con heteroátomos (grupos carbonilos, nitro, azo, tiocarbonilo). Dan lugar a bandas débiles usualmente en la región UV-cercana [22].

Transiciones electrónicas			
Transición	$\lambda$ -nm	$\epsilon$ L*cm <sup>-1</sup> *mol <sup>-1</sup>	Ejemplo
$\sigma \rightarrow \sigma^*$	<200	-	hidrocarburos saturados
$\pi \rightarrow \pi^*$	200-500	10 <sup>4</sup>	alquenos, alquinos, aromáticos
$n \rightarrow \sigma^*$	160-260	10	agua, metanol, clorometano
$n \rightarrow \pi^*$	250-600	10 <sup>3</sup>	carbonilos, nitro, nitrato

Tabla 1 -Transiciones electrónicas UV-Vis [24]

### 2.5.1.2. ABSORBANCIA Y TRANSMITANCIA

Transmitancia es la fracción de la luz incidente que pasa a través de la muestra, mientras que la absorbancia está definida como el logaritmo del inverso de la transmitancia. Una radiación tendrá 100% de transmitancia (T) si al pasar a través de una sustancia sale inalterada, su intensidad, es decir, no es absorbida por la sustancia. Si la radiación es absorbida parcialmente, la transmitancia será inferior a 100 %. [22].

Si se escoge una radiación que puede ser absorbida por una sustancia en estudio, el porcentaje transmitido disminuye en proporción logarítmica con la cantidad de sustancia presente.

$$T = \frac{P}{P_0}$$

$$A = -\log T = 2 - \log(\%T)$$

P= radiación emergente

P<sub>0</sub>=radiación incidente

T= transmitancia

A=absorbancia

### 2.5.1.3. LEY DE LAMBERT BEER

La ley de Lambert Beer más conocida como la ley de Beer, considera la relación entre la intensidad de la luz transmitida o energía radiante o incidente ( $I_0$ ) y la energía radiante emergente ( $I$ ), es una función del espesor de la celda ( $L$  o  $b$ ) a través de la cual pasa la radiación monocromática y la concentración de la muestra [25].

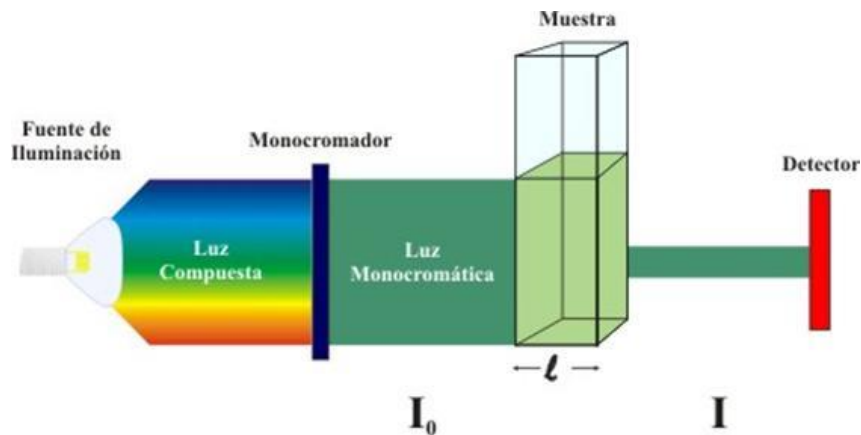


Fig. 4 - fenómeno que ocurre en el espectrofotómetro UV-Vis [26]

Ecuación de la ley de Lambert Beer:

$$A = abc$$

A=absorbancia

B=espesor de la celda

C=concentración de la muestra

a=absorbancia específica, característica de cada sustancia.

### 2.5.1.4. ESPECTROFOTOMETRO ULTRAVIOLETA VISIBLE

Es un equipo diseñado para medir el porcentaje de transmitancia, absorbancia o directamente la concentración; también puede trazar directamente la curva espectral y la gráfica de calibración.

Pueden clasificarse en análogos y digitales, manuales, semiautomáticos, automáticos. Pueden cubrir varias regiones del espectro electromagnético, además puede contar con un haz sencillo, doble haz o haz dividido.

#### 2.5.1.4.1. FUENTE DE RADIACIÓN

El material emisor varía dependiendo la zona del espectro electromagnético (REM) en la cual se va a realizar el estudio de la muestra. Una buena fuente debe emitir todas las radiaciones de su región con intensidad suficiente y uniforme.

Algunas fuentes dependiendo de la región (REM):

Ultravioleta → gas de hidrógeno, deuterio o xenón.

#### 2.5.1.4.2. MONOCROMADOR

Es un dispositivo óptico que consta de dos lentes o espejos de curvaturas especiales y de un prisma o de una rejilla de difracción, que permite por medio de un mecanismo, seleccionar un intervalo de longitud de onda. Este puede ser un filtro de absorbancia, de interferencia, de difracción.

#### 2.5.1.4.3. CELDAS

Son los recipientes dentro de los cuales se coloca la sustancia a analizar. El material de la celda debe ser transparente a las radiaciones de la región espectral en que se usa, es decir, que no debe absorber dichas radiaciones.

Algunas celdas según la región del espectro electromagnético:

Ultravioleta → cuarzo y sílice fundida.

Visible → vidrio y cuarzo, plásticos (metacrilato).

Infrarrojo → cristal de haluros alcalinos o de plásticos especiales.

#### 2.5.1.4.4. SISTEMA DETECTOR

Es un dispositivo sobre el cual incide la radiación y produce una señal eléctrica de magnitud proporcional a la intensidad de la radiación. La señal electrónica producida pasa generalmente a un sistema de amplificación. La señal amplificada acciona el sistema de lectura que puede ser análogo o digital [27].

#### 2.5.1.5. *ESPECTROFOTOMETRO SHIDMAZU UV-1700 PHARMASPEC*

UV-1700 PharmaSpec es un espectrofotómetro para la región ultravioleta y visible, es el primer en su clase con una resolución de 1 nm de longitud de onda, regulaciones especificadas en la farmacopea europea.

Características técnicas del espectrofotómetro:

Tipo de haz: doble haz.

Regiones: ultravioleta-visibles e infrarrojas.

Ancho de banda: 1 nm

Rango espectral de  $\lambda$  en nm: 1100-190 nm

Fuente: deuterio

Monocromador: Ebert

Celdas: cuarzo

Detector: fotodiodo

Amplificación: eléctrica

Instrumento de lectura: pantalla de cristal líquida [28].



*Fig. 5 - Espectrofotómetro empleado para obtener los barridos ultravioleta-visibles de los extractos obtenidos [29]*

## 2.5.2. ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO

La absorción en el infrarrojo IR se produce por la interacción de la radiación incidente con los niveles vibracionales de las moléculas. La intensidad de la absorbancia depende de las variaciones que produce la oscilación en el momento dipolar. Según el fenómeno espectroscópico que provoca la absorción de energía por parte de la materia, podemos dividir esta región en tres zonas: infrarrojo cercano, medio y lejano.

La radiación infrarroja no tiene la suficiente energía para producir la clase de transiciones que se encuentran en las radiaciones ultravioleta y visible; por esta razón, la absorbancia de radiación infrarroja se limita en gran parte a especies moleculares para las cuales existen pequeñas diferencias de energía entre los distintos estados vibracionales y rotacionales.

Para absorber radiación infrarroja, una molécula debe sufrir un cambio neto en el momento dipolar cuando vibra o gira. Solo en estas circunstancias el campo eléctrico alternante de la radiación puede interactuar con la molécula y modificar la amplitud de alguno de sus movimientos [30].



### 2.5.2.1. REGIÓN INFRARROJA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

#### Región IR

Se caracteriza por ser radiaciones caloríficas que afectan la energía vibracional y rotacional de las moléculas.

**IR CERCANO**→ Se caracteriza porque las frecuencias de los movimientos armónicos de las moléculas se encuentran en esta subregión.

$$\bar{\nu} \rightarrow 13300 \text{ a } 4000 \text{ cm}^{-1}$$

$$\nu \rightarrow 4 \times 10^{14} \text{ a } 1.2 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

$$E \rightarrow 6.62 \times 10^{-22} \text{ a } 7.94 \times 10^{-20} \text{ J}$$

Esta región aporta información sobre las transiciones electrónicas y se observan bandas de sobretonos de las vibraciones de estiramiento simétrico de carbono hidrógeno.

**IR MEDIO**→ Se caracteriza porque las frecuencias de los movimientos armónicos de las moléculas se encuentran en esta subregión. (SUBREGIÓN DE INTERES)

$$\bar{\nu} \rightarrow 4000 \text{ A } 400 \text{ cm}^{-1}$$

$$\nu \rightarrow 1.2 \times 10^{14} \text{ a } 1.2 \times 10^{13} \text{ s}^{-1}$$

$$E \rightarrow 7.94 \times 10^{-20} \text{ a } 7.94 \times 10^{-21} \text{ J}$$

La mayoría de información relacionada con la estructura molecular y grupos funcionales se obtiene de la subregión del IR fundamental o medio, las correlaciones útiles se han encontrado en esta subregión, la cual a su vez se ha subdividido en la región de frecuencia de grupo de 4000 a 1300  $\text{cm}^{-1}$  y la región de huella digital de 1300 a 650  $\text{cm}^{-1}$ . En la región de frecuencias de grupo las bandas principales de absorción se asignan a unidades consistentes en vibraciones de sólo dos átomos de una molécula, y no de la estructura completa. Sin embargo, hay influencias estructurales que le provocan desplazamientos significativos de un compuesto a otro.

En la obtención de la información de un espectro a otro se asigna primero las bandas principales de esta región a grupos funcionales, en un intervalo de 4000 a 2500  $\text{cm}^{-1}$ . El intervalo de 2500 a 1540  $\text{cm}^{-1}$  es llamado a menudo la región no

saturada o insaturada y los factores más relevantes en el espectro entre  $1300\text{-}650\text{ cm}^{-1}$  son las frecuencias de estiramiento de enlace sencillo y las vibraciones de la flexión o dobléz de sistemas poliatómicos que involucran movimientos de enlaces que ligan a un grupo sustituyente con el resto de la molécula, esta es la región de la huella digital.

**IR LEJANO**→ Se caracteriza porque las frecuencias de los movimientos armónicos de las moléculas se encuentran en esta subregión.

$$\bar{\nu} \rightarrow 400 \text{ a } 33 \text{ cm}^{-1}$$

$$\nu \rightarrow 1.2 \times 10^{13} \text{ a } 1.2 \times 10^{12} \text{ s}^{-1}$$

$$E \rightarrow 7.94 \times 10^{-21} \text{ a } 6.62 \times 10^{-22} \text{ J}$$

La región del IR lejano provee información acerca de transiciones rotacionales, modos de vibración del esqueleto de cristales, vibraciones esqueléticas de una gran cantidad de moléculas y modos de estiramiento de metal-ligando de muchos compuestos de coordinación.

Casi todas las moléculas presentan alguna absorción en el IR, excepto moléculas monoatómicas y homopolares tales como: Ne, He, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>. La región de  $667 \text{ a } 10 \text{ cm}^{-1}$  contiene vibraciones de flexión [30].

### 2.5.2.2. *TEORIA DE LA ESPECTROSCOPIA DE ABSORBANCIA EN EL INFRARROJO*

Los espectros de absorción, emisión y reflexión en el infrarrojo de especies moleculares se pueden explicar si se supone que todos son resultado de distintos campos energéticos producidos por las transiciones de las moléculas de unos estados energéticos vibracionales y rotacionales en otros.

### 2.5.2.3. *TRANSICIONES EN EL ESPECTRO INFRARROJO*

#### 2.5.2.3.1. *TRANSICIONES ROTACIONALES*

La energía necesaria para provocar un cambio en los niveles rotacionales es muy pequeña y corresponde a radiaciones ( $\lambda > 100 \mu\text{m}$ ). La absorción de los gases en la región del infrarrojo lejano se caracteriza por líneas discretas bien definidas.

En líquidos o sólidos los choques e interacciones intramoleculares causan el ensanchamiento de las líneas y originan un espectro continuo.

#### 2.5.2.3.2. TRANSICIONES VIBRACIONALES/ROTACIONALES

Los niveles de energía vibracionales también están cuantizados, y en la mayoría de las moléculas las diferencias de energía entre los estados cuantizados corresponden a la región del infrarrojo medio. Por lo general, el espectro infrarrojo de un gas consta de una serie de líneas muy próximas entre si debido a la existencia de varios estados energéticos rotacionales para caso estado vibracional. En los sólidos y en los líquidos la rotación está muy restringida; en este tipo de muestras, las líneas discretas vibracionales-rotacionales desaparecen y sólo quedan bandas vibracionales algo ensanchadas.

#### 2.5.2.3.3. TIPOS DE VIBRACIONES MOLECULARES

Las posiciones relativas de los átomos en una molécula no son fijas, sino que fluctúan de manera continua como consecuencia de una multitud de tipos de vibraciones y rotaciones diferentes alrededor de los enlaces de las moléculas. En el caso de moléculas diatómicas o triatómicas es fácil definir el número y la naturaleza de dichas vibraciones, y relacionarlas con la energía de absorción. En el caso de las moléculas poliatómicas, es difícil, si no imposible, hacer un análisis de esta clase. No solo causa un gran número de centros de vibración que se presentan en las moléculas grandes, sino también por la interacción entre varios de estos centros.

Pueden distinguirse dos categorías básicas de vibraciones: Vibraciones de estiramiento hay un cambio continuo en la distancia interatómica a lo largo del eje del enlace entre dos átomos y vibraciones de flexión se caracterizan por un cambio en el ángulo entre dos enlaces y son de cuatro tipos: tijereteo, balanceo, aleteo y torsión.

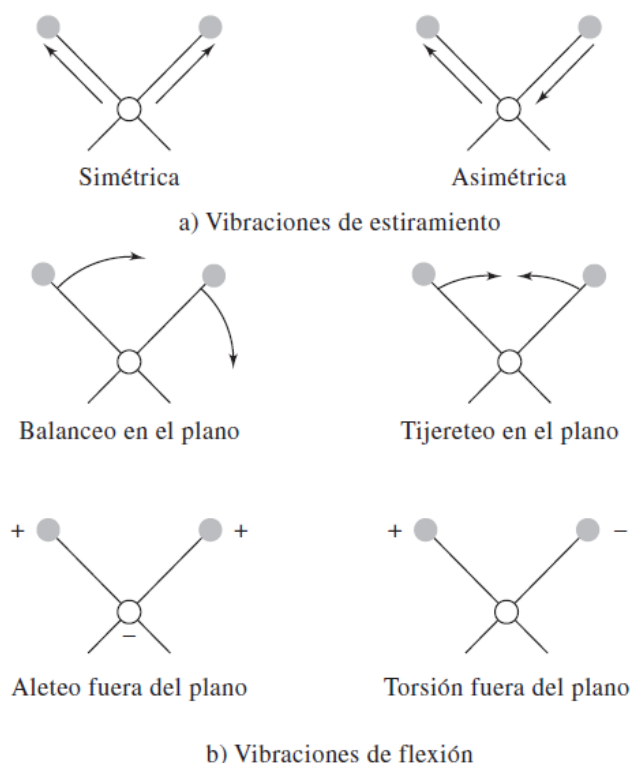


Fig. 6 - Movimientos de vibraciones en el espectro de infrarrojo [31]

#### 2.5.2.4. TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

La transformada de Fourier es una de las herramientas principales de análisis con que se cuenta hoy en los medios de ciencia y tecnología. Su poder radica en la posibilidad de establecer relaciones entre puntos de vista diferentes relativos a un problema.

La espectroscopia de transformada de Fourier fue perfeccionada para estudiar el espectro infrarrojo de las estrellas lejanas. Solo mediante la técnica de Fourier pudieron ser aisladas del ruido ambiental las señales muy débiles provenientes de estas fuentes. La primera aplicación en química fue en la región del infrarrojo lejano de muy baja energía.

La FTIR (también llamada interferometría infrarroja) llegó a ser una técnica práctica cuando se desarrollaron computadores compactos de alta velocidad. La mayoría de los instrumentos de FTIR se basan en el interferómetro de Michelson, el cual consiste básicamente en un medio de dividir un rayo óptico en dos partes,

introducir una diferencia en la trayectoria seguida por cada una de ellas y luego recombinarlas para observar el patrón de interferencia [25].

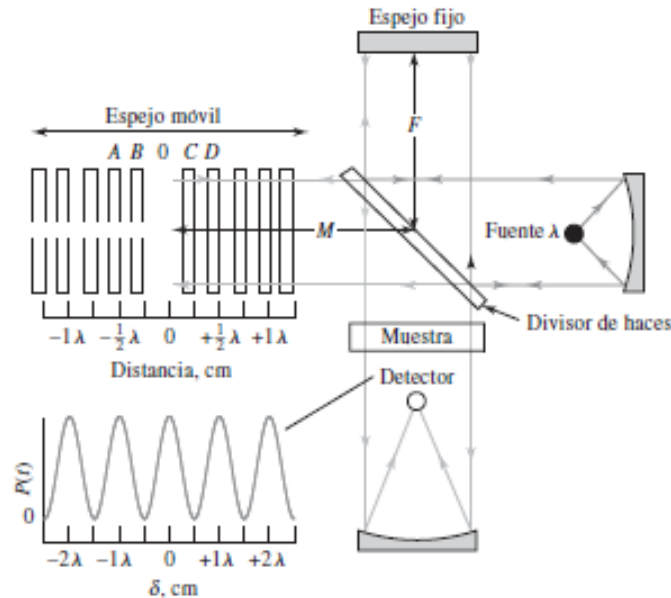


Fig. 7 - interferometro de Michelson iluminado por una fuente monocromatica [32]

Lo que hace un instrumento de FTIR, entonces, es que un haz de luz infrarroja es dividido en dos por medio de un separador que aproximadamente la mitad de la intensidad de la luz pase hacia un espejo fijo. Usualmente, para el IR medio el separador consiste en una placa de bromuro de potasio cubierta con una delgada capa de germanio, para el IR lejano, puede ser una película delgada de mylar (un polímero), o bien una fina malla metálica. Después de la reflexión en sus respectivos espejos, ambos haces de luz son reflejados y enviados al separador nuevamente, de donde son dirigidos al detector. El haz de luz que alcanza el detector consiste de porciones aproximadamente iguales de radiación que ha viajado por dos diferentes trayectorias.

