



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN**

EFFECTOS DE LA ADICIÓN DE GLICOÉTERES SOBRE LA  
VELOCIDAD DE SECADO Y CARACTERÍSTICAS DEL IMPRESO EN  
TINTAS DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICA

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA:

**MINERVA VAQUERO RIVERA.**

ASESOR: INGENIERO QUÍMICO. ARIEL SAMUEL BAUTISTA  
SALGADO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

---

### **A mí querida Universidad Nacional Autónoma de México**

Gracias por abrirme las puertas y por brindarme los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

### **A mis profesores**

Por la formación académica recibida. Gracias.

### **A mi asesor y amigo Q.F.B. Agustín Lozano Ruiz**

Quien formo parte fundamental en la realización de esta tesis, quien siempre estuvo pendiente de mi trabajo y que en momentos difíciles me dio una palmadita de apoyo y excelentes consejos.

Gracias por la oportunidad de compartir conmigo parte de tus valiosos conocimientos, por tú paciencia en las correcciones de este trabajo y sobre todo por no perder la fe en mí.

### **A mi asesor y maestro Ing. Químico. Ariel Samuel Bautista Salgado**

Por sus valiosos comentarios y sugerencias que enriquecieron el contenido de esta tesis.

### **A mis sinodales**

Por el tiempo dedicado a la revisión del contenido de esta tesis.

---

---

## DEDICATORIAS

---

### **A Dios**

Por permitirme llegar a este momento tan importante, por acompañarme e todo momento y darme siempre la fuerza y entereza para cumplir mis sueños. Por ayudarme a no darme por vencida en los momentos difíciles que surgieron durante el estudio de mi carrera profesional.

### **A mi padre Jorge Vaquero**

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes, sólo deseo que entiendas que este logro mío, es el logro tuyo, que mi esfuerzo es totalmente inspirado en ti.

Gracias por ser mí mejor ejemplo de superación y constancia. Por llevarme siempre de la mano para aprender junto a ti a ser una persona perseverante, responsable y a luchar siempre para lograr mis objetivos.

### **A mi madre Micaela Rivera**

Gracias por darme la oportunidad de existir , por convertirme en una persona de provecho, por tu ejemplo de superación incansable, por tu comprensión y confianza, por tu amor y paciencia, por representar la fuerza interna que me alimenta a seguir adelante, porque sin tu apoyo no hubiera sido posible la culminación de mi carrera profesional. Madre, te amo.

---

---

### **A mi hermano Amilcar**

Espero que este trabajo te sirva de ejemplo de lo que se puede lograr con esfuerzo y perseverancia. Gracias por tu amor y no olvides que siempre debes luchar para lograr tus sueños y objetivos.

### **A Olaf Gutiérrez**

Gracias por llegar a iluminar mi vida y compartir conmigo este momento tan importante para mí. Por ayudarme a no darme por vencida en los momentos más difíciles que surgieron durante la realización de este trabajo, por tu compañía, paciencia, apoyo incondicional, comprensión y sobre todo por todo tu amor. Te amo.

### **A mi amiga Gabriela**

Gracias por tu amistad incondicional y por compartir conmigo una vida llena de inolvidables momentos.

### **A la Generación de I.Q 28**

A toda la generación I.Q 28 por su compañía y por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias inolvidables. En especial a mis compañeros y amigos: Maribel, Alberto, Aldo, Karla, Arael, Irma, Lina, Cesar, Gregorio, Pablo, Israel e Iván, por los momentos tan importantes y divertidos que pasamos juntos, de quienes he aprendido mucho, me brindaron su amistad, y que hicieron de mi estancia en la Universidad fuera una de las mejores etapas de mi vida. Espero de corazón que nuestra amistad perdure por muchos años más. Los quiero mucho.

---

---

---

## ÍNDICE GENERAL

---

	PAG.
■ <b>Introducción</b>	1
■ <b>Justificación</b>	2
■ <b>Objetivos Generales</b>	3
■ <b>Capítulo 1. Fundamentos teóricos.</b>	4
1.1 Descripción y elementos que conforman el sistema de impresión flexográfico.	5
1.1.1 Rodillos anilox	7
1.1.2 Planchas Flexográficas	17
1.1.3 Cintas para el montaje de planchas Flexográficas	22
1.1.4 Cámara cerrada	25
1.1.5 Máquinas de impresión flexográfica	28
1.1.6 Sustratos para la impresión de tintas flexográficas	32
■ <b>Capítulo 2. Composición básica de una tinta flexográfica base solvente.</b>	40
2.1 Sustancias colorantes	42
2.2 Vehículo de la tinta	45
2.2.1 Resinas	45
2.2.2 Solventes	47
2.2.3 Aditivos	55
2.3.3.1 Glicoéteres	57

---

---

---

---

	PAG.
■ <b>Capítulo 3. Factores importantes que determinan la calidad</b>	59
en el impreso final de las tintas flexográficas.	
■ <b>Capítulo 4 Sección Experimental</b>	63
4.1 Metodología experimental	65
4.2 Evaluación de parámetros experimentales	68
4.1.1 Velocidad de secado	68
4.1.2 Viscosidad	69
4.1.3 Adherencia	69
4.1.4 Resistencia al rayado	70
4.1.5 Bloqueo / Repinte	71
4.1.6 Resistencia al agua	72
4.1.7 Retención de solventes	72
■ <b>Capítulo 5. Resultado</b>	74
■ <b>Capítulo 6. Análisis de resultados</b>	81
■ <b>Capítulo 7. Conclusiones</b>	88
■ <b>Bibliografía</b>	91

---

---

---

---

## ■ INTRODUCCIÓN

---

Los empaques y etiquetas deben atrapar la atención del consumidor. Los fabricantes de productos de consumo insisten, con razón, en que los empaques impresos son sus representantes en los estantes de las tiendas y que para posicionar una marca se necesita color y una elevada calidad de impresión de los mismos, de modo que se asegure la constante venta de sus productos.

Existen diferentes sistemas para la impresión de empaques y etiquetas, algunos de los más comunes son: flexografía, tipografía, litografía u offset, serigrafía, rotograbado e impresión digital. Cada uno de estos sistemas tiene sus ventajas y desventajas, ya que requiere de un tipo de tinta especial que se adapte a las necesidades requeridas del equipo empleado en cada sistema.

Actualmente, con la salvedad sólo del área digital, se considera a la industria de impresión flexográfica como la de mayor crecimiento a nivel mundial, debido al desarrollo de nuevas tecnologías que han permitido lograr calidades de impresión y niveles de productividad altamente competitivos, inimaginables hace apenas unos diez años.

La flexografía es un método de impresión en el que la forma impresora es un fotopolímero y las tintas utilizadas son, principalmente, de secado por evaporación. Esta técnica se utiliza para imprimir sustratos flexibles absorbentes y no absorbentes como por ejemplo el celofán, polietileno, polipropileno, foils, cloruro de polivinilo, películas metalizadas, cartón ondulado, papel y cartón a varios colores etc.

Las tintas flexográficas base solvente se componen de un material colorante que está disperso en un vehículo formado por resinas disueltas en solventes orgánicos volátiles y por aditivos con funciones varias. Para la obtención de un mejor desempeño de la tinta, es necesario hacer una buena selección de los materiales empleados en la formulación.

---

---

## ■ JUSTIFICACION

---

Con el desarrollo de las nuevas formulaciones para tintas líquidas empleadas en este sistema de impresión, surgió la necesidad de usar nuevos materiales auxiliares para facilitar, efficientar y resolver algunos de los problemas de secado que se presentan frecuentemente al aplicar este tipo de tinta.

Para poder resolver problemas que se presentan con frecuencia en la industria de la impresión flexográfica es necesario conocer y entender los elementos principales que conforman este sistema. La información acerca de este sistema de impresión es de difícil acceso y la disponibilidad se encuentra centralizada en áreas de aplicación muy específicas, lo cual hace complicada su recopilación y difícil entendimiento

Uno de los objetivos de este texto es exponer en forma clara los conceptos y elementos que conforman este sistema de impresión. Además estudiar experimentalmente el efecto que produce la adición de algunos glicocéteres en la velocidad de secado, al utilizarlos como solventes en la formulación de este tipo de tintas. Se determinará el balance entre el secado necesario para una impresión de calidad, el requerido para evitar los problemas asociados al secado, así como otros factores importantes que determinarán la calidad en el impreso final.

---

---

## ■ OBJETIVOS

---

Este trabajo tiene como objetivos:

- ✦ Proporcionar al estudiante y/o egresado de la Carrera de Ingeniería Química un panorama introductorio, exponiendo en forma clara y utilizando la terminología de uso común en México, los conceptos y elementos básicos que conforman el sistema industrial de impresión flexográfico.
- ✦ Conocer experimentalmente el efecto de la adición de glicolíteres sobre la velocidad de secado en la formulación de tintas flexográficas base solvente.
- ✦ Determinar el balance entre el secado necesario para una impresión de calidad y el requerido para evitar los problemas asociados al secado y a otros factores importantes que determinan la calidad en el impreso final.

---

---

# CAPÍTULO 1

## 1.1 DESCRIPCIÓN Y ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE IMPRESIÓN FLEXOGRÁFICO.

Existen diferentes sistemas industriales de impresión; algunos de los más comunes y que compiten con la flexografía son: offset, tipografía, serigrafía, rotograbado e impresión digital.

A la flexografía se hacía referencia originalmente como “Impresión de anilinas”, puesto que tales colorantes eran utilizados en la formulación de las tintas usadas en ese entonces. El sistema se originó en Estados Unidos a principios del siglo XX. Una de sus primeras aplicaciones fue la impresión de bolsas de papel. La mala fama que fueron adquiriendo las anilinas, debido a su toxicidad, y su reemplazo por pigmentos, hizo necesario la búsqueda de un nuevo nombre, para lo cual se hizo un concurso en Estados Unidos. El nombre ganador fue, precisamente, flexografía.

El sistema de impresión Flexográfico es un sistema directo de impresión rotativa a través de placas de fotopolímero flexible llamadas comúnmente clichés, en las que las imágenes se encuentran en alto relieve. Una analogía sencilla es que se trata de una impresión con un sello, aunque con un alto grado de sofisticación. Las planchas o clichés para la impresión en flexo pueden ser de caucho (hule) vulcanizado o de una variedad de resinas de fotopolímero (polímeros sensibles a la luz). Los clichés de hule prácticamente están en desuso, debido a su proceso más complejo de elaboración y a su menor calidad de impresión. Las planchas tienen un área en alto relieve que imprime directamente sobre el sustrato con una ligera presión. Las planchas se montan sobre un cilindro metálico (conocido como portaplanchas) o sobre una manga (tubo rígido de plástico o de fibra de carbono) con una cinta doble-adhesiva o dos caras, a la cual se suelen referir en el medio como *sticky-back*.

Una de sus características principales radica en el uso de un rodillo dosificador de tinta mediante celdas (de tamaño controlado), que se

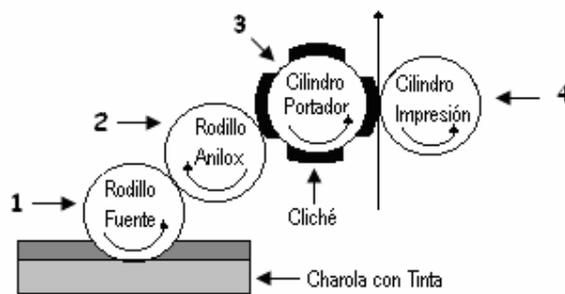
---

---

encuentran grabadas en su superficie. Dicho rodillo se llama anilox y constituye una parte medular del sistema.

Las tintas son líquidas y de muy rápido secado; las hay de solvente, base agua y con curado con luz ultravioleta (éstas últimas conocidas como tintas UV). El sistema es apto para imprimir sobre casi cualquier sustrato, absorbente o no-absorbente.

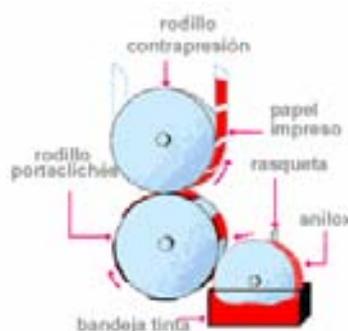
La unidad elemental del sistema de impresión flexográfica (también conocida como cuerpo de impresión) consta de cuatro rodillos (Ver fig. 1.1).



**Fig. 1.1** Unidad de impresión convencional

El rodillo 1 (rodillo fuente) es de hule natural y está sumergido en una charola con tinta que es arrastrada en su movimiento y transferida por contacto al rodillo 2 (rodillo anilox).

Este último está grabado y en sus huecos (celdas) queda la tinta que le transfirió el rodillo fuente. Estos dos rodillos forman el sistema entintador convencional, el cual se encuentra en sus etapas finales de utilización y que está siendo reemplazado por las cámaras cerradas.



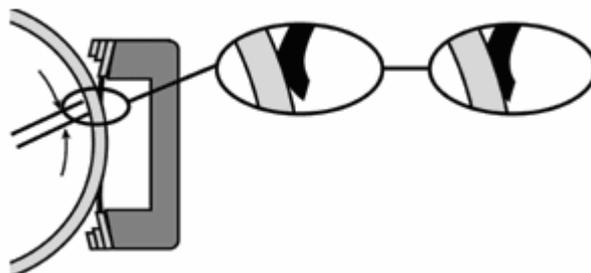
**Fig. 1.2** Rasqueta de ángulo invertido

---

---

La tinta es entonces aplicada a la plancha que está montado en el rodillo 3 (rodillo portaplancha). Entre este rodillo y el 4 (rodillo contra o impresor) se va desplazando el material que se va imprimiendo por contacto con la tinta fresca que transporta el cliché. El material impreso pasa luego al área de secado.

La rasqueta de ángulo invertido (Ver fig. 1.2) fue el paso intermedio entre el sistema convencional de entintado y el de cámara cerrada. Esta tiene dos cuchillas o rasquetas, una de las cuales dosifica la tinta, rasando la superficie para retirar el exceso de la misma (Ver fig. 1.3).



**Fig. 1.3** Sistema entintador de cámara cerrada

### 1.1.1 RODILLOS ANILOX

El propósito del rodillo anilox (o, simplemente, anilox) es dosificar un volumen constante de tinta a la superficie de una plancha de impresión (Ver fig. 1.4).

El anilox es alimentado de tinta directamente en el tintero o indirectamente a través de un rodillo cubierto de caucho; este segundo caso constituye el llamado sistema convencional. En el primer caso, el exceso de tinta es retirado por un arreglo de rasquetas, conocido como cámara cerrada como mencionamos anteriormente.