#### 2.5.2.5. ESPECTROFOTOMETRO DE INFRARROJO

El espectrofotómetro infrarrojo va equipado con una fuente de emisión de radiación infrarrojo, que normalmente se ubica en una barra de un material cerámico. La radiación emitida de la fuente se divide en dos haces al atravesar una serie de espejos. De los dos haces uno de ellos pasa por una celda que

contiene una disolución del compuesto orgánico (haz de muestra) que se desea estudiar, mientras que el otro haz atraviesa una celda que sólo contienen el disolvente empleado (haz de referencia). Los dos haces se dirigen luego hacia un dispositivo que permite el paso alternativamente de un haz y luego del otro (interruptor rotatorio). El haz se dirige a la rejilla de difracción donde se separa en las longitudes de onda que lo componen (espectro de IR). Estas radiaciones, separadas por su valor de longitud de onda, pasan a través de una ranura y llegan al detector, este es una bobina de alambre cuya resistencia aumenta debido al calentamiento que produce la radiación incidente. Así pues, la resistencia del detector depende de la intensidad de la radiación [30].

#### 2.5.2.6. *ESPECTROFOTOMETRO CARY 630 FTIR*

El espectrómetro FTIR Agilent Cary 630 es innovador, intuitivo y fiable, y proporciona información cuantitativa y cualitativa de calidad para el análisis en rutina de sólidos, líquidos y gases. Con una amplia gama de interfaces para muestras y una óptica de alto rendimiento, el compacto FTIR Agilent Cary 630 proporciona resultados precisos de forma rápida.

#### **Especificaciones técnicas**

**Interferómetro**→ Michelson 45°, 25 mm alineados de forma permanente.

**Interfaz de la muestra**→ DialPath, Tumbler, diamante ATR, reflectancia difusa, transmisión.

**Software**→ Agilent MicroLab PC

**Rango espectral**→ Kerr 6300-350  $\text{cm}^{-1}$ , Zonas 5100-600  $\text{cm}^{-1}$ .

**Resolución espectral**→  $<2 \text{ cm}^{-1}$

**Número de onda de precisión**→ 0,05  $\text{cm}^{-1}$  mide con ASTM 1 1921

**Número de onda de reproducibilidad**→ 0.005  $\text{cm}^{-1}$  mide con ASTM 1,921 [33].



Fig. 8- Espectrómetro FTIR Agilent Cary 630 [33]

## 2.6. Análisis cromatográfico

La cromatografía es un método físico-químico de separación de los componentes de una mezcla, realizada a través de la distribución de estos componentes entre dos fases, que están en contacto íntimo (1). Fase móvil es un solvente o mezcla de solventes, cuya polaridad será siempre menor que la de la fase estacionaria, esta última se mantiene sobre el soporte debido a que se emplean absorbentes como sílice gel, alúmina, hidróxido de aluminio, hidróxido de calcio o carbonato de calcio [34].

### 2.6.1. Cromatografía de Capa Fina

La técnica de separación de TLC consta de un sistema de dos fases, una sólida (fase estacionaria) que se aplica en forma de capa delgada, adsorbente, usualmente de entre 0,10 a 0,25 mm de grueso para fines analíticos y en los casos que se desea aislar un compuesto el grosor puede variar entre 0,5-2,0 mm. Esta capa es fijada a una placa o lámina de vidrio, aluminio o plástico que actúa como soporte. A través de la fase estacionaria transita un líquido o solvente (fase móvil o eluyente) [35].

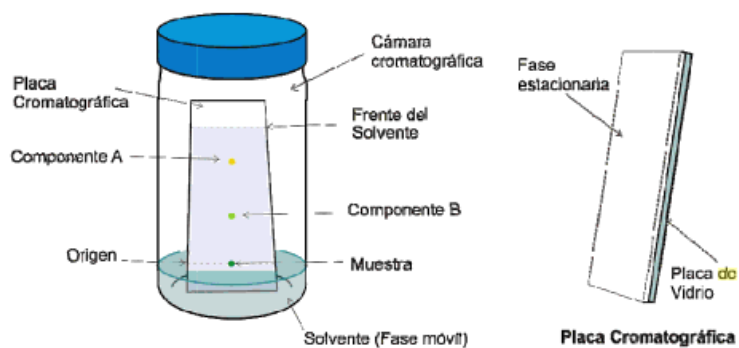


Fig. 9 - Montaje típico para cromatografía en capa fina TLC [34]

### 2.6.1.1. Relación de frente ( $R_f$ )

$R_f$  es el cociente entre la distancia recorrida por el compuesto (mancha) y la distancia recorrida por el solvente de desarrollo.

$$R_f = \frac{\text{Distancia recorrida por la sustancia}}{\text{Distancia recorrida por el solvente}}$$

La  $R_f$  es constante para cada compuesto, siempre que se respeten una serie de variables como:

a) Sistema de disolvente de corrida, b) adsorbente, c) espesor de la capa de absorbente, d) cantidad de material sembrado, e) temperatura ambiente [34].

### 2.6.2. Separación de los componentes

La separación de los componentes de una mezcla se basa en la afinidad electrostática del analito con la fase móvil y estacionario. La primera fase mencionada anteriormente puede ser líquida, gaseosa o bien tratarse de un fluido supercrítico; la naturaleza de esta o el tipo de interacción química dando origen a la separación.

La fase estacionaria puede ser un sólido o bien un líquido inmovilizado en un sólido. Si la fase estacionaria está inmovilizada sobre una superficie se habla de cromatografía plana, y de cromatografía de columna si la fase estacionaria está retenida en el interior de una columna [36].



### 3. MARCO DE ANTECEDENTES

En los últimos años la búsqueda de alternativas para la eliminación o reutilización de los desechos generados por el ser humano ha cobrado importancia, desde la reutilización del papel y pilas hasta el más mínimo desecho que es generado. Pero desafortunadamente no se han realizado estudios previos para la reutilización de la tinta remanente de los marcadores borrables que ya después de su uso son desechados. Por tal motivo, esta investigación no se basa en estudios anteriores a éste sino que se basa en una innovación empleando métodos de extracción, estudios realizados a tintas y normativas, específicamente normas técnicas colombianas (NTC) relacionadas con tintas para alimentos y comerciales.

El método para la obtención de la tinta remanente de los marcadores borrables se dedujo gracias a la colaboración del docente de la Universidad Tecnológica de Pereira, Tomás Rodrigo Medina Salazar, quien manifestó: “La tinta es una solución de un sólido en un solvente y el polímero es sólo el soporte donde se encuentra la tinta. Por dicha razón, el único parámetro con el que se puede hacer referencia es la solubilidad de la tinta en el solvente empleado para la extracción”. La anterior afirmación, llevo a suponer que el mejor método para obtener la tinta remanente sería emplear una extracción sólido-líquido para dicho fin.

Basándose en un estudio comparativo de dos métodos de extracción de un aceite esencial presente en la cáscara de pomelo (*Citrus máxima*), realizado en la Universidad de Cartagena en el 2012. En donde se compararon los rendimientos de la extracción y optimizaron las condiciones de obtención de los métodos de extracción se determinó el rendimiento del aceite esencial de la cáscara de pomelo se obtuvo por medio de la ecuación:

$$\%R = \frac{P_P}{P_m} * 100$$

$P_P$  = peso de producto (g)

$P_m$  = peso de materia prima (g)

Con el rendimiento empleado en el estudio de la Universidad de Cartagena se pudo calcular el porcentaje de remoción de la tinta remanente de los marcadores borrables.

Teniendo en cuenta un estudio realizado en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona en el 2002; sobre la separación de colorantes por cromatografía de capa fina (TLC). Allí se empleó TLC para la separación de los

diversos colorantes contenidos en 6 tintas comerciales con eluentes específicos de los diversos grupos tintóreos. Los resultados obtenidos indicaron que la mayoría de las tintas estudiadas estaban compuestas por mezclas de 3-5 colorantes. Gracias a la información recopilada en esta investigación se pudo emplear dicha técnica para comparar la tinta estándar con los extractos obtenidos con los diversos solventes.

Además de los estudios mencionados anteriormente, la investigación tuvo en cuenta la normatividad vigente del país; específicamente la NTC 2223 y NTC 2857. La primera norma técnica colombiana mencionada establece las características y métodos de ensayo de las tintas azul, azul-negra, negra y roja para escribir, destinada al uso general en estilógrafos. Mientras que la segunda establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los marcadores.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El término marcador se emplea para designar a aquellos instrumentos de escritura que pueden encontrarse con tintas de diversos colores y por lo general poseen un trazo más grueso que el del lapicero. Se encuentra entre las herramientas de oficina.

Desafortunadamente las personas deben tener cuidado con la manipulación de estas herramientas, puesto que los marcadores denominados no tóxicos son perjudiciales. Según un estudio realizado por la Academia Americana de Pediatría donde concluyeron que a pesar que los marcadores borrables eran considerados no tóxicos, estos emiten compuestos orgánicos volátiles (COVs) como metil isobutil cetona, los colorantes son de composiciones petroquímicas y los solventes también libran COVs que contribuyen a provocar reacciones alérgicas y asmáticas. Generando enfermedades dermatológicas y respiratorias debido al contacto directo con la tinta de los marcadores [1].

Por lo mencionado anteriormente, se hace importante conocer sobre una forma apropiada para la reutilización de las tintas remanentes de los residuos de los marcadores borrables ya que estos continúan expulsando COVs para no tener que fabricar más marcadores sino reutilizarlos o reducir la carga contaminante que acompañaría a un marcador agotado. Para realizar esta investigación es necesario emplear los marcadores borrables suministrados por los docentes de la Escuela de Química en la Universidad Tecnológica de Pereira que ellos ya no utilicen. Esto con el propósito de contribuir con el reciclaje y reutilización de residuos, dentro de esta investigación se pudo responder a las siguientes preguntas: ¿Qué solventes o mezcla de solventes sirven para obtener el extracto presente de los marcadores borrables usados?; ¿Será posible la reutilización de estos extractos como tintas para recargar en otros marcadores?

## 5. JUSTIFICACIÓN

Este estudio es motivado por la problemática en la excesiva acumulación de los marcadores borrables desechados sin posibilidad de ser reutilizados, ya que no se cuenta con un protocolo para la eliminación o reutilización de estos y la contribución con los principios de la química verde.

Los marcadores son clasificados como materiales de oficina, este grupo de productos es muy heterogéneo y consiste básicamente en productos de bajo costo pero que normalmente se adquieren en grandes cantidades, como lápices, bolígrafos, resaltadores, marcadores, correctores líquidos, carpetas de plásticos, tintas. Este tipo de material puede generar impactos ambientales importantes relacionados con el uso de sustancias químicas peligrosas que contienen como lo son los plásticos, los disolventes agresivos, los compuestos orgánicos volátiles, los metales pesados, etc. A la hora de adquirir material de oficina, habrá que ajustarse a las necesidades reales y no generar compras innecesarias. Esto es muy frecuente pues no se le presta atención al consumo de estos productos, por ser más baratos y de muy fácil adquisición. Por otra parte, un buen uso y cuidado de este material puede evitar su despilfarro y alargar su vida útil [8].

Con la citación anterior se puede comprobar que los marcadores son generadores de impacto ambiental ocasionado por los diversos químicos que estos contienen. Como consecuencia del aumento de estas herramientas se incrementa el deterioro ambiental, pero por otro lado, se sabe que la reutilización de cualquier producto trae beneficios para la naturaleza, y por ende, el beneficio se puede dar en otros aspectos como:

- Reducción de la contaminación del agua.
- Reducción de costos por reutilización.
- Disminución de la acumulación de desechos.

## 6. PARTE EXPERIMENTAL

### 6.1. MATERIALES (REACTIVOS)

Reactivos:

Los disolventes: metanol (Sigma Aldrich 99.9%), etanol (95%), acetona (Merck 99.8%), diclorometano (Honeywell 99.98%), cloroformo (Merck 99-99.4%), piridina (Merck 99.5%), *n*-butanol (Mallinckrodt), *n*-propanol (Fisher Scientific), ácido clorhídrico (Merck 37%), acetato de butilo (J. T. Baker 98%), tetracloruro de carbono (Panreac 99.9%), hidróxido de amonio (Fisher Scientific 28-30%).

Sólidos: Hidróxido de sodio (Merck 99%), hexametilentetramina (Merck 99.5%), sulfato de hidracina (Carlo erba 99%).

### 6.2. INSTRUMENTACIÓN

La comparación de los extractos obtenidos con la tinta patrón, se llevó a cabo mediante espectros de los espectros tomados en los equipos de ultravioleta-visible e infrarrojo. Además de la medición de sólidos totales y turbidez que se encuentran descritos en la parte de 2.3 a 2.5.

Los espectros de infrarrojo se llevaron a cabo en un espectrómetro FTIR Agilent Cary 630 (fig. 8).

Los barridos del espectro de ultravioleta visible se tomaron en el espectrofotómetro SHIDMAZU UV-1700 PHARMASPEC (fig. 5).

La medición de la turbidez se llevó a cabo en un turbidímetro 965-10 Orbeco Hellige Digital Direct Reading (fig. 1).

Todos los equipos se encuentran disponibles en los laboratorios de química de la Universidad Tecnológica de Pereira

### **6.3. EXPERIMENTACIÓN**

#### **Obtención de los extractos de la tinta remanente**

La extracción a partir de lixiviación se realizó basándose en prácticas de laboratorio, con una relación de polímero que contiene la tinta remanente (1:100; 5:100) con respecto a las cantidades (masa-volumen) de solventes empleados para la obtención del extracto, además de que el sólido debía estar completamente inmerso en el solvente.

Se pesa aproximadamente 1 g del polímero que contiene la tinta remanente que se encuentra en el interior del marcador borrable, llevándolos a un erlenmeyer de 250 mL. Luego se adicionan 100 mL del solvente empleado para la extracción, se tapa el erlenmeyer y se envuelve con papel aluminio con el fin de evitar la interacción del extracto con la luz por posible alteración. La extracción se lleva a cabo durante 3 horas con agitación constante en el transcurso del tiempo, temperatura y presión constante.

#### **Obtención del porcentaje de remoción**

Transcurridas las 3 h, se remueve el polímero del erlenmeyer. Este se lleva al horno a la temperatura de ebullición del solvente empleado en la extracción durante aproximadamente 1 h. Luego el polímero seco se lleva al desecador para finalmente pesarlo.

#### **Medición de sólidos totales**

Se llevan 2 mL del extracto obtenido a una capsula de porcelana previamente pesada, esta se lleva a la estufa programada con la temperatura de ebullición del solvente que se empleó para obtener el extracto durante 2 h. Luego la capsula se coloca durante 30 minutos en el desecador para posterior medición, el sólido observado era igual a la tinta del marcador seca.

#### **Medición de turbidez**

Se procede a calibrar turbidímetro 965-10 Orbeco Hellige Digital Direct Reading con los patrones preparados de 400, 200, 100, 40 NTU. Luego se toman aproximadamente 30 mL del extracto en el frasco para la medición de la turbidez.

## **Obtención de los espectros**

Se tomaron aproximadamente dos gotas de cada extracto para la obtención del espectro de infrarrojo. En el caso del espectro de UV-Vis, se realizó un barrido desde 1110 a 190 nm empleando como blanco el solvente utilizado para la obtención del extracto. Mientras que el espectro IR se realizó desde 4000 a 700  $\text{cm}^{-1}$ .

## **Cromatografía de capa fina**

Se realizaron 20 siembras de cada extracto, estas se eluyeron en 5 diferentes sistemas.

Se utilizarán eluentes de las siguientes mezclas:

- 1) acetato de butilo-piridina-agua (40:40:20) identificación de colorantes ácidos.
- 2) *n*-propanol-hidróxido de amoniaco (60:30) identificación de colorantes directos.
- 3) *n*-butanol-etanol-agua (90:10:10) identificación de colorantes básicos.
- 4) cloroformo-acetona (90:10) identificación de colorantes dispersos.
- 5) cloroformo-metanol (95:5) identificación de colorantes dispersos.

Se definieron estas mezclas de eluentes porque se realizó un estudio a seis tintas comerciales empleando la técnica de cromatografía de capa fina (TLC) en la Universidad Politécnica de Cataluña. Asumiendo que este estudio es reproducible debido a que las tintas analizadas están constituidas por colorantes al igual que los marcadores borrables que serán empleados para la realización del presente estudio.

A las separaciones obtenidas en cada uno de los sistemas se les determinaron los  $R_f$ .