La selección del rodillo anilox es muy importante cuando se está haciendo la preparación de un trabajo nuevo de impresión. Se pueden evitar costosos tiempos de prensa perdidos (los llamados tiempos muertos) cuando se selecciona el anilox con el volumen (de tinta) y el lineaje (número de líneas de celdas existentes en la superficie de un rodillo anilox por centímetro o

---

---

pulgada lineales, abreviado comúnmente como LPI o lpi cuando se trata de pulgada la referencia) adecuados para el trabajo que se imprimirá.



**Fig. 1.4** Rodillo anilox

#### ■ **Materiales empleados en la fabricación de rodillo anilox**

Normalmente se fabrican de acero al carbón, acero inoxidable o aluminio. El acero al carbón es el más utilizado para la construcción de rodillos anilox; es adecuado para cualquier aplicación en la cual el material (tintas o barnices) esté en un pH de 6 a 11.

El acero inoxidable es para las aplicaciones en donde la corrosión sea un problema. También se usa en rodillos lisos para aplicaciones especiales. El aluminio se utiliza en la fabricación de rodillos ligeros, para poder manejarlos con mayor facilidad.

#### ■ **Grabado del rodillo anilox**

El rodillo anilox es un cilindro (o una manga) recubierto con cromo, cerámica u óxido de cromo, el cual tiene pequeñas cavidades llamadas celdas. Las celdas se graban mecánicamente o por láser y están diseñadas para “entregar” un determinado volumen de tinta. Mientras más grande es la celda, más tinta será transferida a la plancha (cliché) y, por ende, al sustrato. Su función es, entonces, controlar la cantidad de tinta (dosificar) que se transfiere a la plancha.

---

---

### ⊕ Rodillo anilox grabado mecánicamente

El rodillo anilox original, lanzado en los años cuarenta, es el de grabado mecánico y recubierto con cromo. La superficie de cobre de este rodillo se graba mecánicamente, es decir utilizando una herramienta, la cual determina el tamaño y la forma de la celda. Este proceso de grabado genera espacios entre las celdas; estos espacios se llaman paredes y postes. Al terminar de grabar, el rodillo es cromado para darle durabilidad. Una de las limitaciones principales del rodillo anilox grabado mecánicamente es la película de tinta que se forma en la superficie de la plancha, una vez que es transferida por contacto con el anilox. Dicha película de tinta debe ser lo más uniforme posible para lograr consistencia y calidad en la reproducción gráfica. La película de tinta se forma cuando la tinta aportada por una celda se une con la tinta de las celdas contiguas. El rodillo anilox grabado mecánicamente no consigue que se forme una película suficientemente uniforme. La uniformidad de la película es función de los espacios entre las celdas (paredes y postes). Mientras más delgadas sean las paredes y los postes de las celdas, más uniforme será la película de tinta. El mecanismo usado para grabar estos rodillos está muy limitado en su capacidad de producir paredes y postes de bajo espesor. Por otro lado, los altos lineajes que demanda la impresión de alta gráfica no pueden lograrse con el sistema mecánico de grabado. La tendencia es a que sean remplazados de manera total en el corto y mediano plazos por los rodillos láser.

### ⊕ Estructura de la celda grabada mecánicamente

En el caso de grabado mecánico, existen varios tipos de celda, cada uno con una forma geométrica distintiva. La selección del tipo de celda es función, principalmente, de la aplicación de la que se trate. Los diferentes tipos de celda están disponibles en diferentes volúmenes. A continuación se muestran algunos tipos de celdas en grabado mecánico:

a) Estructura celda Tri-helicoidal



Fig. 1.5

---

---

b) Estructura celda Piramidal:

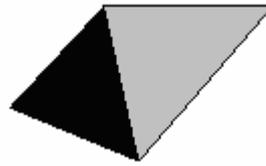


Fig. 1.6

c) Estructura celda Cuadrangular

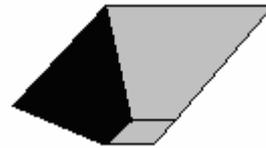
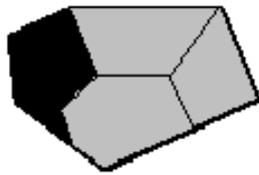
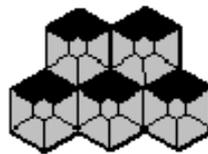


Fig. 1.7

d) Estructura



celda



Hexagonal

Fig. 1.8

e) Estructura celda Cuadrada acanalada

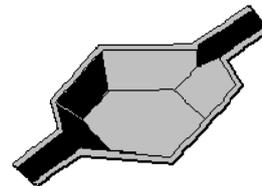
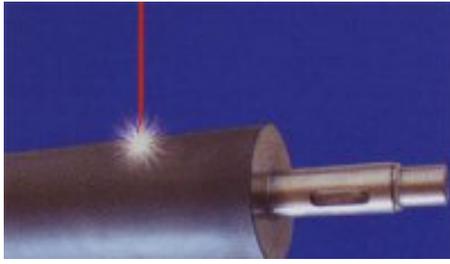


Fig. 1.9

#### ⊕ Rodillo anilox grabado por láser

El rodillo anilox grabado por láser ha revolucionado la impresión flexográfica porque logra entregar una película de tinta muy uniforme. El grabado láser es completamente diferente al grabado mecánico. El grabado láser comienza con el recubrimiento del rodillo con cerámica. Después del recubrimiento, la nueva superficie se pule finamente, de modo que quede preparada para que un rayo láser “queme” la cerámica y genere así las celdas.

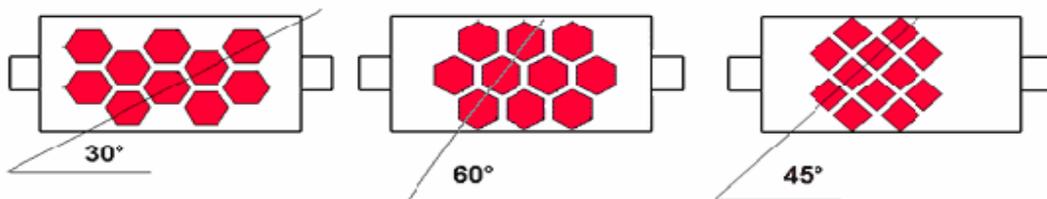


**Fig. 1.10** Rodillo anilox grabado por láser

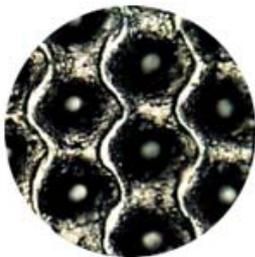
El rodillo grabado por láser puede producir celdas mucho más pequeñas que el grabado mecánico. El bajo volumen en el rodillo anilox grabado por láser resulta en una película no sólo muy uniforme, sino también muy delgada. La forma de las celdas, al igual que la lisura de las paredes, contribuye de manera notable a facilitar el aporte de tinta.

#### ✚ Estructura de la celda grabada por láser

Inicialmente, solo se produjeron grabados aleatorios, pero rápidamente se desarrollaron el software que permitieron hacer patrones de grabado de 45, 30 y 60 grados.



**Fig. 1.11** El grabado de celda por láser sigue patrones de grabado de 45, 30 y 60 grados



**Fig. 1.12** Grabado Hexagonal a 60° visto microscópicamente.



**Fig. 1.13** Grabado Hexagonal a 30° visto microscópicamente.

---

---

## ■ Tipos de grabado láser de rodillos anilox

### a) Láser de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

Esta tecnología utiliza energía en forma de luz láser dentro del espectro infrarrojo lejano. Los primeros anilox recubiertos de óxido de cromo (cerámica) fueron grabados con láser en 1979. Esto fue desarrollado en el Reino Unido, con participación de Praxair, y los primeros anilox cerámicos estuvieron disponibles comercialmente en 1980. Los láser CO<sub>2</sub> producen energía luminosa a una longitud de onda de 10.6 micrones. La tecnología involucrada en la generación del rayo y su entrega, así como el desarrollo computacional, continuaron dentro de la industria del grabado y permitieron la mejora en la calidad así como avances continuos en la consistencia de dichos grabados.

La dureza y la porosidad de la cerámica son elementos críticos en la calidad final de los rodillos anilox. Una porosidad elevada favorece la penetración de tintas por debajo de la cerámica, lo cual se traduce en la aparición de ampollas en la superficie del rodillo.

### b) Láser YAG (Yttrium- Aluminum- Garnet)

Estos sistemas láser utilizan luz del espectro infrarrojo cercano, el cual tiene una longitud de onda mucho más corta: 1.06 micrones (lo cual es 10 veces menor a la del rayo láser CO<sub>2</sub>). Esto permite una concentración mucho más aguda de la energía láser durante el proceso de grabado. Esta tecnología fue introducida en la industria de la impresión en 1996. El grabar con esta fuente de energía permite obtener celdas más profundas que reciben más tinta y proveen mayores volúmenes para lineaturas más finas. Generalmente estos grabados típicamente van de 500 LPI en adelante. Las lineaturas más finas pueden ahora ser utilizadas, cuando en el pasado la resolución estaba limitada por el volumen disponible. En producción se fabrican grabados de 1500 lpi de manera rutinaria y se han producido exitosamente grabados de 2500 lpi. Volúmenes de tinta más altos, hasta 2 veces más profundidad a la misma lineatura se puede lograr empleando la tecnología de grabado YAG.

Los tiempos de procesamiento para los grabados YAG pueden ser 2 ó 3 veces más largos que aquellos para grabados con láser CO<sub>2</sub>. El láser YAG tiene menos poder que un sistema láser CO<sub>2</sub> comparable. Por ello, el sistema es

---

---

generalmente utilizado para grabar lineaturas más altas y típicamente se emplea para lograr volúmenes mayores que con el Láser CO<sub>2</sub> para una lineatura dada.

Debe tomarse en cuenta que el mayor volumen puede representar, al menos en ciertos diseños una problemática, ya que le exceso de tinta puede imprimir altas luces no muy limpias.

### **c)Ablativo o Termal**

Los láseres perforan cavidades sobre el recubrimiento cerámico utilizando ya sea el proceso ablativo o el proceso termal. El proceso termal funde el material cerámico y este es transformado de un sólido a un líquido y luego viene una fase de evaporación. Se forma material resolidificado que forma las orillas de la celda, el cual es más denso y resistente, lo que mejora la durabilidad del rodillo anilox cerámico grabado a láser. Todos los grabados con láser CO<sub>2</sub> y algunos YAG utilizan la tecnología termal de grabado. El proceso de grabado ablativo transforma la cerámica sólida predominante y directamente en vapor. Como resultado se forma muy poco material resolidificado en las orillas de las celdas individuales. Se pueden producir grabados YAG usando este proceso ablativo. Las celdas son generalmente más redondeadas, pero la vida útil se puede ver afectada debido a la reducida cantidad de material resolidificado que se forma.

### **■ Especificaciones del rodillo anilox**

Todas las celdas de un rodillo anilox dado son iguales, al menos teóricamente, pues puede haber diferencias por deficiencias en su fabricación, presencia de daños, desgaste disparejo, etc.

Existen tres variables principales que deben determinarse cuidadosamente al momento de seleccionar un rodillo anilox, en orden invertido de importancia:

- 1) El ángulo de grabado.
- 2) El número de celdas (lineaje o lineatura).
- 3) El volumen de la celda.

---

---

Mucho del éxito (o del fracaso) en la impresión flexográfica depende de una correcta selección del rodillo anilox y son estas tres variables las que lo definen, las que lo caracterizan. Una elección óptima se traduce en el aporte adecuado de tinta, según las necesidades que el mismo diseño marque (colores sólidos, fondo blanco, textos, medios tonos, combinaciones, etc.). Dicho de otro modo, con el anilox no se juega (o no debiera jugarse).

Como los rodillos anilox cerámicos son ahora el estándar de la industria, las referencias siguientes se harán a ellos, a menos que se indique otra cosa.

### **1) Ángulo de grabado**

El ángulo o patrón de grabado se refiere a la orientación espacial de las celdas en hileras seguidas de grabado, con referencia al eje horizontal del rodillo. En el caso del grabado láser, a medida que un rodillo está rotando y cruzando transversalmente por los lentes de enfoque en la unidad láser, unos sistemas elaborados de control verifican la posición de la superficie del rodillo en cualquier momento dado. En los momentos apropiados, cuando el espaciado rotacional y horizontal es correcto, el láser dispara, concentrando su energía sobre un punto particular de la superficie del rodillo. Las descargas (pulsos) del láser se dan miles de veces cada segundo y son sólo sobre la superficie que se desea desprender para crear los contornos de la cavidad de la celda. El ángulo de grabado determina la forma de las celdas y está relacionado con el número de celdas que pueden grabarse por unidad de área. Un patrón a 45 grados luce en forma de diamante, mientras que los patrones a 30 y 60 grados crean celdas de forma hexagonal. Si las hileras de grabado están lo suficientemente cerca, las celdas se superponen para eliminar por completo la celda diagonal, formando una serie de surcos o canales. Dado que los ángulos de 30° y 60° permiten un acomodo de un mayor número de celdas (y tomando en cuenta que un mayor número de celdas redundaría en una capa más uniforme de tinta, en un mayor aporte de tinta y, también, en una mayor resolución) han prevalecido sobre los grabados a 45°. El estándar de la industria al día de hoy en sistemas con rasqueta es el de 60°, pues permite un mejor apoyo de la misma, lo que se traduce en menor vibración, menos tableteo, etc. Existen configuraciones nuevas a 90°, en las que se forman canales y con las que se logran mayores aportes de tinta (con

---

---

la idea de mejorar el “acabado” de los sólidos o plastas), pero se encuentran aún en una fase temprana de validación.

## 2) Lineatura

La lineatura (LPI o lpi, por las siglas en inglés de *lines per inch*) es el número de líneas de celda existentes en la superficie de un rodillo anilox por pulgada lineal (un error común es referir ese número a pulgada cuadrada); en el sistema métrico decimal está referido al número de celdas por centímetro lineal cuando se miden a lo largo del ángulo de grabado (debido a que es ahí en donde las celdas se alinean con mayor proximidad entre sí). Mientras más alta sea la lineatura, mayor será el número de celdas de un área superficial determinada y más pequeño será el diámetro (abertura) de las mismas. Duplicando la lineatura, se cuadruplica el número de celdas en cada pulgada cuadrada de la superficie del rodillo. Como una regla general, podemos decir que al incrementar la lineatura, el volumen del anilox disminuye. El uso de rodillos anilox de lineajes cada vez mayores (de hasta 1,500 lpi) ha dificultado que se alcancen las densidades requeridas de impresión. Cabe señalar que una mayor resolución en impresión hace imperativo el uso de lineaturas más altas. En los casos en que hay medios tonos, podemos decir que la lineatura requerida en el anilox es función del lineaje en el arte (es decir, en la plancha). Es por eso que para los trabajos con tintas de selección de color (policromía) se deben usar anilox de no menos de 600 lpi. Un lineaje típico actualmente para estas aplicaciones sería de 800 lpi. Un error común, ya por falta de otros rodillos, ya con la idea de ahorrar tinta, consiste en imprimir sólidos con rodillos de alta lineatura; los resultados, sobra decirlo, no son buenos.