## **Extracto final**

El solvente que mejor extrajo la tinta remanente con las características similares o iguales a la tinta comercial patrón se empleó para la obtención del extracto final. Se utilizaron 5 g del polímero en 500 mL del solvente, se repitió el proceso de la extracción al igual que la obtención de los espectros.

Posteriormente al extracto se le cambia el solvente por etanol, finalmente se adicionan una gotas de este en un marcador recargable que no escribiera. Luego se procedió a ensayar si la tinta obtenida cumplía su función (escribir).

## Pruebas al extracto final

Las pruebas que se mencionan a continuación son basadas en las normas colombianas NTC 2223 y NTC 2857.

### 1. Determinación de pH

En la norma recomiendan emplear un potenciómetro, pero debido a que el extracto se adhiere a las paredes del electrodo, se empleó papel tornasol para realizar la medición.

### 2. Determinación de sedimentación

La muestra destinada para los ensayos se mantiene en reposo durante 24 horas a temperatura entre 20-25 °C. Si se observa sedimento se agita vigorosamente, y se deja nuevamente en reposo.

### 3. Determinación de la alteración al aire

La prueba se realizó en base al procedimiento de NTC 2223, allí emplean 25 mL de la tinta. Pero como no se dispone de dicha cantidad, se empleó aproximadamente 1.0 mL de la tinta nueva. Esta se llevó a un vial durante 7 días, evitando agitación.

### 4. Determinación de la resistencia a la acción del agua y del alcohol

Se sumerge en una solución al 50% en volumen, de etanol al 96% y en otra de agua destilada, una muestra de tinta escrita en un papel a temperatura ambiente, manteniendo inmersión durante 24 horas. El ensayo se considera satisfactorio cuando los trazos de la tinta en examen no se han decolorado más que los de la tinta patrón.

### 5. Determinación de secado

Se dibuja una línea sobre una superficie de papel, se deja secar 5 segundos. Después se coloca un papel sobre las líneas y una masa de 200 g sobre la hoja, se mueve la hoja con la masa perpendicular cruzando el centro de la línea a una velocidad constante de 100 mm/s. se examina la superficie de prueba y se observa si hay manchas. Se acepta un pequeño trazo de color transferido a la hoja de encima.



## 7. RESULTADOS

### 7.1. Extracciones

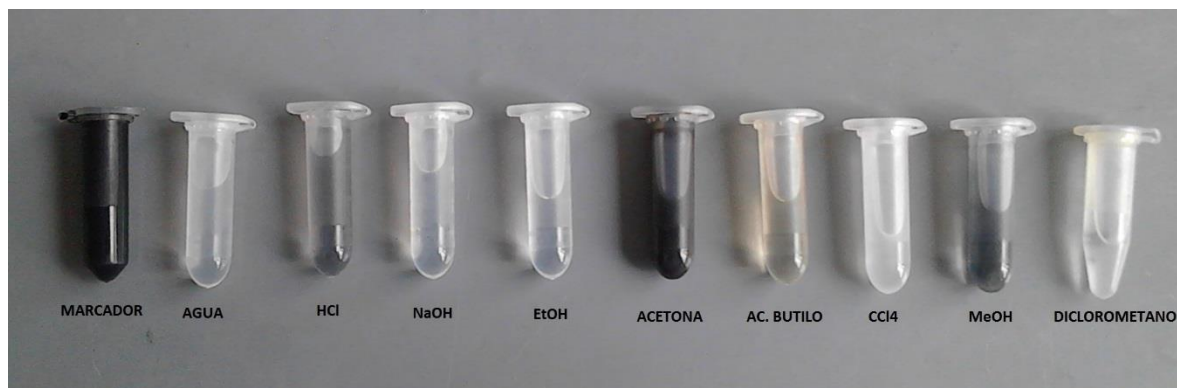


Fig. 10 - Extractos obtenidos de la extracción de la tinta remanente

### 7.2. Porcentaje de extracción

Rendimiento de la extracción empleando	
Solvente	porcentaje de extracción
acetato de butilo	18,9
tetracloruro de carbono	18,63
Acetona	16,9
Metanol	15,75
ácido clorhídrico	12,96
Diclorometano	11,33
Etanol	10,35
hidróxido de sodio	-20,26
Agua	0

Tabla 2 -Porcentaje de extracción

---

Todas las figuras que se encuentran en los resultados de la experimentación fueron tomadas por el estudiante que elaboró el estudio.

### 7.3. Turbidez y sólidos totales

solvente	turbidez	Sólidos totales
Agua	46,37	1,17
EtOH	677,00	1,98
Acetona	188,00	0,23
diclorometano	400	2,10
MeOH	109,00	-0,05
HCl	16,00	0,32
Ac. Butilo	24,00	0,87
tetracloruro	400	2,22
NaOH	42,90	6,65

Tabla 3 -resultados de los extractos de la tinta remanente

### 7.4. Espectros ultravioleta-visibles

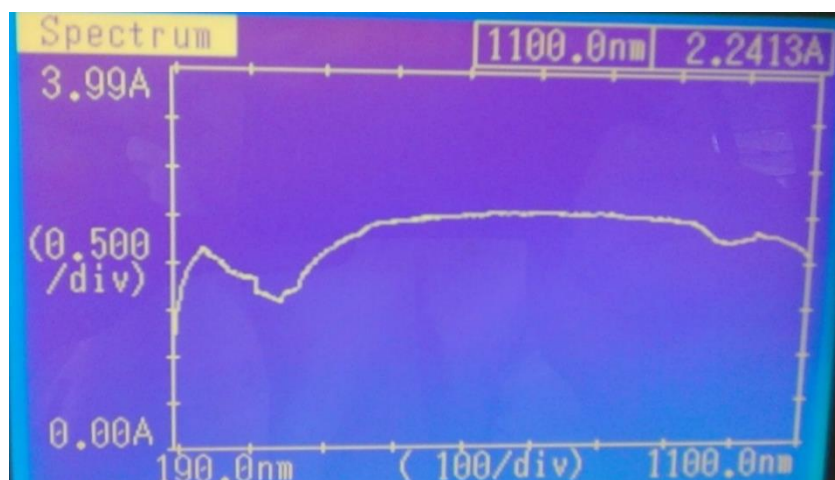


Fig. 11 - Espectro UV-Vis del marcador patrón EXPO

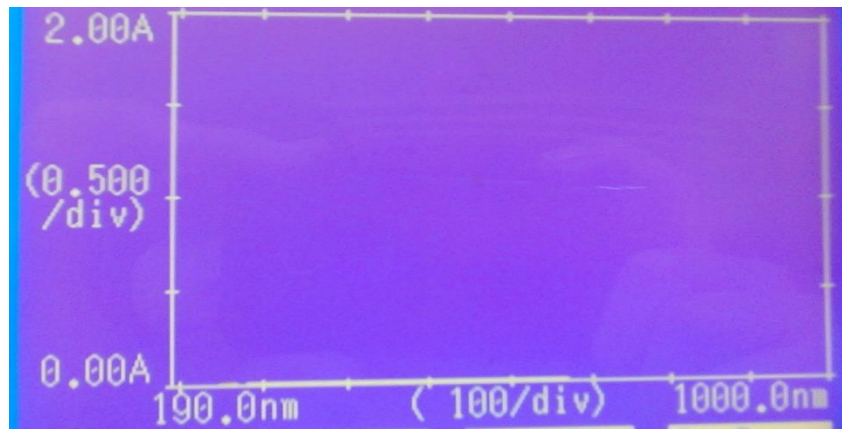


Fig. 12 - Espectro UV-Vis de la extracción con agua

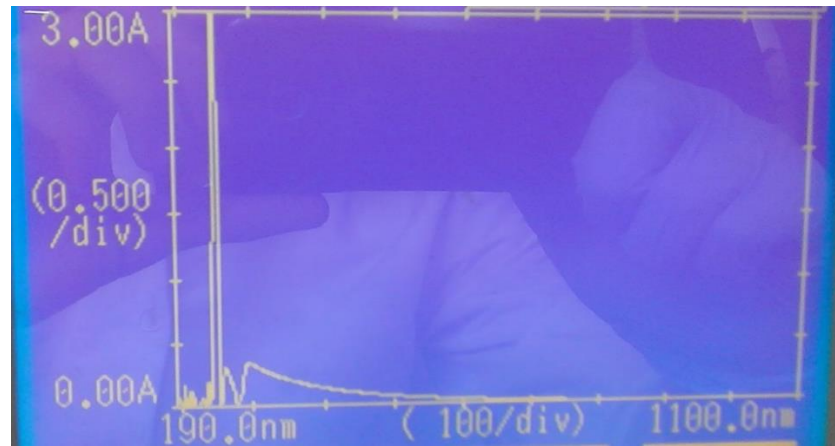


Fig. 13 - Espectro UV-Vis de la extracción con etanol 95%

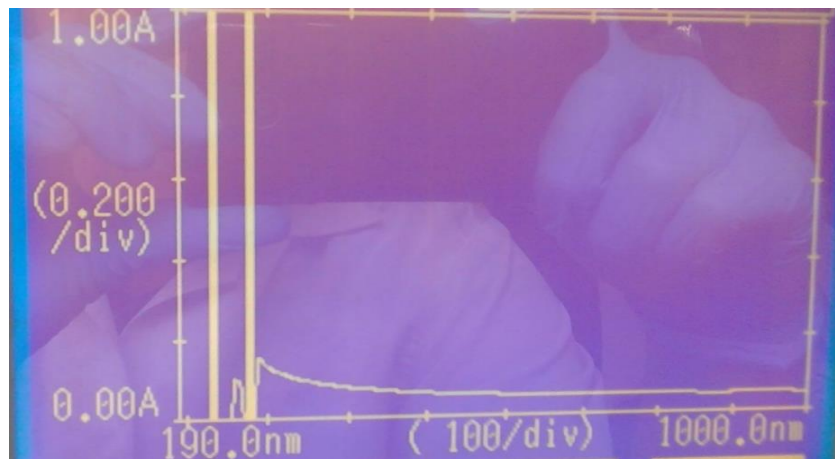


Fig. 14 - Espectro UV-Vis de la extracción con ácido clorhídrico 10%

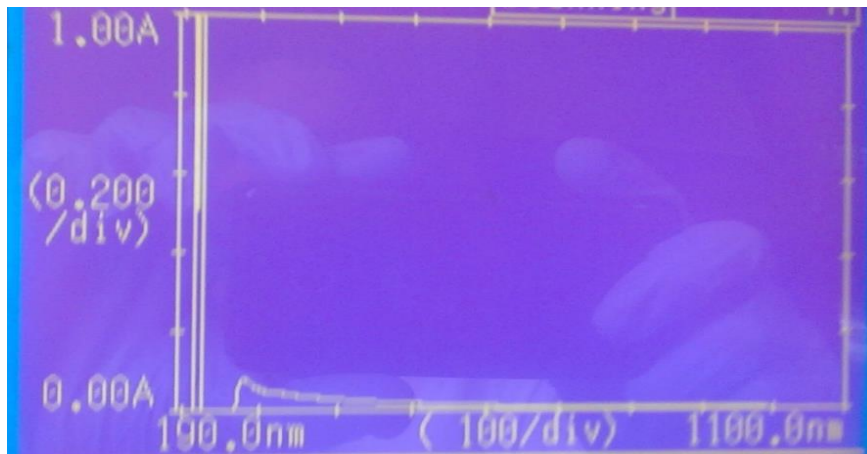


Fig. 15 - Espectro UV-Vis de la extracción con hidróxido de sodio 5%

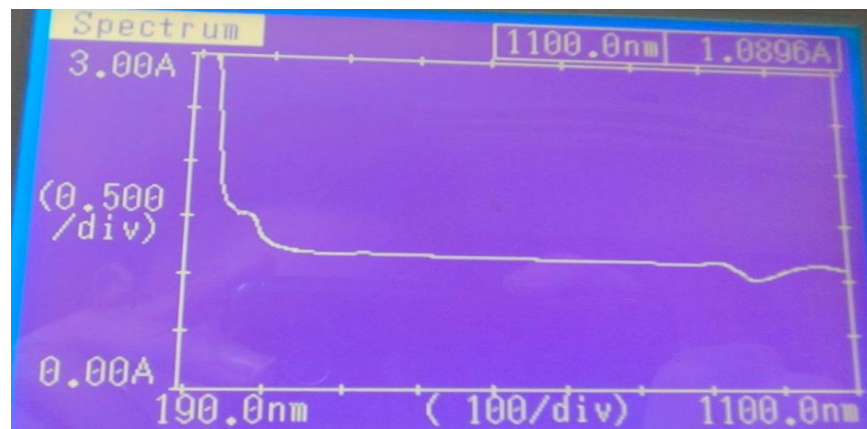


Fig. 16 - Espectro UV-Vis de la extracción con metanol

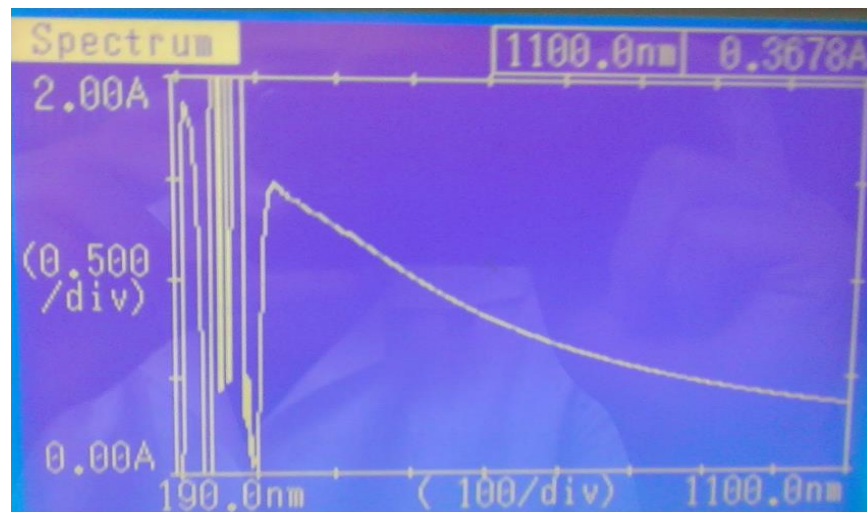


Fig. 17 - Espectro UV-Vis de la extracción con acetona

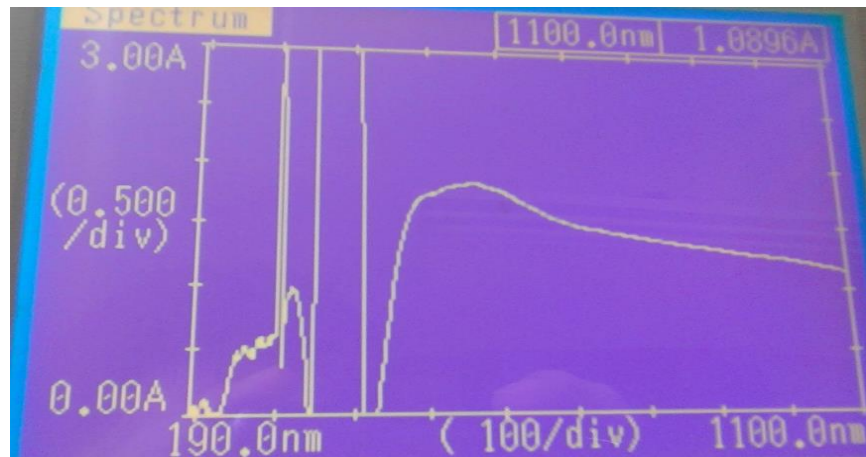


Fig. 18 - Espectro UV-Vis de la extracción con diclorometano

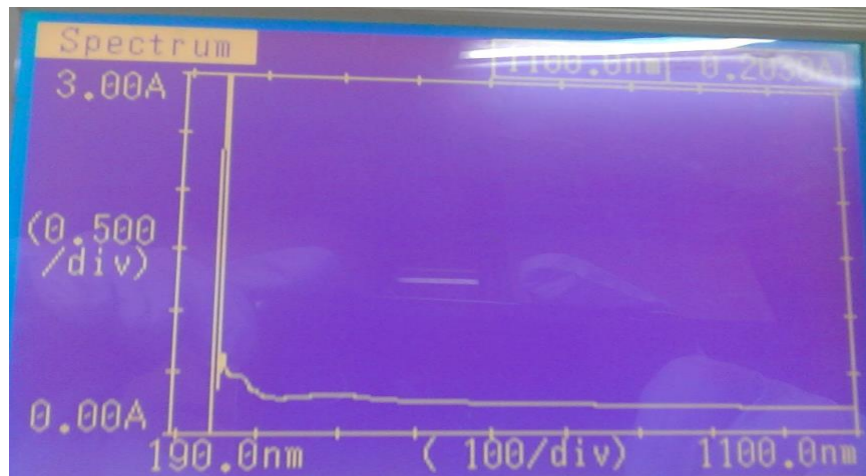


Fig. 19 - Espectro UV-Vis de la extracción con acetato de butilo

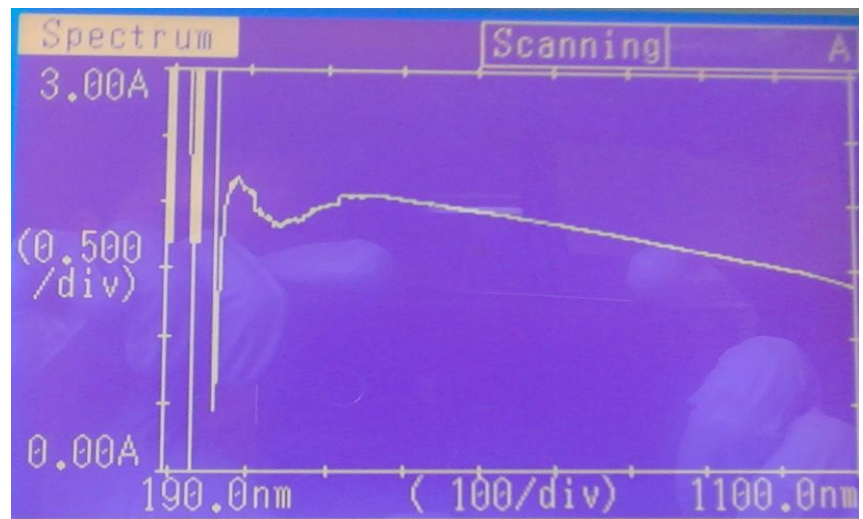
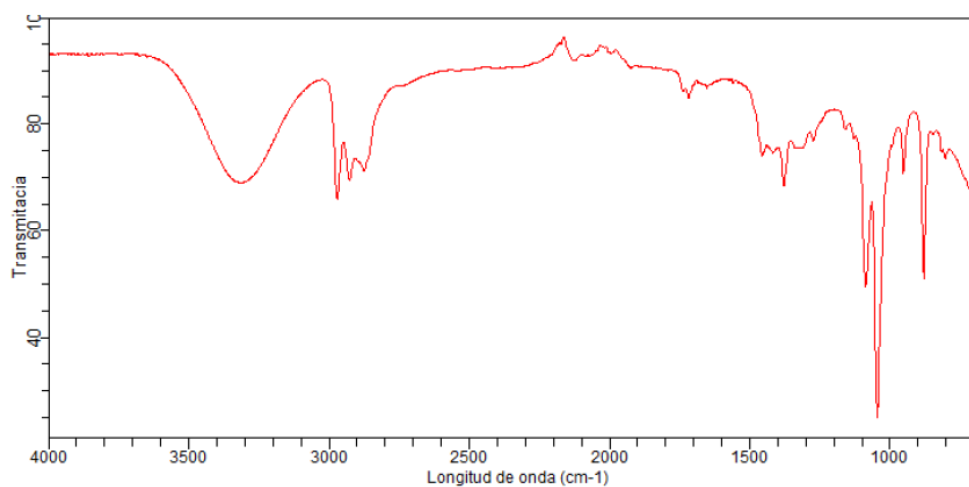
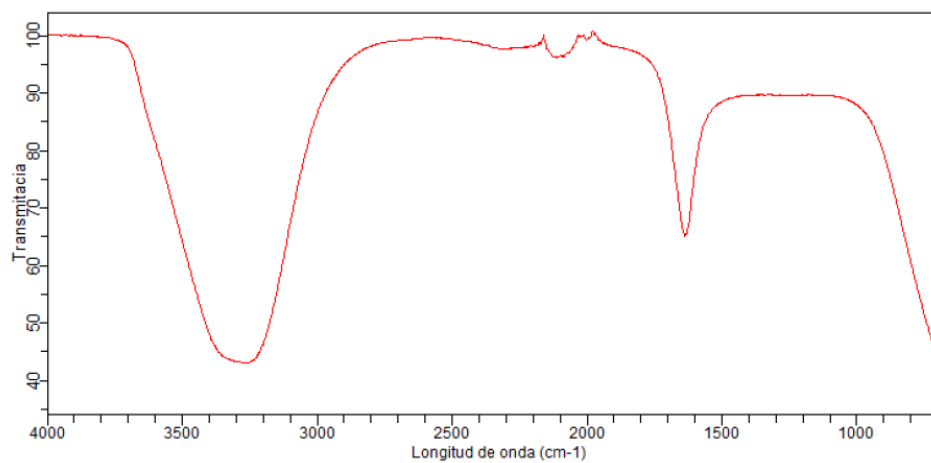


Fig. 20 - Espectro UV-Vis de la extracción con tetracloruro de carbono

## 7.5. Espectros de infrarrojo de los extractos



*Fig. 21 - Espectro IR del marcador patrón EXPO*



*Fig. 22 - Espectro IR del extracto obtenido con agua*

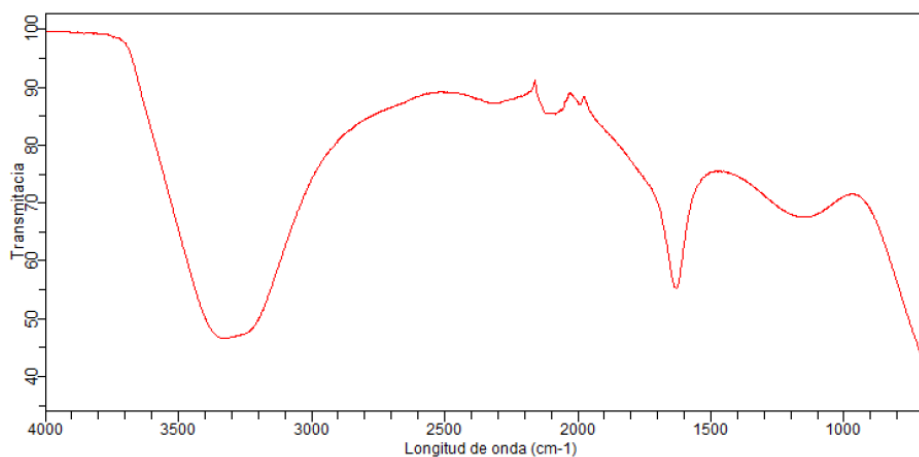


Fig. 23 - Espectro IR del extracto obtenido con ácido clorhídrico 10%

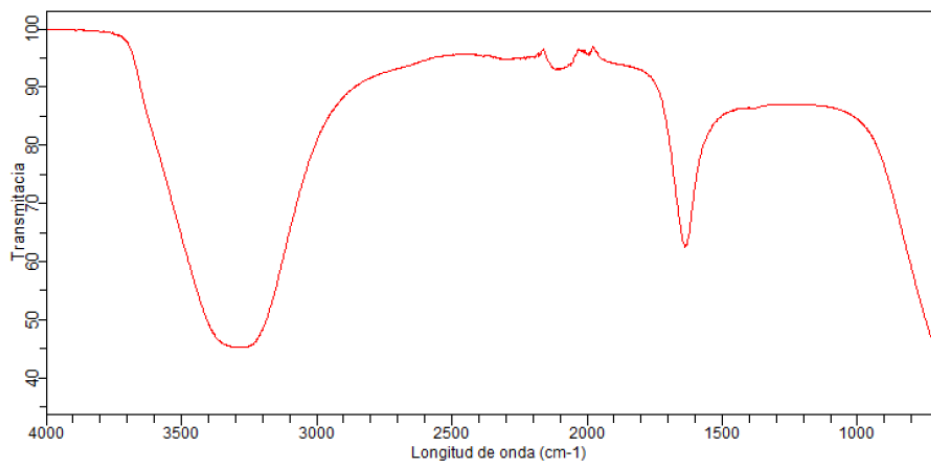


Fig. 24 - Espectro IR del extracto obtenido con hidróxido de sodio 5%

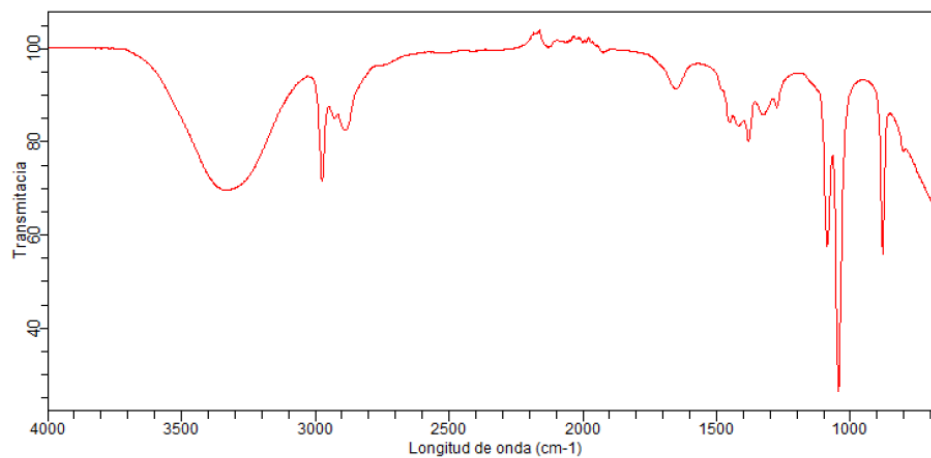
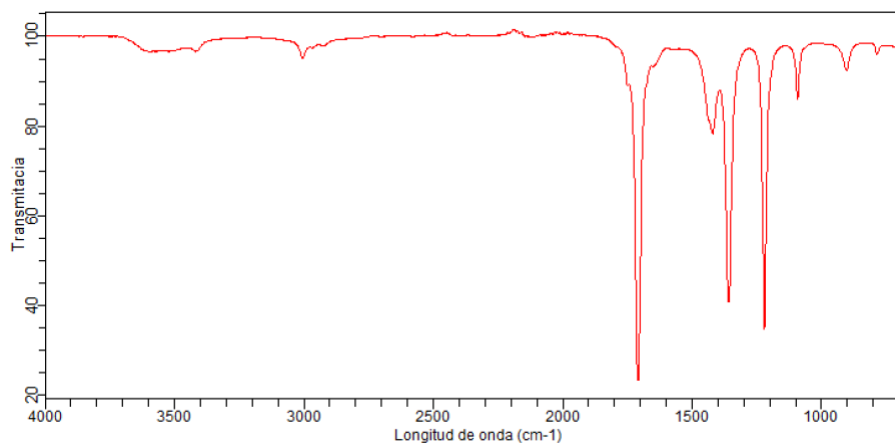
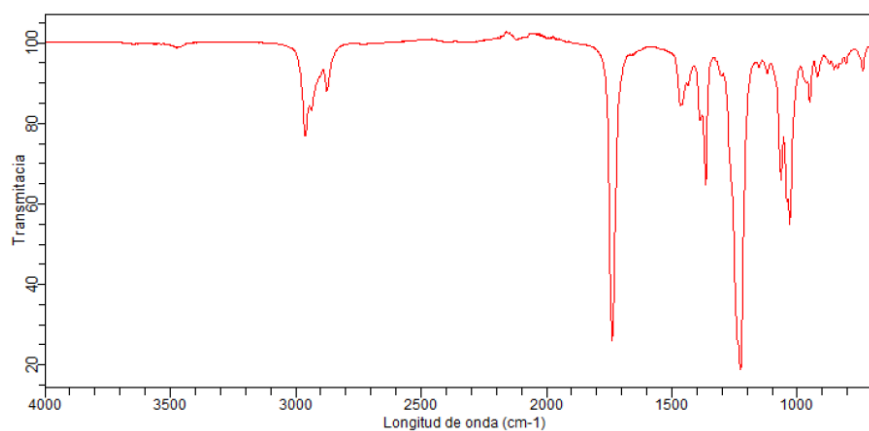


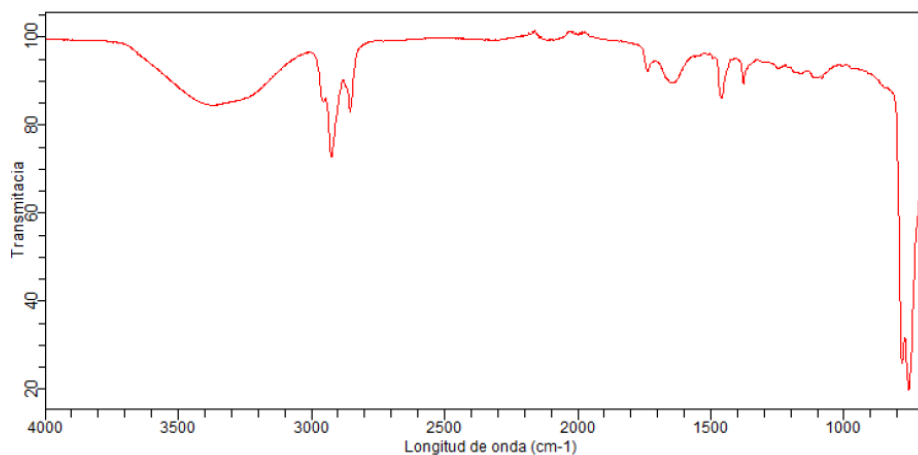
Fig. 25 - Espectro IR del extracto obtenido con etanol 95%



*Fig. 26 - Espectro IR del extracto obtenido con acetona*



*Fig. 27 - Espectro IR del extracto obtenido con acetato de butilo*



*Fig. 28 - Espectro IR del extracto obtenido con tetracoloruro de carbono*



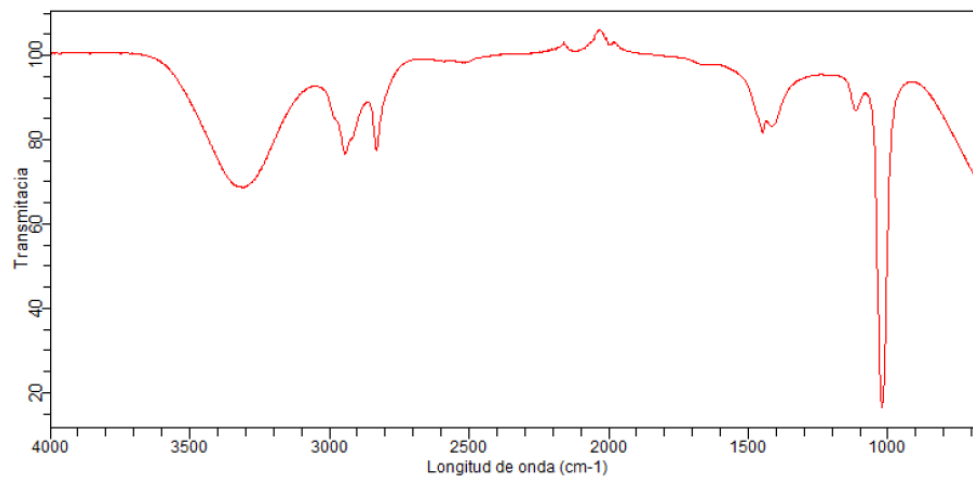


Fig. 29 - Espectro IR del extracto obtenido con metanol

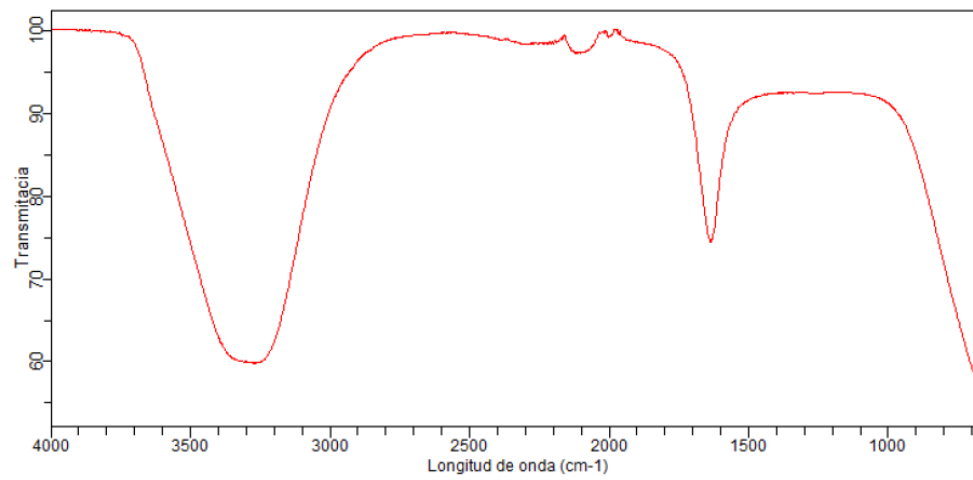


Fig. 30 - Espectro IR del extracto obtenido con diclorometano

## 7.6. Cromatografía de capa fina



Fig. 31 - Sistema Piridina-Acetato de butilo- Agua (40:40:20)

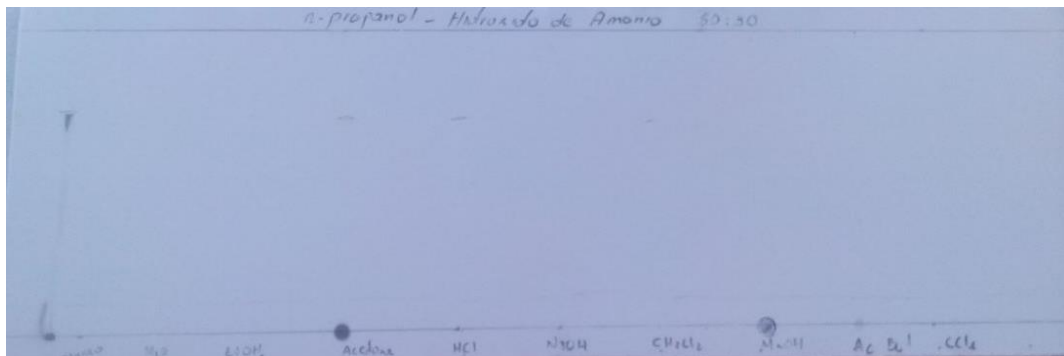


Fig. 32 - Sistema – n-propanol-Hidróxido de amonio (60:30)