## 3) Volumen de la celda

El volumen de la celda se refiere a la capacidad de transporte de tinta de una celda, multiplicada por el número de celdas en una pulgada cuadrada o en un metro cuadrado de la superficie del rodillo. La unidad común de medida en Estados Unidos es BCM / pulgada cuadrada (BCM corresponde a las siglas en inglés de *billion cubic microns*, es decir, mil millones de micrones cúbicos); en el sistema métrico decimal, las unidades son mililitros o cc (ml o cm<sup>3</sup>) por m<sup>2</sup>. Un BCM / pulgada cuadrada es igual a 1.549 cc / m<sup>2</sup>. Un micrón (o micra)

---

---

cúbico sería un micrón de ancho por uno de largo por uno de alto. Para tener una perspectiva de la escala que estamos manejando, un micrón es 0.000,001 metros (una millonésima de metro). Expresado de otra manera, un micrón es una fracción de una milésima de pulgada (hay 25.4 micrones en 0.001 de pulgada). Un BCM es igual a un microlitro. El volumen está determinado por la profundidad, el diámetro (abertura) y el perfil de la celda. Es posible variar el volumen de las celdas al producirlas con el mismo diámetro (misma lineatura), pero grabadas con diferentes profundidades. La proporción entre la profundidad y la abertura de la celda es un elemento importante, debido a que las celdas muy profundas con aberturas pequeñas tendrán dificultad para transportar la tinta hacia el cliché. Por el contrario, celdas de muy poca profundidad favorecerán más el secado de la tinta a nivel de superficie; además de que la afectación en el volumen es mucho mayor conforme se va dando el desgaste del rodillo.

Para cada rodillo anilox, hay diferentes niveles en que se debe contemplar el concepto de volumen. El de fábrica sería el primero; vendría a ser una parte clave de las especificaciones del rodillo. Se trata, de alguna manera, de un volumen teórico, independientemente de cómo se haya hecho la medición del mismo. Y es teórico porque el volumen real siempre será algo menor, aun en un rodillo completamente nuevo. Por definición, una cierta parte de la tinta de cada celda no es entregada a la plancha. Y, finalmente, hay un tercer volumen, que viene a ser el que va dando cotidianamente un rodillo conforme se va sometido a su uso normal; dos factores son importantes en este nivel: el desgaste del rodillo y el grado de taponamiento (causado por residuos de tintas o barnices) por limpieza o manejo indebidos. Para determinar el volumen de anilox adecuado, es necesario ver qué tipo de trabajo se imprimirá. Los sólidos (plastas) demandan volúmenes grandes; los medios tonos (pantallas, esfumados, tramas, luces altas, etc.) exigen volúmenes bajos; los textos están en un punto intermedio. Va ligado, por supuesto, a lo dicho para el lineaje del mismo rodillo anilox.

---

---

## 1.1.2 PLANCHAS FLEXOGRÁFICAS

Como mencionamos anteriormente, la flexografía es un método directo de impresión rotativa que utiliza planchas flexibles llamadas comúnmente clichés, placas o *cireles* (derivación de la marca Cyrel de Dupont, primer fotopolímero en circular en México). Estas planchas normalmente son elaboradas con materiales resilientes (que se deforman bajo presión mecánica y que recuperan la forma al regresar al reposo).

### ■ Tipos de planchas flexográficas

Hasta hace unos 20 años, las planchas, casi en su totalidad, eran de hule. Este tipo de planchas prácticamente está en desuso, con excepción de una muy pequeña participación en el área de impresión de corrugado. Las principales planchas flexográficas actuales son:

- Planchas de fotopolímero líquido
- Planchas láser (hechas de derivados el hule)
- Planchas fotopoliméricas
- Planchas digitales (vs analógicas)

### ⊕ Planchas de fotopolímero líquido

El material para planchas de fotopolímero líquido es de tipo coloidal (sistema físico que esta compuesto por dos fases). El soporte (parte sólida) y la capa líquida de plástico vienen separados y se unen por fusión en el momento del uso.

Se puede conseguir una amplia variedad de fotopolímeros líquidos, para la fabricación de planchas de impresión flexográfica. Han encontrado su mayor aplicación en la impresión con tintas de agua de sustratos absorbentes y algunos no absorbentes (cajas de cartón corrugado, bolsas y sacos de papel, plegadizo, cartón recubierto para preimpresión, vasos de papel, etc.). La principal ventaja de este tipo de planchas es económica, pues se disminuye considerablemente el desperdicio. Es posible generar placas recubiertas (*capped*) para mejorar la calidad de impresión.

---

---

## ✚ Planchas láser

Es un tipo de plancha digital generada mediante un haz láser. Es un grabado directo del material plástico; es decir no hay exposición a la luz de la forma en que se hace con las planchas analógicas o digitales, ni se llevan a cabo los pasos subsecuentes de elaboración. Se hace una vez que se ha montado el material en una manga, por lo que no hay áreas susceptibles de levantarse (no hay juntas). Es muy usado en aplicaciones de impresión en continuo, de largo tiraje y con calidad de impresión no muy elevada. Podría ser el caso de impresión de papel tapiz, manteles, etc.

Se espera que esta tecnología siga desarrollándose.

## ✚ Planchas fotopoliméricas (Proceso convencional o analógico)

Existen planchas de fotopolímero con diferentes espesores (calibres) y durezas, dependiendo de lo que se va a imprimir. Los fotopolímeros encuentran aplicación con tintas base solvente, de secado UV y de agua. También se usan con tintas de aceite y de glicol en otros sistemas de impresión (tipografía *-letterpress-* y *offset seco - letterset-*).



**Fig. 1.14** Plancha fotopolimérica

Las planchas fotopoliméricas son actualmente la principal superficie para impresión en flexografía. Están hechas con un material plástico flexible, lo que permite que se adapten a las formas de los cilindros y mangas.

La fotopolimerización es la reacción que se produce en algunos materiales por efecto de la luz actínica, según la cual sus partículas

---

---

elementales (monómeros) se unen formando estructuras químicas mucho más largas (polímeros).

#### ✦ **Planchas digitales (vs. analógicas)**

Las exigencias de lograr cada vez mayor calidad en la impresión flexográfica recaen especialmente en la producción de las planchas de impresión. Además del fotograbado de las planchas convencionales, hoy crece el uso de sistemas de grabado directo y de reproducción digital, también diferentes clases de sistemas a láser y nuevas tecnologías para filmar y grabar en relieve.

Uno de los procesos de fabricación de las planchas fotopoliméricas, es realizado mediante tecnología Láser, por lo cual, el proceso pasa de denominarse analógico a definirse con el termino Digital. Denominado comúnmente por los impresores CTP (*computer to plate*). Algunos modelos de máquinas procesadoras de planchas digitales son diseñados para procesar imágenes en planchas fotopoliméricas planas, mientras que otros también pueden procesar mangas fotopoliméricas. El hardware, software, manejo del color y pruebas digitales de alta resolución acompañan esta nueva etapa. Es decir, las operaciones de preimpresión digitalizadas eliminaron definitivamente a las películas fotográficas.