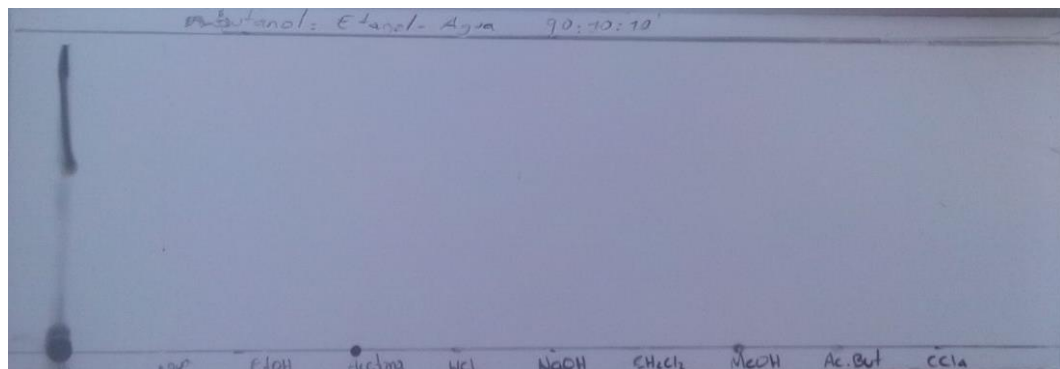


Fig. 33 - Sistema – n-butanol-etanol-agua (90:10:10)

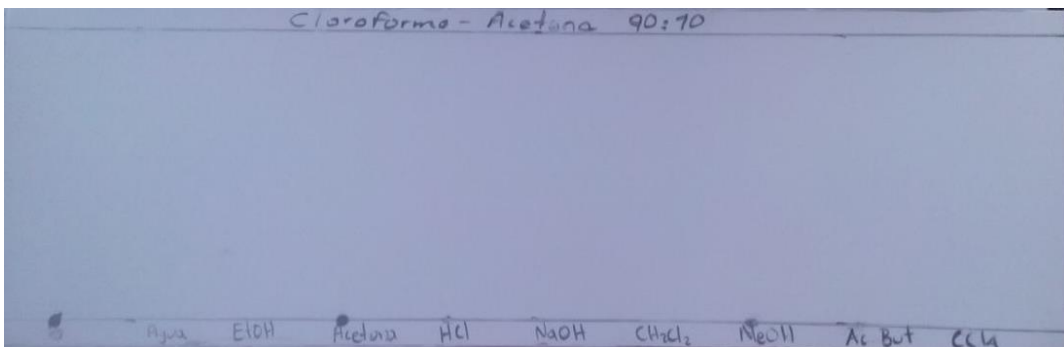


Fig. 34 . Sistema – Cloroformo-Acetona (90:10)

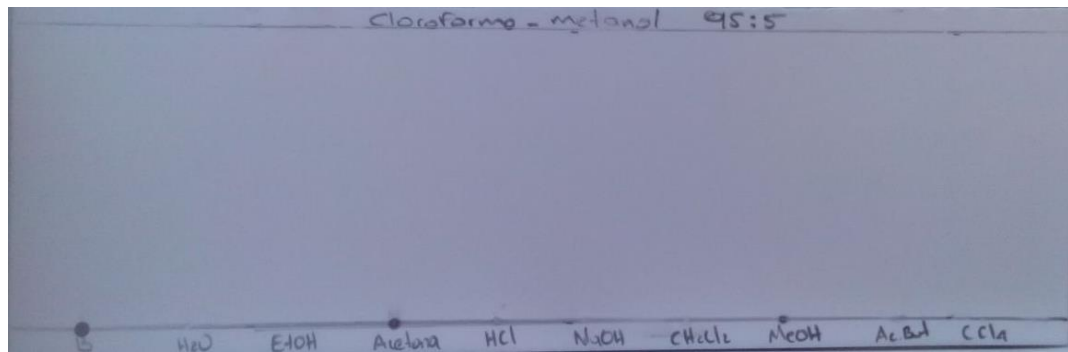


Fig. 35 - Sistema – Cloroformo-Metanol (95:5)

		Rf de las extracciones y el blanco				
	MARCADOR	ACETONA		AGUA	AC. BUTILO	HCl
SISTEMA 1	0,63	0,63		0	0	0
SISTEMA 2	0,60	0,59		0	0	0,59
SISTEMA 3	0,80	0,8		0,8	0	0
SISTEMA 4	0,71	0,68	0,71	0	0,69	0
SISTEMA 5	0	0		0	0	0

Tabla 4 - Rf de las extracciones y el blanco

### 7.7. Espectros de los extractos secos y tinta patrón

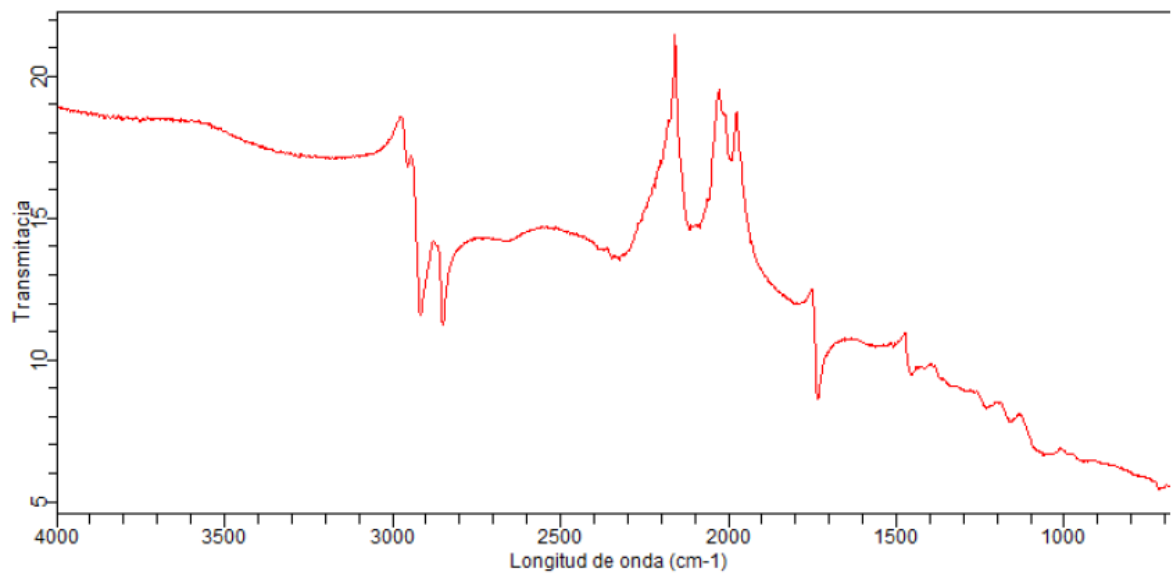
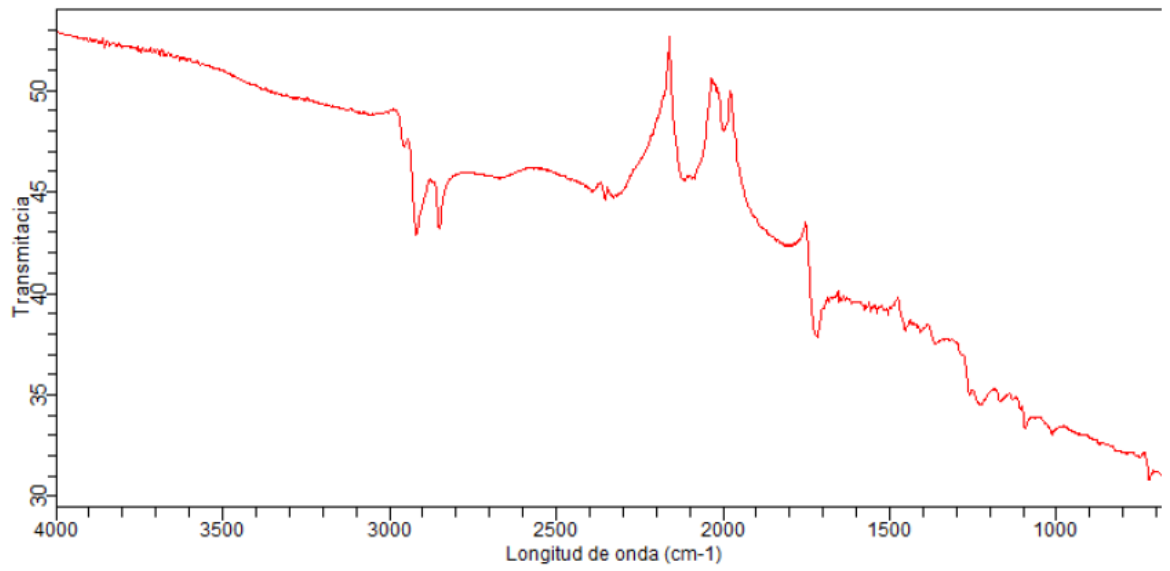
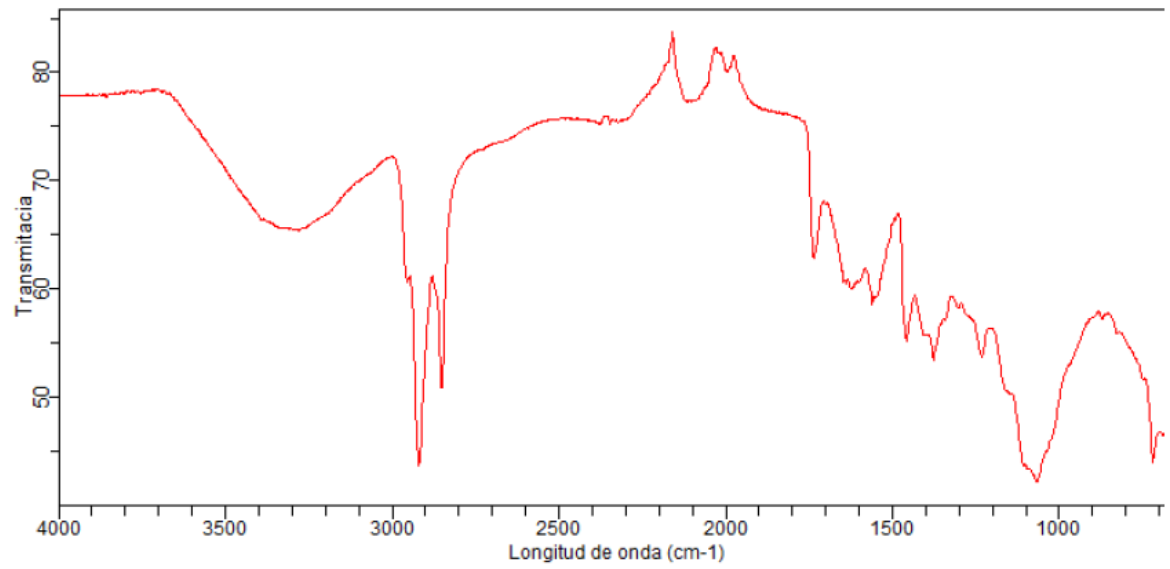


Fig. 36 - tinta secado de marcador EXPO



*Fig. 37 - Extracto seco obtenido con acetona*



*Fig. 38 - Extracto seco obtenido con etanol*

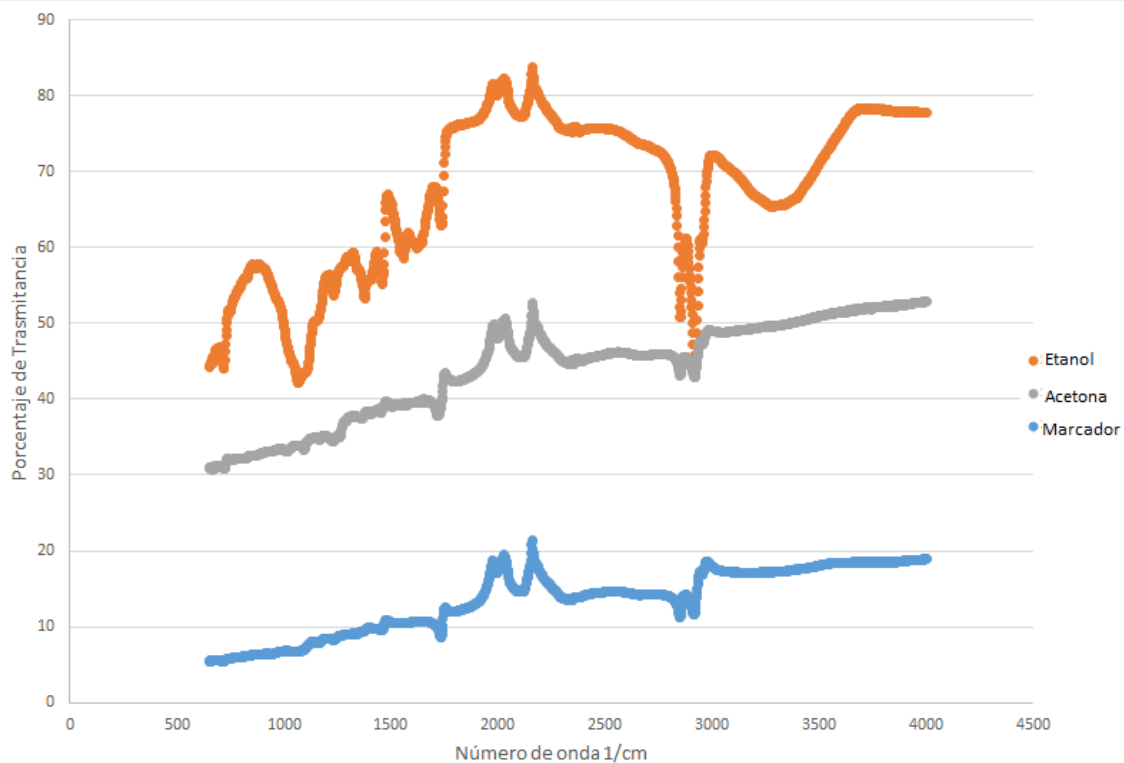


Fig. 39 - Comparación de extractos secos empleando solvente respectivo

<b>Análisis del extracto obtenido con acetona</b>	
Prueba	Resultado
Tiempo de secado	Transferencia de color
Resistencia al agua	Intensidad igual
Sedimentación	Pequeños fragmentos
Resistencia al etanol	Disminución de intensidad
Ph	Entre 5-6
Alteración con aire	Adhesión a las paredes

Tabla 5 - Resultados de las pruebas de la tinta obtenida con acetona

Estudio de mezcla acetona – etanol

<b>Sólidos totales de los extractos obtenidos con acetona-etanol (%)</b>				
Proporción de la mezcla en volumen	extracción con agitación durante 1 h	extracción sin agitación durante 1 h	extracción con agitación durante 2 h	extracción sin agitación durante 2 h
2:1	0,10	0,15	0,20	0,18
1:1	0,32	0,20	1,20	0,70
1:2	0,30	0,22	1,10	0,80

*Tabla 6 - Sólidos totales de los extractos obtenidos con mezclas*

Estudio de la mezcla acetona-etanol 1:1

Estudio de la mezcla acetona - etanol 1:1		
tiempo de extracción	Sólidos totales (%)	densidad (g/mL)
1 h	0,32	0,776
2 h	1,20	0,797
3 h	1,70	0,802
4 h	1,75	0,805
5 h	1,80	0,807

*Tabla 7 - Pruebas de extractos obtenidos con mezcla de acetona - etanol*

## Análisis de tinta obtenida

<b>Análisis del extracto obtenido con etanol-acetona</b>	
Prueba	Resultado
Tiempo de secado	igual al patrón
Resistencia al agua	Intensidad igual
Sedimentación	No se produjo sedimentos
Resistencia al etanol	Disminución de intensidad
pH	Entre 5-6
Alteración con aire	Adhesión a las paredes
Escritura	Adhesión al tablero y secado en un tiempo apropiado

*Tabla 8 - Resultados de las pruebas de la tinta obtenida con la mezcla de etanol-acetona*

## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1. MARCHA DE SOLUBILIDAD

Teniendo en cuenta el aporte del docente Thomas Medina, la obtención de los extractos de la tinta remanente de los marcadores borrables a partir del método de lixiviación fue un éxito, ya que cuando se empleó cada solvente se obtuvo una remoción de la tinta residual. A la cual se le realizó un estudio posteriormente, cabe aclarar que el estudio se realizó por triplicado. Se escogió este método porque según la definición la tinta es un sólido, y para extraerla por medio de un solvente sería realizando una extracción sólido-líquido.

En la tabla 2 se puede evidenciar los porcentajes de remoción empleando cada solvente, gracias a este valor se pudo organizar en forma decreciente los solventes según su eficiencia para extraer el producto esperado, siendo el primero el mayor y el último el menos eficiente para la extracción.

Con el acetato de butilo se obtiene un extracto oscuro, esto se esperaba ya que el marcador en estudio fue de marca expo de color negro. Aunque esta fue de menor intensidad al compararla con el extracto de acetona. Según estos dos solventes los componentes de la tinta remanente en el polímero del marcador tienen afinidad hacia los solventes polares, ya que el acetato de butilo es menos polar que la acetona. A pesar de que empleando acetato de butilo se obtiene un mayor porcentaje de remoción y un extracto café, con la acetona se consiguió una mayor intensidad en la coloración del extracto; comprobando la afinidad por los solventes polares para la obtención del extracto. Lo que indica que la tinta posee componentes polares que son mejor obtenidos al utilizar acetona, por otro lado el acetato de butilo muestra que la tinta posee una parte apolar los cuales no pueden ser retirados por la acetona.

Por otro lado al emplear tetracloruro de carbono que tiene un comportamiento opuesto respecto a la polaridad debido a que es un solvente apolar, se obtuvo una extracción eficiente siendo el segundo solvente más eficiente en las extracciones realizadas en el estudio, comprobando que efectivamente la acetona no podría extraer todos los componentes. Pero en este caso se generó una solución turbia mayor a los blancos, siendo superior a 400 NTU. Además días después de la extracción, se produjo una especie de gel en el extracto, como consecuencia de esto se descartó el tetracloruro de carbono porque este reaccionó con los componentes de la tinta residual. Este comportamiento no ocurrió al emplear acetato de butilo ni acetona; indicando que los componentes de la tinta son



solubles en los dos solventes mencionados. Además no se observó ninguna alteración en el polímero donde se encontraba la tinta remanente.

En el caso del extracto obtenido con metanol fue mejor que el etanol, debido a diferencia de polaridad entre los dos solventes. La solubilidad de los componentes fue mayor en el caso del metanol, con el cual se obtuvo un mayor porcentaje de remoción y una coloración mayor al comparar estos dos extractos. Pero al emplear metanol se generó una solución viscosa, producto de la reacción con los componentes de la tinta con el solvente, descartando inmediatamente este alcohol para la obtención de la tinta.

Por otro lado al emplear diclorometano se generó una coloración verde, al parecer como consecuencia de una reacción entre el polímero con tinta remanente y el solvente, este comportamiento no se esperaba. Descartando inmediatamente este solvente para la extracción de la tinta porque se especificó que no podía ocurrir alguna reacción durante la obtención del extracto.

Además de la polaridad, el pH también es un factor importante en la extracción. Ya que al emplear ácido clorhídrico 10% aumentó la extracción de la tinta al compararlo con una solución neutra empleando agua. Mientras que al utilizar hidróxido de sodio se disminuye la extracción, pero al utilizar este último solvente se quedan residuos de la sosa caustica en el polímero después de la extracción durante las tres horas del proceso.

Al emplear solventes polares y apolares para la extracción, se puede notar que ocurre una mejor extracción teniendo en cuenta la solubilidad de los colorantes de la tinta remanente si el solvente tiene una buena polaridad. Además se observó que el extracto obtenido con acetona contiene la coloración más intensa confirmando lo que suministró la importante comercializadora de herramientas de oficina Newell Rubbermaid, quienes dijeron que el vehículo que transporta la tinta es acetona.

## 8.2. Interpretación de espectros UV-Vis e infrarrojo

Los barridos espectrales de ultravioleta-visible de 1100-190 nm, se pueden observar desde la fig. 11 hasta la fig. 20. Al comparar cada espectro de las extracciones con el del marcador patrón, se puede observar una similitud en la banda que se produce a 233 nm. Ya que con los extractos obtenidos excepto el de metanol contienen esta banda, pero la banda que se genera tiene un desplazamiento batocrómico producido por los solventes; es decir en el caso etanol, diclorometano, tetracloruro de carbono, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, acetato de butilo. Cuando se empleó acetona se generó un

desplazamiento hipsocrómico. Además se observa que la tinta negra tuvo interacción con la radiación electromagnética desde el UV hasta el IR porque se obtuvo absorción de la radiación en este rango del espectro electromagnético, dificultando así el análisis de los espectros de UV-Vis.

Al comparar los espectros de infrarrojo con el espectro patrón de la tinta del marcador borrable EXPO se puede observar una semejanza significativa con el espectro obtenido de la extracción con etanol al 95% y metanol al 99.9 %; los picos son idénticos. Al analizar cada uno de los espectros se evidencia la banda característica de los aromáticos, lo que indica que cada solvente extrae tinta remanente de los marcadores borrables. Se creyó que las bandas de los espectros de infrarrojo se encontraban solapadas por las bandas de los solventes. Como consecuencia de esto, se secaron los extractos de acetona, etanol y la tinta patrón a aproximadamente 40°C para observar si se generó o no un solapamiento por los solventes.

En los espectros IR de los extractos secos de etanol, acetona y la tinta patrón se puede evidenciar mayor similitud. Se observó que entre 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$  se generaron dos bandas probablemente de enlaces C-H  $\text{sp}^3$ . Además se evidencia una banda grande entre 2200-2000  $\text{cm}^{-1}$  al parecer de los compuestos aromáticos generadores del color negro de la tinta. Las otras bandas de la huella dactilar son idénticas, lo que permite entender que al emplear acetona para extraer la tinta remanente del marcador se obtienen los componentes que posee la tinta comercial.

#### Cromatografía de capa fina – TLC

Con los resultados obtenidos en las diversas eluciones realizadas se pudo observar que el solvente cuyo extracto contiene los componentes similares al marcador comercial, fue el obtenido con acetona. Además se evidencia que el marcador comercial contiene colorantes directos, ácidos, básicos y dispersos; al igual que se observa en los extractos con acetona. Lo que indica que este solvente solubiliza los componentes de la tinta del marcador confirmando los análisis anteriores de turbidez, sólidos totales y el espectro de infrarrojo.

Por otro lado, los extractos de los solventes que no pudieron ser visibles a través de cromatografía de capa fina servirían para extracción empleando la técnica de lixiviación, ya que se obtiene el sólido de la tinta y no se solubiliza. Se podría obtener la tinta como un sólido que luego podría solubilizarse.

Teniendo en cuenta las pruebas realizadas a los extractos, se concluyó que el solvente más eficiente para obtener la tinta residual es la acetona, pero la tinta

debía ir disuelta en etanol para que pueda ser empleada en el marcador. Esto se evidenció con el espectro de infrarrojo de la tinta patrón y el extracto obtenido con etanol que fueron casi idénticos. (Ver figuras 21 y 25).

Con base en lo anterior se realizó una extracción para obtener la tinta para su posterior estudio. En la obtención de este extracto final se obtuvieron 28 gotas al emplear 21 g del polímero donde se encontraba la tinta remanente. Se obtuvo esta cantidad de tinta residual debido a que después de destilar la acetona empleada en la obtención del extracto, quedó adherido a las paredes del balón. Luego se adicionó etanol para que este fuera el vehículo que transportara el sólido (tinta obtenida) en el polímero del marcador. Aunque se produjo un sobrenadante producto de la tinta que no se pudo dispersar en el solvente mencionado, se intentó disolver la suspensión. Pero se produjo una solución, como consecuencia de esto se concentró nuevamente la mezcla para disminuir la cantidad de solvente empleado. La mezcla obtenida era menos consistente y viscosa que la tinta comercial, además tenía sólidos dispersos, generando que la tinta no se adhiriera a las paredes del recipiente que lo contenía. Este comportamiento se produjo probablemente en la recuperación de la acetona, en el proceso de destilación, debido a que se empleó un agitador con calentamiento, al cual es difícil de controlarle la temperatura, teniendo momentos de incremento o disminución de esta variable, produciendo alteraciones en los componentes de la tinta. Ya que esta contiene una resina que puede ser termo-sensible alterándose en el proceso de destilación, formando así una aglomeración de las partículas que posteriormente precipitaron. Los cuales en el momento de realizar el ensayo en el marcador recargable no pasaban a través de la punta del marcador, dificultando la escritura, es decir, no escribía el marcador al ser recargado con la nueva tinta obtenida.

Luego se realizó otra extracción empleando acetona, pero en este caso se empleó un rotaevaporador para eliminar el solvente de la tinta, el proceso de separación se llevó a cabo a 30 °C y -0.9 bar. A pesar de cambiar el método de concentración cuando el extracto alcanzó un volumen aproximado de 40 mL empezó la formación del sólido producto de la aglomeración de las partículas. Siendo nuevamente fallido el ensayo empleando este nuevo extracto. Con lo anterior se concluyó que los componentes de la tinta son sensibles a altas temperaturas, ya que estos se aglomeraron cuando la muestra se expuso a estas condiciones.

Posterior a estos intentos fallidos. Se procedió a realizar un estudio con mezclas acetona-etanol en diversas proporciones, siendo éstas 2:1, 1:1 y 1:2 y empleando agitación constante y sin ésta.

Cada uno de los extractos tuvieron el mismo espectro IR. Pero la intensidad del color era proporcional a la concentración de etanol, entre más alcohol contenía

aumentaba su estabilidad. Aunque en la coloración del extracto de la mezcla 1:1 y 1:2 no se apreciaba una diferencia de intensidad.

Teniendo en cuenta que los extractos fueron similares, se procedió a obtener un extracto empleando la mezcla de etanol-acetona 1:1 con agitación durante diferentes tiempos desde 1 a 5 horas para estudiar el tiempo de extracción. Se empleó acetona porque fue el solvente que mejor extrajo la tinta remanente, además la empresa productora del marcador comunicó vía correo electrónico que el solvente que empleaban era acetona y etanol con el fin de solubilizar los compuestos hidrófilos como podrían ser los aglomerantes, aglutinantes, resina, entre otros [37].

En este nuevo estudio se define que la extracción debía llevar a cabo durante tres horas, ya que hubo una diferencia significativa de sólidos totales en el transcurso de la segunda a tercera hora, mientras que en los otros no, esto se puede observar en la tabla # 7.

Finalmente se realizó la obtención de la tinta remanente empleando una mezcla de acetona-etanol 1:1 durante 3 horas con agitación constante. Para concentrar el extracto obtenido se empleó el rotaevaporador. En esta oportunidad se eliminó la acetona utilizando 35 °C y -0.9 bar, mientras que la concentración de etanol se fue controlando al medir la densidad hasta que se obtuvo 0.8803 g/mL empleando en este caso una temperatura de 54 °C y la misma presión. No se concentró más por temor a que ocurriera igual que con las muestras obtenidas con acetona, evitando así la aglomeración de las partículas. Se presentó una diferencia de 8.72% con respecto a la densidad de la tinta patrón que tuvo una densidad 0.80966 g/mL.

La muestra obtenida tenía la misma intensidad de color al compararla con la tinta patrón, el tiempo de secado era similar, pero cuando se realizó el ensayo de secado en una superficie blanca (NTC 2857), se observó una diferencia en la disposición de las partículas. Mientras que en el patrón había uniformidad, en el extracto seco se observó que las partículas estaban dispersas. Se procedió a realizar la carga del marcador utilizando 40 gotas de la tinta nueva, en el instante pudo escribir. Se produjo un secado adecuado en el tablero, escribió como un marcador nuevo. Pero después de 3 días se procedió a escribir con el marcador recargado y éste estaba nuevamente seco, lo que indicó que el etanol fue quien estimuló el aumento de la intensidad de la tinta del marcador y la tinta recuperada no realizó la función que le correspondía. Este comportamiento fue generado por la alteración de uno de sus componentes, ya que la tinta borrable está compuesta por un elastómero termoplástico, lubricante, resina, dispersante, colorante y solvente [37]. Como no se conoce la composición exacta de la tinta borrable de marcador EXPO no se puede decir que fue causado por la alteración de este, ya

que la empresa solo suministro el tipo de solvente porque los demás componentes no los podía compartir.

La alteración de uno de los componentes se pudo apreciar por la dispersión de las partículas de la tinta obtenida, ya que cuando ésta se secaba mostraba una apariencia diferente a la tinta patrón.

## CONCLUSIONES

La tinta remanente de los residuos de los marcadores borrables fue obtenida exitosamente, la polaridad de los solventes empleados fue un factor que influyó en gran medida con la obtención de la misma; siendo los mejores extractores acetato de butilo, tetracloruro de carbono y acetona.

El solvente más eficiente para obtener la tinta residual era la acetona, pero la tinta debía ir disuelta en etanol para que ésta pudiera ser empleada en el marcador. Esto se evidenció con el espectro de infrarrojo de la tinta patrón y el extracto obtenido con etanol que fueron casi idénticos.

El análisis de las propiedades de la tinta patrón del marcador EXPO son similares a los de los extractos obtenidos. Principalmente cuando el extracto obtenido con acetona se secó, dio lugar a un espectro de infrarrojo idéntico.

Tanto la tinta remanente como la tinta recuperada, contienen colorantes dispersos y directos. Estos fueron extraídos eficientemente al emplear acetona, y se pudo evidenciar con los  $R_f$  de cromatografía de capa fina.

El extracto coloreado obtenido de la tinta remanente de los marcadores borrables usados, no cumple con las todas características requeridas para igualar las propiedades de la tinta comercial, pues no cumplió con la función para la cual fue diseñada, es decir, escribir.

## RECOMENDACIONES

A continuación se hacen algunas recomendaciones para posteriores estudios:

- Continuar con un estudio para la eliminación de la tinta remanente. Se recomienda un estudio sobre la eliminación catalítica o fotocatalítica de la tinta, ya que esta está compuesta por componentes polares
- El polímero que contiene la tinta remanente una vez extraída, puede ser objeto de estudio, buscando una forma de reutilizarla o eliminarla.
- Determinar los componentes de la tinta obtenida de la extracción empleando una columna cromatográfica especial para colorantes, ya que conociendo la composición de la tinta se puede buscar una mejor manera de reutilizar la tinta remanente.

## REFERENCIAS

- [1] Borracryl Ltda. (2009). Kit de borrado y escritura para tablero acrilico. Bogotá D.C., Colombia.
- [2] Patentes. (2000). *Patentes Online:Composicion de tinta borrrable y un instrumento marcador que la contiene*. Obtenido de Patentes Online:Composicion de tinta borrrable y un instrumento marcador que la contiene: [www.patentesonline.com.mx](http://www.patentesonline.com.mx)
- [3] Patentes. (1993). *Patentes Online:Tintas Borrables*. Obtenido de Patentes Online:Tintas Borrables: [www.patentesonline.com.mx](http://www.patentesonline.com.mx)
- [4] Gonzáles, G. T. (s.f.). Tratamiento de aguas coloridas del laboratorio “A” de química de la facultad de ciencias químicas de Poza Rica. . *Tesis para presentar el examen demostrativo de la experiencia educativa de experiencia recepcional del programa*.
- [5] Erazo, P. M. (2013). *Ecología: Impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente*. Colombia: ECOE.
- [6] Maldonado, A. N. (2011). *Estudio para la reducción de colorantes de las aguas residuales de la industria textil a través de procesos electroquímicos*. (U. P. Salesiana, Ed.) Cuenca, Ecuador.
- [7] Norma Técnica Colombiana NTC 2857. *Equipos y útiles de oficina. Marcadores*. Colombia. 03 de Abril de 1991.
- [8] Patentes, O. (2002). *Patentes Online*. Obtenido de Composicion de tinta borrrable, instrumento marcador que la contiene, poliuretano-urea transportable en agua y polimero colorante: <http://www.patentes-online.com.ar/>
- [9] Entec Polymers (2014). *Copolímeros en bloque de Estireno Butadieno*. Entec Polymers. Recuperado de <http://www.entecpolymers.com/es/descripcion-del-producto/tipos-de-resina/copolimeros-en-bloque-de-estireno-butadieno/>
- [10] García, L. A. (2013). *Procedimiento y técnicas tintóricas*. Open Conseware Universidad de Murcia. Facultad de Bellas Artes.
- [11] Mauro, M. A. (2001). *La química en la restauración: los materiales del arte pictórico* (Vol. VII ). (G. L. Emiliano Bruno, Trad.) NEREA.



- [12] Treybal, R. (1937). Operaciones de transferencia de masa. *Zhurnal Eksperimental'noi I Teoreticheskoi Fiziki*, 865.
- [13] Unitarias, O., Profesor, O. U., & Fica, C. a B. (n.d.). Tema 4: Tipos de Operaciones Unitarias, 1–29.
- [14] Buendía Molina, P. (1991). *Prácticas de química orgánica*. Editorial Editum. Universidad de Murcia. Murcia, España.
- [15] Universidad de Barcelona. *Tipos de extracciones*. Recuperado de [http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio\\_tip.html](http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_tip.html)
- [16] Laitinen, Herbert A; Harris, Walter E. (1982). *Análisis químico*. Editorial McGraw-Hill. Barcelona, España.
- [17] Olivares, Armando Patiño (2000). *Introducción a la ingeniería química: balances de masa y energía. Tomo I*. universidad iberoamericana. Santa fe, Ciudad de México.
- [18] Coulson, John Metcalfe; Richarson, J. F.; Backhurst, J. R. (1981). *Ingeniería química: unidades SI Operaciones básicas*. Editorial reverté. Barcelona, España.
- [19] Doménech, Xavier; Peral Pérez, José (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Editorial Reverte. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.
- [20] Ideam. (2011). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. *Ministerio de Ambiente, 1–5. Turbiedad por nefelometría en el equipo turbiquant 1300*. Fecha 05 junio 2007.
- [21] El crisol S.A. de C.V. Revista de Sistemas para análisis de calidad de agua. Información y asesoría técnica. p85
- [22] Skoog, Douglas A., Holler, F. James; Crouch, Stanley R. (2009). *Principios de análisis instrumental*. Editorial Cengage Learning. Sexta edición.
- [23] Espectroscopia. Lección 2: Teoría de absorción molecular UV-Vis. Universidad Nacional Abierta y a Distancia extraído de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401539/exe-2%20de%20agosto/leccin\\_2\\_teora\\_de\\_la\\_absorcin\\_molecular\\_uvvis.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/401539/exe-2%20de%20agosto/leccin_2_teora_de_la_absorcin_molecular_uvvis.html)
- [24] Ramírez Arango, Sebastián; Pérez Gómez, Ana María (2012). *Montaje y estandarización de un método para la determinación de hidrocarburos totales en*

*matrices de agua por medio de las técnicas de infrarrojo y ultravioleta.* Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.