El flujo de trabajo digital es el camino hacia el futuro. La Flexografía Digital ha irrumpido con fuerza dentro del entorno flexográfico mundial en estos últimos años, implantando un sistema de impresión más preciso, con más garantías de buenos resultados en los impresos y con mayor seguridad de calidad en la realización de proyectos de envases y embalajes.

Actualmente, dominan las planchas de fotopolímero procesadas de la forma convencional (analógicas), pero cada día pierden terreno ante el proceso digital.

#### ■ **Proceso típico de elaboración de planchas fotopoliméricas**

La placa de fotopolímero está formada por varios tipos de "pre-polímeros" de diferentes composiciones reactivas a la luz. Para hacer la placa en proceso convencional, la película negativa del arte se expone

---

---

directamente sobre el fotopolímero, el cual es procesado para remover las áreas de no impresión. Las partes de material virgen que reciben luz a través de las áreas claras del negativo, se endurecen o polimerizan. Las áreas protegidas de la luz por el negativo permanecen sin curar y son retiradas o lavadas por medio de solventes o agua, quedando las áreas de impresión en relieve.

El procesado de una plancha flexo tiene una mezcla de insolado y grabado según las siguientes fases:

- Exposición dorsal (respaldo)
- Exposición frontal (principal)
- Revelado
- Secado
- Exposición final/luz germicida

#### ⊕ **Exposición dorsal**

Es una exposición previa por el respaldo. Se realiza sin negativo a través de la base del fotopolímero. Sirve para crear el piso; base sobre la que se va a profundizar el relieve. La duración y la intensidad de la luz en esta exposición definen el espesor del piso. Lo ideal es manejar pisos de menor espesor en trabajos de línea y de mayor espesor en trabajos de selección, de modo que se le dé mayor soporte al punto.

#### ⊕ **Exposición frontal**

Es la exposición principal. Se realiza con el negativo, sobre la cara superior de la emulsión. Sirve para crear la imagen; la zona expuesta se polimeriza y la zona no expuesta permanece soluble. Debe hacerse con un negativo elaborado en película mate para asegurar la correcta salida del aire al aplicar el vacío en la mesa de exposición.

#### ⊕ **Revelado**

Sirve para crear el relieve, eliminando la parte no polimerizada de la emulsión. Se realiza con un método conjunto de lavado y cepillado en húmedo o en

---

---

seco. Según el tipo de revelado que se vaya a hacer, se usa un tipo distinto de fotopolímero. En húmedo se pueden procesar con productos solventados (se han usado tradicionalmente mezclas de butanol con percloroetileno, pero están perdiendo popularidad por la toxicidad de este último solvente) y con líquidos base agua. El sistema en seco es el llamado de abrasión térmica, introducido no hace mucho por Dupont (FAST). Se espera que la tendencia vaya hacia sistemas de este tipo.

#### ✚ Aclarado

Es la fase que sigue a la grabación. Una vez grabado el cliché, se lava con agua corriente, para eliminar restos de emulsión y restos del producto grabador.

#### ✚ Secado

El secado es asistido y se produce mediante chorros de aire caliente. Sirve para eliminar el líquido revelador del cuerpo del interior de la plancha; la plancha recupera su forma durante el secado. Por razones obvias, esta operación no aplica cuando se procesan las placas en seco. Se trata de un paso crítico, pues las placas que no se han secado apropiadamente se encuentran hinchadas y dificultan la obtención del registro a la hora de imprimir.

#### ✚ Exposición final y germicida

Es una insolación doble posterior al secado. La exposición final y germicida son exposiciones simultáneas. La exposición final sirve para endurecer las zonas base de los puntos y la exposición germicida sirve para quitar la pegajosidad (también denominado *tack*); es el curado final de la plancha.

Una vez procesado la plancha flexográfica tiene la siguiente configuración:

- Una base endurecida (piso)
- Un relieve (alto relieve; imagen a imprimir)

---

---

## ■ Zonas de una plancha flexográfica

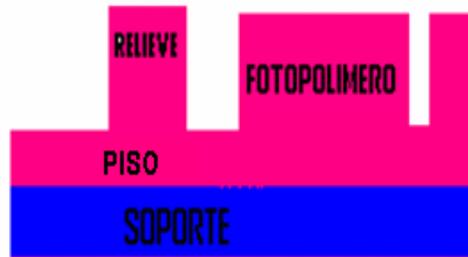


Fig.1.15 Zonas que componen una plancha flexográfica

### 1.1.3 CINTAS PARA EL MONTAJE DE PLANCHAS FLEXOGRÁFICAS

Las cintas adhesivas (conocidas como *sticky-backs*) son utilizadas para montar las planchas flexográficas (clichés) en el cilindro portaplacas. Su adhesivo garantiza una fijación segura durante la impresión. Las cintas adhesivas para el montaje de los clichés juegan un papel vital en la industria flexográfica. Una apropiada elección ayuda a lograr una reproducción gráfica de alta calidad.

La selección de las cintas adhesivas debe hacerse en función del tipo de trabajo a imprimir: áreas sólidas (cobertura completa, es decir, plastas o trabajo de línea), pantallas (medios tonos y selección de color, particularmente crítico en las altas luces) o combinaciones de los dos anteriores. Estas cintas presentan una capa de una espuma de polímero, la cual puede ser de diversos grados de dureza, según el uso que se le dará. Las cintas óptimas para plastas (las más duras) no son las indicadas para medios tonos y viceversa. Las cintas para pantallas (las más blandas) generan sólidos picados. Los *sticky-backs* específicos para plastas generan puntos muy mal definidos. Es por ello que existen cintas intermedias para trabajos combinados; sin embargo, hay ciertas limitaciones en el nivel de calidad alcanzado. Cuando hay trabajos de combinación, lo ideal, por tanto, siempre que el número de colores de la máquina lo permita, es separar las plastas de las tramas en dos unidades de impresión diferentes y emplear en cada una el tipo de cinta más adecuado.

En lo que respecta a la impresión de corrugado, es de tomarse en cuenta que la placa suele montarse sobre el rodillo con un sistema distinto, similar al que se usa para fijar las mantillas en las máquinas de offset. Para

---

---

corrugado, las cintas son rígidas (en PVC o en tela) y afectan en poco a la calidad de impresión.

En el mercado de las cintas se cuenta con dos tipos de materiales de fabricación de espuma, el polietileno y el poliuretano. La diferencia entre ellos es que los primeros presentan celdas cerradas y los segundos las tienen abiertas. En el polietileno hablamos de densidad y en el poliuretano hablamos de compresibilidad.

Existen en el mercado nuevas cintas adhesivas para el montaje de clichés que combinan una elevada fuerza adhesiva con un desmontaje fácil, a la vez que ofrecen excelentes resultados en cuanto a calidad de impresión.

Ahora los clichés muy delgados pueden ser fijados rápida y fiablemente, así como fácilmente reposicionados. Las nuevas cintas adhesivas cubren esta tendencia moderna de clichés delgados en la impresión. Además, son particularmente adecuadas para la impresión de etiquetas de alta calidad y también pueden usarse en la impresión de empaque flexible.

Algunas de estas nuevas cintas combinan la tecnología compresible de uretano de celdas abiertas con adhesivos acrílicos, desarrollados especialmente para ofrecer una alta confiabilidad en un ambiente de impresión. Entre algunos beneficios evidentes de su empleo se encuentran la reducción en la ganancia de punto y la obtención de densidades de tinta más altas en los sólidos de los productos impresos.

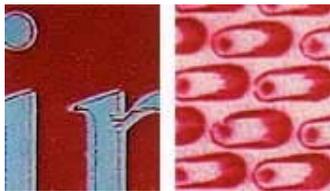
Estas nuevas cintas se ofrecen con un *liner* transparente texturizado que facilita su montaje, reduce la formación de burbujas de aire y hace mucha más sencilla la labor de desmontaje.

El mercado ofrece actualmente una línea muy completa de cintas de montaje de diferentes fabricantes. Las imágenes siguientes dan idea del efecto sobre la calidad de impresión que tiene el tipo de sticky-back usado (fuente: 3M):

---

---

a) Cinta sticky-back de acolchonado solidó

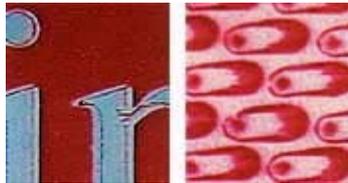


**Fig.1.16** Vista normal y microscópica de la

calidad de impresión con cinta sticky-back de acolchado sólido.

b) Cinta sticky-back de acolchado firme

La cinta de alta densidad provee una cobertura similar a la anterior, con el beneficio adicional del acolchado, proveyendo de esta manera compresión y recuperación, propiedades necesarias para una impresión de calidad.



**Fig. 1.17** Vista normal y microscópica de la

calidad de impresión con cinta sticky-back de acolchado firme.

c) Cinta sticky-back de acolchado medio

La cinta de media densidad provee una cobertura consistente en plenos y al mismo tiempo control efectivamente la ganancia del punto. Para trabajos combinados.

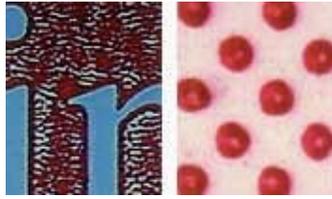


**Fig. 1.18** Vista normal y microscópica de la

calidad de impresión con cinta sticky-back de acolchado medio.

d) Cinta sticky-back de acolchado muy suave

La cinta acolchada de baja densidad fue diseñada para selección de color y medios tonos.



**Fig. 1.19** Vista normal y microscópica de la

calidad de impresión con cinta sticky-back de acolchado muy suave.

#### **1.1.4 CÁMARA CERRADA**

Como mencionamos anteriormente, las máquinas modernas de flexografía eliminan el rodillo de hule del entintador y lo sustituyen por una cámara entintadora que tiene dos cuchillas que dosifican la tinta. Estas cuchillas son compatibles con mayores velocidades de impresión. La cámara evita una mayor evaporación de los solventes de la tinta antes de la impresión. La mayor ventaja consiste en que dosifica la cantidad de tinta con más precisión.

Existen dos diferentes tipos de arreglos cuchillas o rasquetas (comúnmente llamadas *doctor blades*) para la industria de la flexografía que son: sistema de rasqueta de ángulo invertido y, la más comúnmente usada, sistema de cámara cerrada. Ambos tienen recomendaciones preestablecidas para la altura de la rasqueta, usualmente determinada por el fabricante del portarasqueta (Ver Fig. 1.10). La rasqueta de ángulo invertido es, precisamente, el antecesor de la cámara cerrada.

Los materiales usualmente utilizados para la fabricación de rasquetas son: acero al carbón, acero inoxidable y plástico. Existen también cuchillas metálicas recubiertas con cerámica.

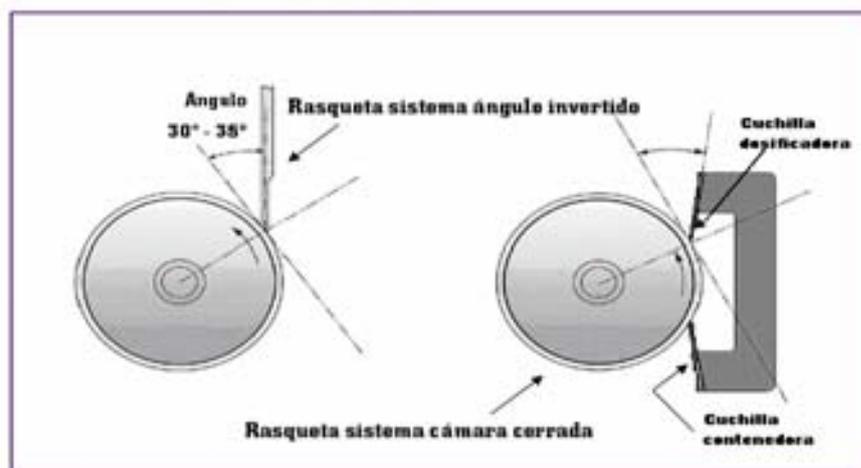


Fig. 1.20 Sistemas Doctor Blade

### ■ Portarasquetas

El portarasquetas permite reposicionar adecuadamente las cuchillas. El portarasqueta de una cámara cerrada cuenta con un ángulo predeterminado el cual debe ser entre 30 y 35 grados para obtener los mejores resultados en aplicación de tinta. Se debe asegurar que el ángulo usado sea el correcto.

Los componentes de las portarasquetas deben revisarse periódicamente para asegurarse que estos sean alineados apropiadamente al colocarse en las máquinas. Esto es importante, ya que los aditamentos donde se sujetan las cámaras podrían haberse aflojado. Además también podrían estar manchados de tinta; es importante que la rasqueta no corra o entre en contacto con el anilox seco (sin tinta), ya que esto provoca un desgaste prematuro del anilox y de la rasqueta. Es altamente recomendable siempre tratar de arrancar la máquina con la menor presión en la rasqueta.

Hay algunos factores importantes que deben ser considerados para la instalación, uso y mantenimiento de este tipo de rasquetas, con el fin de obtener un buen funcionamiento.

Al colocar la rasqueta se debe asegurar que se tenga una altura consistente de la rasqueta en todo lo largo. Cualquier variación puede causar ondulación de la rasqueta y, como consecuencia, fuga en la cámara. Si se

---

---

ondula la rasqueta se tendrá que incrementar la presión para obtener la dosificación de tinta esperada.

Una capa delgada requiere menor presión para obtener una impresión limpia y clara. Para mejores resultados, se recomienda usar el mismo tipo de rasqueta en ambos lados de las cámaras para evitar diferencias en la presión aplicada. Los incrementos de presión en las rasquetas ocasionarán que se doblen las rasquetas, ocasionando con esto que se vea disminuido el ángulo de la rasqueta, incrementando así el área de contacto, de tal forma que en realidad se estará realizando la dosificación de la tinta con la parte inferior de la rasqueta y no con el filo. Esto ocasiona que pueda ocurrir un desgaste de rasquetas y cilindros anilox excesivos.

Una excesiva presión en la rasqueta también puede ocasionar libre "flotación" de partículas metálicas, las cuales contaminan las tintas. Cuando una partícula queda atrapada entre una rasqueta doblada y el anilox, esta partícula puede dañar o destruir celdas. Estas líneas de celdas pueden aparecer alrededor del anilox de manera circunferencial, dando origen a las llamadas "*score lines*".

Cuando la rasqueta está lista para ser usada, debe asegurarse que la cavidad esté alineada de tal forma que la parte superior e inferior de la cámara tengan la misma presión. Una incorrecta alineación puede crear diferente dosificación de la tinta, fugas e, incluso, inusual desgaste de la rasqueta. De igual manera, se debe revisar la alineación horizontal en relación con los anilox, mediante el uso de un nivel.