[25] Universidad de Antioquia. *Transiciones electrónicas de compuestos orgánicos.* Recuperado de <http://farmacia.udea.edu.co/pcardona/curso/assets/Unidad-2/UVTransiciones-electrnicas.pdf>

[26] Bolaños, Luis (2013). Comisión Docente de fisiología Vegetal. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid obtenido de [https://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/bolarios/BiologiaCCAA/Guiones/Practica1\\_archivos/image008.jpg](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/bolarios/BiologiaCCAA/Guiones/Practica1_archivos/image008.jpg)

[27] Castro Eusse, Federman (2013). *Análisis instrumental I. Manual de prácticas de laboratorio.* Universidad Tecnológica de Pereira.

[28] Castro Eusse, Federman. *Análisis instrumental I. algunos métodos fotométricos y electrométricos. Apuntes de clase.* Universidad Tecnológica de Pereira.

[29] Ficha técnica. PharmaSpec UV-1700 Shimadzu UV-VIS Spectrophotometer

[30] ficha técnica. Agilent Cary 630 FTIR. Recuperado de <http://hpst.cz/sites/default/files/attachments/cary630-5990-8571en-specsheet.pdf>

[31] Ramírez Arango, Sebastián; Pérez Gómez, Ana María (2012). *Montaje y estandarización de un método para la determinación de hidrocarburos totales en matrices de agua por medio de las técnicas de infrarrojo y ultravioleta.* Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.

[32] Skoog, D. A. (2007). *Principios de análisis instrumental* (VI ed.). México: Cengage Learning.

[33] ficha técnica. Agilent Cary 630 FTIR. Recuperado de <http://hpst.cz/sites/default/files/attachments/cary630-5990-8571en-specsheet.pdf>

[34] Lamarque, A. D. (2008). *Fundamentos teórico-prácticos de química orgánica.* Argentina: Brujas.

[35] Guarnizo, A. F. (2009). *Experimentos de química orgánica.* Armenia, Quindío, Colombia: ELIZCOM S.A.S.

[36] Aucejo, A. M. (2011). *Laboratorio de análisis instrumental.* Valencia: Universidad de Valencia.

[37] Brenneman, R., Drennan, P., Arons, I., Pincus, A. and Ramzan, C. (1988). *Composición de la tinta borrrable*. 4,721,739.

## OTRAS REFERENCIAS

Bolaños V., Nuria; Lutz, Giselle; Herrera, Carlos H. (2003). *Química de alimentos: Manual de laboratorio*. Editorial Universidad de Costa Rica.

Cardona, C. N. (2012). *ACTIVIDAD ALELOPÁTICA Y ANTIBACTERIANA DE FRACCIONES POLARES F1-C, F1-D Y F1-F OBTENIDAS DE *Henriettella trachyphylla* Triana (MELASTOMATACEAE)*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira: UTP.

Coulson, J. R. (1981). *Ingeniería química operaciones básicas*. Barcelona: Reverté S.A.

Duperly Yaruro, Gladis; Laverde, Dionisio Antonio; Escalante, Humberto (2005). *Extracción líquido-líquido de bario con DEPHA: equilibrio químico*. Universidad Industrial de Santander. Colombia.

F. Pino, P. D. (1983). *Análisis de elementos-traza por espectrofotometría de absorción molecular ultravioleta-visible*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Freifelder, D. (1981). *Técnicas de bioquímica y biología molecular* (Vol. III). Reverte.

Klages, F. (s.f.). *Tratamiento de química orgánica* (Vol. I). España: Revérte, S.A.

Leonardo, C. E. (Marzo de 2011). *MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES* Manual de buenas prácticas ambientales. Bogotá D.C, Colombia.

Lerma, H. D. (1999). *Metodología de la Investigación: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto*. Universidad Tecnológica de Pereira.

Marcano, D. (1990). *Introducción a la química de los colorantes*. La Candelaria, Caracas, Venezuela: Reverte Venezolana S.A.

Miller, J. N. (2002). *Estadística y quimiometría para la química analítica* (Vol. IV). (U. P. Madrid, Ed.) Madrid: Prentice Hall.

Niño Osorio, J. (2001). *Manual de prácticas Química Orgánica II*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Protocolo de Kioto. (1998). *Comisión Nacional del Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/medioambiente/Documents/Normativa/Tratados%20Internacionales/foarticle25995.pdf>


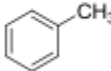

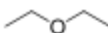



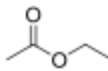


Ramírez Arango, Sebastián; Pérez Gómez, Ana María (2012). Montaje y estandarización de un método para la determinación de hidrocarburos totales en matrices de agua por medio de las técnicas de infrarrojo y ultravioleta. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira.

Sánchez Arcila, F. G. (2012). *Estudio comparativo por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE) del contenido de vitaminas liposolubles (alfa-tocoferol y beta-caroteno) en el mucilago de plantas de Aloe Vera (Barbadensis miller) cultivadas en diferentes municipios de Risaralda*. Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda . Pereira: UTP.

UNAD. (Julio de 2013). *UNAD-Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Obtenido de <http://datateca.unad.edu.co/>

## ANEXOS

*Anexo 1 – Tabla de disolventes más usados en orden de polaridad*

-	P O L A R I D A D	↓	DISOLVENTES	ESTRUCTURA	pe (°C)	pe (°C) Cd. México	DENSIDAD $\delta$ (g/mL)
			Hexano		69		0.659
			Tolueno		110		0.865
			Benceno		80		0.874
			Éter dietílico		35		0.706
			Tetracloruro de carbono		77		1.604
			Cloroformo		61		1.492
			Cloruro de metileno (diclorometano)		40		1.325
			Acetato de etilo		77		0.902
			Acetona		56		0.791
			Etanol		78		0.785
			Metanol	$\text{H}_3\text{C}-\text{OH}$	65		0.791
			Agua	$\text{H}-\text{O}-\text{H}$	100		1.000
		+					

**NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA**

**NTC  
2223**

1986-11-19

---

**EQUIPOS Y ÚTILES DE OFICINA.  
TINTA LÍQUIDA PARA ESCRIBIR**



E: OFFICE EQUIPMENT AND IMPLEMENTS. LIQUID INK FOR  
WRITING

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES: tinta líquida; tinta para estilógrafo;  
tinta; estilógrafo.

---

I.C.S.: 87.080.00

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078888 - Fax 2221435

---

Prohibida su reproducción

Editada 2001-09-11

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2223 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1986-11-19.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico.

ANDIGRAF

GILLETTE DE COLOMBIA S.A.

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ACOPI

ANDI

BEROL S.A.

CONFEDERACIÓN COLOMBIANA DE

CONSUMIDORES

DISEÑARTE

ESTERBROOK

FENALCO

GILLETTE DE COLOMBIA S.A.

INDUSTRIAS PARKER DE COLOMBIA

PELIKAN PRODUCTORES INDISTRI LTDA.

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

**EQUIPOS Y ÚTILES DE OFICINA.  
TINTA LÍQUIDA PARA ESCRIBIR**

**1.    OBJETO**

Esta norma establece las características y métodos de ensayo de las tintas azul, azul - negra, negra y roja para escribir, destinada a uso general en estilógrafos.

**3.    CONDICIONES GENERALES**

**3.1**    La tinta para escribir debe ser un líquido uniforme, libre de sedimento, materiales en suspensión o elementos extraños; no debe presentar separación de componentes o coagulación.

**3.2**    La tinta debe fluir de la pluma fácil y libremente sin interrupciones permitiendo una escritura suave (no abrasiva) y secar rápidamente.

**3.3**    El matiz del color de la tinta debe ser uniforme a través de toda la escritura.

**3.4**    La tinta o sus componentes no deben atravesar completamente el papel cuando la escritura se realiza sobre un papel bond (véase la NTC 1673).

**3.5**    La tinta permanente debe presentar un nivel despreciable de pérdida de color al ser expuesta a la luz del día, rayos ultravioleta o sumergirla en agua o alcohol.

**4.    REQUISITOS**

Las tintas para escribir azul, azul - negra, negra y roja deben cumplir con los requisitos indicados en la Tabla 1.

**5    TOMA DE MUESTRAS Y RECEPCIÓN DEL PRODUCTO**

**5.1    INSPECCIÓN VISUAL**

Se someterán a inspección visual todos los envases de la remesa, y sí se comprobara la existencia de envases que presentan sedimento, se rechazará la remesa.



---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2223**

---

**5.2 LOTES**

Se agruparán formando lotes, los envases de igual volumen de la remesa.

**Tabla 1. Requisitos de la tinta para escribir**

Características		Requisitos
Sedimento		Para la tinta negra, máx. 10 g/dm <sup>3</sup> Para las tintas azul, azul – negra y roja, máx. 2,5 g/dm <sup>3</sup>
Aptitud de Escritura	Color	Uniforme y de intensidad y tonalidad similares a la de la tinta tipo
	Forma y espesor del trazo	Similares a los de la tinta tipo
	Penetración	No superior a la de la tinta tipo
Comportamiento a la acción de la luz difusa		No inferior al de la tinta tipo
Resistencia a la acción de la luz		No inferior a la de la tinta tipo
Resistencia a la acción del agua y del alcohol		No inferior a la de la tinta tipo
Alteración al aire		No formará depósitos, adherencias ni mohos en mayor cantidad que la tinta tipo
Corrosión de plumas		No superior a la de la tinta tipo
pH		Menor de 3,3

**5.3 MUESTRAS**

De cada lote se extraerá una muestra de 1 500 cm<sup>3</sup>. Si el lote consta de 500 envases o fracción, la muestra se tomará del 5 % de los mismos, elegidos al azar con un mínimo de 3 envases. Cuando el número de envases que componen el lote sea superior a 500, se extraerá de 25 envases. Cuando la capacidad de los envases sea tan pequeña que, de acuerdo con lo indicado, la cantidad extraída no complete los 1 500 cm<sup>3</sup>, se extraerá de otros envases la cantidad adicional necesaria para completar el volumen citado.

**5.4 FRACCIONAMIENTO DE LA MUESTRA**

La muestra que se obtenga se fraccionará en tres porciones de igual volumen que se envasarán en frascos de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad, dichas fracciones debidamente cerradas, se sellarán y rotularán convenientemente dejándose constancia del nombre del proveedor, fecha de recepción, tipo de recepción, tipo de envase, descripción del producto, cantidad, nombre y firma de las partes interesadas y de todos aquellos datos que se consideren convenientes a los efectos de precisar o identificar el producto. Una de las porciones se destinará a los ensayos, la segunda se entregará al proveedor y la tercera se reservará para los casos de discrepancia, la que sólo será abierta de acuerdo con lo que convengan las partes.

**5.5 EXTRACCIÓN DE MUESTRAS**

Se efectuará, previa homogeneización del contenido, empleado una pipeta de vidrio.

**5.6 ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en la presente norma se rechazará el lote. En caso de discrepancia se efectuarán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso, será motivo para rechazar el lote.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2223**

---

**6. MÉTODOS DE ENSAYO****6.1 PREPARACIÓN DE LA TINTA TIPO**

Para efectuar las determinaciones comparativas debe prepararse una tinta tipo de la siguiente composición:

**6.1.1 Tinta tipo azul**

Azul de metileno (Color Index No. 922)	5,0 g
Agua destilada para completar 1 000 cm <sup>3</sup> de solución	La necesaria

**6.1.2 Tinta tipo azul negra**

Ácido gálico cristalizado	10,0 g
Sulfato ferroso cristalizado (FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O)	15,0 g
Ácido tartárico	1,0 g
Azul soluble (Color Index No. 707).	3,5 g
Agua destilada para completar 1 000 cm <sup>3</sup> de solución	La necesaria

**6.1.3 Tinta tipo negra**

Se efectúa según lo acordado entre el comprador y vendedor

**6.1.4 Tinta tipo roja**

Eosina (Color Index No. 768)	17,0 g
Croceína escarlata (Color Index No. 252)	1,5 g
Agua destilada para completar 1 000 cm <sup>3</sup> de solución	La necesaria

**6.2 DETERMINACIÓN DEL SEDIMENTO**

La muestra destinada a ensayos se mantiene en reposo durante 24 h a una temperatura de 20 °C a 25 °C; transcurrido ese lapso se coloca el envase en alto, contra la luz, inclinándolo suavemente y se observa a simple vista si la muestra presenta sedimento en algún lugar del envase. Si se observa sedimento, se agita vigorosamente el envase, se deja nuevamente en reposo 24 h a la temperatura indicada y se compara con un patrón conocido. Los límites de aceptación se presentan en la Tabla 1.

**6.3 DETERMINACIÓN DE LA APTITUD DE ESCRITURA****6.3.1 Material**

- Varios tubos de vidrio de unos 250 mm de longitud y 3,5 mm de diámetro interior, con una marca a 62 mm de su extremo inferior, de manera que puedan dejarse caer 0,6 cm<sup>3</sup> de tinta.
- Una hoja de papel blanco para escribir.

### **6.3.2 Procedimiento**

- a) Se coloca la hoja sobre un tablero con una inclinación de 45° y se fija de manera que su borde inferior sobresalga alrededor de 1 cm. Se coloca verticalmente el tubo, apoyando su extremo inferior sobre la parte superior de la hoja y se hacen fluir, de una sola vez y para cada reguero, 0,6 cm<sup>3</sup> de la tinta en el sentido de fabricación del papel, determinado según se indica en la NTC 389, formando 3 ó 4 regueros, e inmediatamente se efectúa análoga operación dejando caer la tinta en ensayo mediante otro tubo.
- b) La hoja se expone al aire y a la luz difusa hasta que los trazos se hayan secado y luego se examinan el anverso y el reverso de la hoja, observando sus características generales y en particular, la uniformidad, intensidad y tono del color de la tinta en examen en relación con la tinta tipo, así como la forma y espesor del trazo y el grado de penetración.

### **6.4 DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A LA ACCIÓN DE LA LUZ DIFUSA**

**6.4.1** La hoja preparada de acuerdo con el numeral 6.3.2 se expone durante 7 d a la acción de la luz difusa y se compara la intensidad del color de la tinta en examen y de la tinta tipo.

**6.4.2** De la hoja usada en 6.4.1, se cortan 3 probetas de 1,5 cm de ancho, en ángulo recto con respecto a los trazos, descartando los 2 últimos centímetros, las cuales se emplean para determinar las resistencias a la luz, agua y alcohol y el resto se conserva al abrigo de la luz y de los agentes químicos, para fines de comparación.

### **6.5 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ACCIÓN DE LA LUZ**

Una de las probetas obtenidas según el numeral 6.4.2 se expone a la acción de la luz. Ello puede hacerse sometiéndola durante 94 h a la acción de la luz solar o bien, durante 24 h a la acción de una lámpara de rayos ultravioleta, situando la probeta a 15 cm del foco. El ensayo se considera satisfactorio cuando al observar comparativamente el color de los trazos de la tinta en examen y el de la tinta tipo no se aprecia un debilitamiento del de la primera con respecto al de la segunda.

### **6.6 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ACCIÓN DEL AGUA Y DEL ALCOHOL**

Una de las probetas obtenidas según el numeral 6.4.2 se sumerge en una solución al 50 % en volumen, de etanol al 96 % y otra en agua destilada, a temperatura ambiente, manteniendo la inmersión durante 24 h, transcurrido dicho lapso se retiran las probetas y se dejan secar al aire libre y luz difusa. El ensayo se considera satisfactorio cuando los trazos de la tinta en examen no se han decolorado más que los de la tinta tipo.

### **6.7 DETERMINACIÓN DE LA ALTERACIÓN AL AIRE**

En sendos vasos de precipitados de 100 cm<sup>3</sup> y de unos 50 mm de diámetro, se colocan 25 cm<sup>3</sup> de la tinta en examen y de la tinta tipo, se cubren con un vidrio de reloj y se mantienen durante 7 d, evitando toda agitación; transcurrido dicho lapso se examinan las superficies de los líquidos, así como las paredes y el fondo de los vasos, para observar la presencia de adherencias, mohos o depósitos.

**6.8 DETERMINACIÓN DE LA CORROSIÓN DE PLUMAS**

**6.8.1 Material**

- Ocho plumas de acero de igual marca, extraídas de una misma caja
- Un lienzo.

**6.8.2 Reactivos**

- Alcohol etílico
- Éter etílico.

**6.8.3 Procedimiento**

- a) Se desengrasan las plumas lavándolas primero con alcohol etílico y luego con éter etílico, se secan a una temperatura de 100 °C – 105 °C en estufa con circulación de aire y se pesan por pares con la precisión de 0,1 mg, teniendo especial cuidado durante todas estas operaciones de no tocar las plumas con los dedos.
- b) Se toman cuatro cristalizadores de unos 5 cm de diámetro y de 4 cm a 5 cm de altura y se colocan porciones de 25 cm<sup>3</sup> de la tinta tipo en dos de ellos y porciones de 25 cm<sup>3</sup> de la tinta en examen en cada uno de los restantes. En cada cristalizador se sumerge un par de plumas, cuidando que no queden una sobre otra y se dejan en ese estado, cubiertas con un vidrio reloj, durante 48 h a temperatura ambiente.
- c) Transcurrido dicho lapso, se retiran las plumas de los recipientes y se frotran con el lienzo empapado en agua hasta dejarlas completamente limpias. Luego se lavan con alcohol etílico, se secan a una temperatura de 100 °C – 105 °C en estufa con circulación de aire y se vuelven a pesar por pares con la precisión de 0,1 mg.

**6.8.4 Interpretación de los resultados**

- a) Se determina la diferencia entre las pesadas efectuadas según 6.8.3 (a) y 6.8.3 (c) y la pérdida de masa de las plumas se expresa en miligramos, con una cifra decimal.
- b) Se determinan los valores promedio de las pérdidas de masa de los respectivos pares sumergidos en la tinta en examen y en la tinta tipo y se consideran correctos si los valores de cada par no difieren en más del 10 % del promedio correspondiente. Si no es así, se repite la determinación hasta que ello ocurra, comparándose luego los valores promedios obtenidos.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2223**

---

**6.9 DETERMINACIÓN DEL PH**

Se efectúa usando un potenciómetro corriente.

**7. EMPAQUE Y ROTULADO**

**7.1** La tinta para escribir se envasará en recipientes de material adecuado que resistan el uso normal. Los recipientes no deben causar cambios en la composición de la tinta, ni deteriorarse con sus componentes.

**7.2** El rótulo debe tener como mínimo la siguiente información:

- a) Nombre del producto y marca comercial.
- b) Nombre del fabricante y dirección.
- c) Color de la tinta.
- d) Contenido neto de unidades del Sistema Internacional.
- e) Industria Colombiana.
- f) Registro de fabricación.
- g) Código de fabricación.

**9. APÉNDICE****9.1 NORMAS QUE DEBEN CONSULTARSE**

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad del mismo. En el momento de su publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización; los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 389: Papel y cartón. Método para determinar la dirección de fabricación.

NTC 1673: Papel y cartón. Papel para escribir e imprimir.

**9.2 DOCUMENTO DE REFERENCIA**

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Tinta azul – negra para escritura corriente, Buenos Aires. Argentina (IRAM 3013).

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Tinta roja para escribir, Buenos Aires. Argentina (IRAM 3023).

INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES. Tinta azul para escritura corriente, Buenos Aires. Argentina (IRAM 3026).

**NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA**

**NTC  
2857**

1991-04-03

---

**EQUIPOS Y ÚTILES DE OFICINA.  
MARCADORES**



E: OFFICE EQUIPMENT. MARKERS

---

CORRESPONDENCIA:

---

DESCRIPTORES: útiles de oficina; marcadores.

---

I.C.S.: 97.180.00

---

Editado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 6078688 - Fax 2221435

---

Prohibida su reproducción

Edición 2004-05-10

## PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 2857 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1991-04-03

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico C380002 Elementos para escritura.

ESTERBROOK PEN COMPANY DE COLOMBIA  
GILLETTE DE COLOMBIA  
ICOLÁPIZ

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

**DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN**

**EQUIPOS Y ÚTILES DE OFICINA.  
MARCADORES**

**1. OBJETO**

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los marcadores.

**2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN**

Para efectos de esta norma se establecen las siguientes:

**2.1 DEFINICIONES**

**2.1.1** Marcadores: Instrumento de escritura o de dibujo desechable, de tinta indeleble, suministrada por capilaridad a través de una punta de felpa, de plástico extruido o de otro material que produce trazos de variable intensidad dependiendo del tipo de punta.

**2.1.2** Punta biselada: aquella de felpa, plástico extruido u otro material, cortada en ángulo, que permite tres tipos de trazos.

**2.1.3** Punta cónica: aquella de felpa, plástico extruido u otro material, terminada en cono, que permite un solo trazo.

**2.2 CLASIFICACIÓN**

De acuerdo con la forma de la punta, el marcador se clasifica en:

- Tipo 1. Con punta de fieltro o plástico poroso, punta biselada de tinta insoluble en agua.
- Tipo 2. Con punta de fieltro duro, punta cónica de tinta insoluble en agua.

**3. CONDICIONES GENERALES**

**3.1** El marcador debe estar libre de imperfectos o defectos que puedan afectar su uso y durabilidad. No debe ser recargable y debe funcionar por acción capilar. La tinta debe



---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2857**

---

permanecer dentro del marcador en un material absorbente, de tal forma que no haya líquido libre dentro de éste.

**3.2** El contenedor debe ser de plástico o metálico, o una combinación de estos materiales, y construido de tal forma que la tinta solamente pueda emerger por la punta de escritura. Debe poseer una tapa de buen ajuste para dar protección contra la evaporación.

**3.3** La tapa o el cuerpo del marcador debe estar coloreado para identificar el color de la tinta.

La tapa y el cuerpo del marcador deben tener acabado uniforme, libre de astillas, cortes, puntas, rugosidades y otros defectos.

**3.4** El marcador debe cumplir con todos los requisitos de esta norma después de 6 meses de almacenamiento normal.

#### **4. REQUISITOS**

##### **4.1 DIMENSIONES**

El marcador con la tapa puesta cumplirá con las siguientes dimensiones cuando se ensaye, de acuerdo con el numeral 6.1.

Longitud: entre 120 mm y 175 mm

Diámetro: entre 15 mm y 20 mm

##### **4.2 ANCHO DE ESCRITURA**

Cuando el marcador se ensaye de acuerdo con el numeral 6.2, el Tipo 1 deberá producir un ancho de línea de 3 mm a 5 mm y el Tipo 2 de 0,75 mm a 2 mm.

##### **4.3 UTILIZACIÓN INICIAL**

Cuando los marcadores Tipo 1 y 2 se ensayen, de acuerdo con el numeral 6.3, deberán producir una línea continua de 200 mm dentro de 3 trazos después de tener el marcador sin tapa por 40 min, dentro de 4 trazos después de estar sin tapa 60 min, y dentro de 3 trazos después de retirar la tapa 4 h y un tiempo de recuperación de 24 h con tapa.

##### **4.4 AJUSTE ENTRE EL CUERPO Y LA TAPA**

Cuando los marcadores Tipo 1 y 2 se ensayen de acuerdo con el numeral 6.4, no deberán producir pérdida de tinta mayor de 3 mg.

##### **4.5 CONTENIDO UTILIZABLE DE TINTA**

Cuando los marcadores se ensayen, de acuerdo con el numeral 6.5, la mínima cantidad de tinta utilizable para el Tipo 1 deberá ser de 9 g y para el Tipo 2 de 4,5 g.

**4.6 CARACTERÍSTICAS DEL TRAZO**

Las líneas dibujadas como se describe en el numeral 6.6, deberán ser de intensidad uniforme y claramente legibles.

**4.7 TIEMPO DE SECADO**

Las líneas deberán secarse en menos de 5 s sobre papel y en menos de 60 s sobre aluminio, cuando se ensayen de acuerdo con el numeral 6.7 no deberán presentar manchas.

**4.8 RESISTENCIA AL AGUA**

Cuando el marcador se ensaye, de acuerdo con el numeral 6.8, los trazos no deberán mostrar cambios marcados en el color ni en la forma, y el papel de secado no deberá mostrar manchas.

**4.9 RESISTENCIA AL IMPACTO**

Cuando el marcador se ensaye, de acuerdo con el numeral 6.9, no deberá presentar fugas permanentes, la tapa y el tubo no deberán mostrar daños y la punta de escritura deberá permanecer firme.

**4.10 ENVEJECIMIENTO ACELERADO**

Cuando se ensaye el marcador, de acuerdo con el numeral 6.10, no se deberán presentar deformaciones ni fugas y el trazo no presentará cambios notorios en el color y la forma.

**4.11 ESTABILIDAD DEL COLOR**

Cuando se realice el ensayo establecido en el numeral 6.11, las líneas trazadas no deberán mostrar un decrecimiento en la intensidad del color comparadas con el patrón.

**5. TOMA DE MUESTRA Y CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO****5.1 TOMA DE MUESTRAS**

**5.1.1** Para verificar la conformidad del lote con las características establecidas en el Capítulo 3, se tomarán al azar el número de marcadores correspondiente a la Tabla 1 y se inspeccionarán visualmente.

Tabla 1. Plan de muestreo (condiciones generales)

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra	Número de aceptación
100 a 800	75	1
801 a 1 300	110	2
1 301 a 3 200	150	3
3 201 a 8 000	225	4
8 001 a 22 000	300	5
22 001 a 110 000	450	7
110 001 a más	750	11

**5.1.2** Para verificar la conformidad del lote con los requisitos establecidos en el Capítulo 4 se tomará al azar de la muestra anterior una segunda muestra, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2, y se someterá a los ensayos del Capítulo 6.

---

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2857**

---

Tabla 2. Plan de muestreo (Requisitos)

Tamaño del lote		Tamaño de la muestra	No. Total de defectuosos permitidos (máximo)	No. de fallas permitidas para cualquiera de los requisitos
100	a	10 000	1	1
10 001	a	50 000	2	1
50 001	a	100 000	3	2
100 001	a	más	4	2

**5.2 ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Se considera que el lote cumple con los requisitos de la presente norma, si después de someter a inspección y ensayo las muestras obtenidas de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.1, se presenta lo siguiente:

- a) El número total de defectuosos que se encuentre en la muestra obtenida de acuerdo con el numeral 5.1.1, no debe exceder al número de aceptación respectivo de la Tabla 1.
- b) En la muestra obtenida de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.1.2, el número total de defectuosos encontrados y el número de marcadores que fallen, con cualquiera de los requisitos, no deben exceder los números de aceptación de la Tabla 2.

**6. ENSAYOS****6.1 DIMENSIONES**

Se determina con un instrumento que dé la precisión requerida.

**6.2 DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE ESCRITURA**

Con el marcador Tipo 2 en posición vertical se dibujan líneas sobre un tablero y para el marcador Tipo 1 se dibujan las líneas por el lado que ofrezca el trazo más ancho, ajustando la posición al ángulo de la punta debajo de una masa de  $85 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$ . Se mide el ancho de la línea.

**6.3 UTILIZACIÓN INICIAL**

Se coloca un marcador sin tapa en posición vertical con la punta de escritura hacia arriba. Después de 40 min y 60 min de intervalo se dibuja una línea de 200 mm sobre una hoja de papel bond de 60 g/m<sup>2</sup> (véase la NTC 1673) a una velocidad aproximada de 100 mm/s con una presión de escritura aproximada de 85 N, hasta obtener la línea continua de 200 mm. Después se deja el marcador con la punta de escritura hacia arriba y sin tapa por 4 h. Se coloca la tapa y se deja el marcador en posición horizontal por 24 h, después se hacen trazos sobre el papel hasta obtener una línea ininterrumpida de 200 mm.

**6.4 DETERMINACIÓN DEL AJUSTE ENTRE EL CUERPO Y LA TAPA**

Se toman 5 marcadores, se destapan y se tapan con la mano 20 veces, se dibuja una línea de 100 mm con cada marcador. Se tapan y se pesan los marcadores y se registra la masa total de estos. Se dejan los marcadores tapados por 24 h, se pesan nuevamente y se obtiene el total de

la masa, la diferencia entre las 2 masas totales dividida en 5 es el promedio de pérdidas por marcador.

#### **6.5 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO UTILIZABLE DE TINTA**

Se toman 3 marcadores, se pesa cada uno en una balanza con precisión del mg y se anotan las masas. Se colocan los marcadores sobre el aparato de escritura disponible de tal forma que queden perpendiculares a la superficie de escritura para producir la línea más ancha posible. Se coloca una masa de  $85 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$  sobre cada marcador. Se determina el ancho del trazo de acuerdo con el numeral 6.2, usando una hoja de papel blanco bond de  $50 \text{ g/m}^2$  tipo teletipo. Se mueve el papel donde se están probando los marcadores por 15 min, entonces se prueba de nuevo el ancho de trazo como en el numeral 6.2. Se retornan los marcadores al aparato de escritura. Se mueve el papel hasta que las marcaciones sean de baja intensidad. Se desmontan, se tapan y se dejan en posición horizontal de 16 h a 24 h para obtener su recuperación. Se repite la prueba de escritura con periodos de recuperación 3 veces más, se pesan de nuevo los marcadores y se obtiene la diferencia de peso de cada uno como el contenido de tinta utilizable.

#### **6.6 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TRAZO**

Se dibujan líneas sobre papel bond de  $60 \text{ g/m}^2$  (véase la NTC 1673), vidrio liso y placas plateadas lisas y se examinan las líneas respecto a su intensidad y uniformidad.

#### **6.7 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SECADO**

**6.7.1** Se dibujan líneas de mínimo 150 mm de largo sobre las superficies de prueba papel bond de  $60 \text{ g/m}^2$  (véase la NTC 1673) y aluminio, se dejan secar 5 s sobre el papel y 1 min sobre el aluminio.

**6.7.2** Después se coloca una hoja de papel bond sobre las líneas y una masa de 200 g de 30 mm de diámetro sobre la hoja en el centro del margen superior, se mueve la hoja con la masa perpendicularmente cruzando el centro de la línea a una velocidad aproximada de 100 mm/s. Se examina la superficie de prueba y se observa si hay manchas. Se acepta un pequeño trazo de color transferido a la hoja de encima y un pequeño estriamiento de la línea hecha sobre el aluminio.

#### **6.8 RESISTENCIA AL AGUA**

Se dibujan líneas sobre papel bond de  $60 \text{ g/m}^2$  (véase la NTC 1673), se dejan secar 5 min. Se sumerge el papel en agua a la temperatura ambiente a una profundidad correspondiente a los 2/3 partes de la altura de los trazos durante 4 h. Se retira el papel del agua, se deja secar 1 h y se examinan los trazos por cambios en el color y en la forma, se prueba el manchado de los trazos de acuerdo con el numeral 6.7.2.

#### **6.9 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL IMPACTO**

Se deja caer el marcador tapado 3 veces sobre un piso de madera desde una altura de 1,3 m, primero con la punta de escritura hacia arriba, segundo sobre el costado y tercero sobre la tapa. Se examina el cuerpo, la tapa y la punta para comprobar si presentan deformaciones y fugas. Se dejan caer una vez más sobre cada lado y se examina nuevamente. Se dibujan unos trazos agudos, círculos, rectas y se examina la punta de escritura.

**6.10 DETERMINACIÓN DEL ENVEJECIMIENTO ACCELERADO**

Con el marcador se dibuja una línea de 200 mm de largo sobre una hoja de papel bond de 60 g/m<sup>2</sup>. Se tapa el marcador y se coloca en un horno con circulación de aire a 60 °C ± 1 °C durante 7 d. Se retira el marcador del horno y se examina. Este coloca de lado y se deja enfriar a temperatura ambiente durante 24 h. Se mueve la tapa y se dibuja una línea paralela a la hecha al comienzo de la prueba. Se examinan los cambios en color y forma.

**6.11 DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL COLOR**

Se dibuja una serie de líneas tan cerca la una de la otra como sea posible, sin sobrelapartas, en una hoja de papel o sobre otra superficie. Se exponen a los rayos ultravioleta durante un tiempo máximo de 15 d.

**7. EMBALAJE Y ROTULADO**

**7.1 EMBALAJE**

Solamente los marcadores con el mismo diseño, los mismos materiales y del mismo tipo serán empacados juntos en un mismo empaque.

**7.2 ROTULADO**

Cada marcador llevará la marca o el símbolo del fabricante y el código que representa el lote de fabricación.

Cada estuche o empaque llevará como mínimo la siguiente información:

- a) El nombre del fabricante o la marca registrada.
- b) La leyenda "Fabricado en Colombia".
- c) Especificaciones mínimas de uso.

**8. APÉNDICE**

**8.1 NORMA QUE DEBE CONSULTARSE**

NTC 1673: (Primera revisión), Papel y cartón. Papel para escribir e imprimir.

**8.2 DOCUMENTO DE REFERENCIA**

CANADIAN GOVERNMENT SPECIFICATIONS BOARD. Standard for Marker, Tube Tipe, Porous N.b. 1978. CGSB 536 GP - 114 M.

*Anexo 4 - Información suministrada por Newell Rubbermaid*



Dear Juan Pablo,

Thank you for contacting Newell Rubbermaid Office Products.

We appreciate your interest in learning more about the composition of our products and will try to answer all of your questions. Please note however, that due to proprietary constraints we may not be able provide the requested information.

The Expo Dry Erase Ink is made from pigments, solvents and release agents which keep the pigments from sticking to the dry erase boards and surfaces. Expo® Dry erase markers contain a ketone base ink. Solvents similar to ketone are acetone and nail polish remover. When the Expo dry erase ink comes in contact with a porous surface, it does become a permanent ink. The odor, which is evident in the Expo Markers, is caused by the solvents, which must evaporate quickly so the lines of writing dry. Pigments in the ink cause the color.

If you need further details please complete the attached Technical Information Request Form and scan and email it back, fax to [\(800\) 537-0287](tel:800-537-0287) or mail to:

Office Products Consumer Care  
4110 Premier Dr.  
High Point, NC 27265

Upon receipt of your Form it may take 7-10 business days for us to respond.

If there is anything else we can assist you with, please feel free to respond directly to this email.

Thank you,  
Lora  
Newell Rubbermaid Office Products