El uso de tintas abrasivas es otra posible causa de rayas. El uso de rasquetas recubiertas o de acero inoxidable puede ayudar cuando utilice este tipo de tintas. Si utiliza tintas base agua, que pueden ser muy corrosivas para ciertos materiales, podría entonces necesitar revisar y ajustar sus niveles de pH.

Un problema común en las áreas de impresión en flexografía son las fugas en los sistemas de cámaras cerradas. Como ya se mencionó, debe asegurarse una correcta alineación. Las rasquetas, tanto superior como inferior de las cámaras, deben tocar el cilindro anilox al mismo tiempo.

---

---

Para algunas aplicaciones, se usan rasquetas plásticas o con componentes plásticos. Estos materiales se desgastan lentamente, asientan bien en los anilox y son seguros de usar. Algunas rasquetas plásticas necesitan ser un poco más gruesas para tener la misma rigidez que las metálicas, pero esto incrementa el área de contacto afectando también los resultados en la dosificación. La mayoría de los impresores que usan este tipo de rasquetas se encuentran en la industria del corrugado. En estos casos, como sabemos que cambiar rasquetas en estas prensas es un proceso tardado, se prefiere usar un material que dure más en máquina, por lo cual las rasquetas plásticas son una buena opción.

### 1.1.5 TIPOS DE MÁQUINAS FLEXOGRÁFICAS

Por cada color que se va a imprimir es necesario contar con una unidad de impresión. Para una cuatricromía o selección de color (colores amarillo, magenta, cian y negro), por ejemplo, se necesita, al menos, una máquina de 4 colores. La manera en que se acomodan las unidades de impresión en una máquina determina el tipo de prensa:

- Vertical o *stack* ("estaquita", coloquialmente).
- Horizontal.
- De tambor central (C.I. o *common impression press*)

Estas prensas se usan para impresión de películas para empaques flexibles, etiquetas autoadheribles, sacos, láminas de material corrugado, etc. Independientemente del producto final, los principios de impresión son básicamente los mismos.

#### ■ Prensa vertical

En la prensa vertical las estaciones de color individual están dispuestas o apiladas una encima de la otra, a uno o a ambos lados de la estructura principal de la prensa. Cada una de las estaciones de color es impulsada por una serie de engranajes soportados en la estructura de la prensa. Las prensas convencionales se fabrican desde dos hasta ocho estaciones de color.

Hay tres ventajas principales con este tipo de prensa. Primero, es posible invertir la cinta de material para permitir que ambos lados de ella sean

---

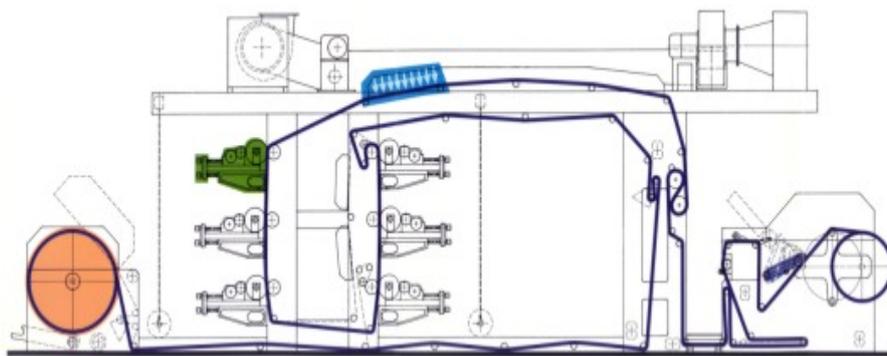
---

impresos durante un paso por la prensa. Por medio de diferentes formas de "vestido" de la prensa con el sustrato, se logra que la tinta seque completamente antes de que el reverso sea impreso, siempre y cuando exista suficiente capacidad de secado en la distancia que separa las dos estaciones de color. La segunda ventaja es la accesibilidad a las estaciones de color, lo cual, facilita cambios, lavados, etc. (aunque con el riesgo que entraña el uso de escaleras). La tercera ventaja es el menor espacio ocupado.

La prensa vertical ha encontrado amplia aplicación y se ha usado para imprimir sobre casi todo tipo de sustrato. Sin embargo, tiene limitaciones para algunas aplicaciones como por ejemplo para impresión de sustratos extensibles o extremadamente delgados, ya que se presentan problemas de registro.

Con materiales tales como papel, estructuras de películas laminadas y otros que pueden tolerar valores de tensión relativamente altos, la prensa convencional puede producir productos comerciales con registro aceptable en una forma muy eficiente.

La prensa flexográfica tipo vertical se presta muy bien a otras aplicaciones específicas tales como impresión en línea con otro tipo de maquinaria. Estas pueden ser extrusoras, máquinas productoras de bolsas, cortadoras de hojas, laminadoras, etc.



**Fig.1.21** Prensa vertical

---

---

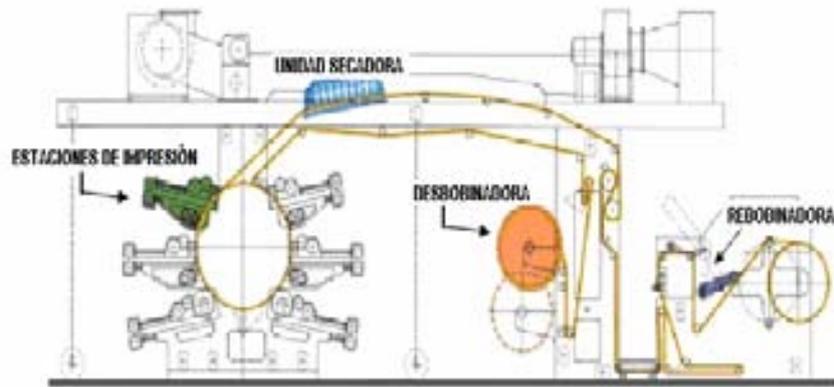
## ■ Prensa horizontal

Este es el tercer tipo de prensa mas comúnmente usado. Sus estaciones de color son unidades completas, separadas, dispuestas horizontalmente. Las prensas horizontales pueden tener cualquier número de colores y pueden fácilmente ser diseñadas para manejar rollos extremadamente anchos puesto que no se necesita que una sola estructura sostenga todas las estaciones de color. Ellas se usan especialmente en impresión de cajas plegadizas, corrugados, bolsas de pared múltiple y algunas otras aplicaciones especiales.

Las prensas horizontales se usan también para impresión de etiquetas normales y autoadhesivas sobre rollos de banda angosta, para lo cual ofrece las ventajas de corto tiempo de arreglo y accesibilidad. Estas características de diseño son también importantes en aquellas áreas especializadas donde una línea de producto específico puede necesitar una prensa de tiraje corto. Como en el caso de prensas verticales, estas prensas están limitadas a impresiones que no sean críticas con respecto al registro.

## ■ Prensa de tambor central

La prensa de cilindro de impresión central, llamada también de impresión de tambor o común (o prensa CI), soporta todas las estaciones de color alrededor de un solo cilindro de impresión de acero, montado en la estructura principal de la prensa. La cinta de material (sustrato) está soportada por el cilindro impresor y es asegurada contra este cilindro a medida que pasa por las diferentes estaciones de color. Esto evita el cambio en el registro de color a color. Puesto que la principal ventaja de la prensas de cilindro central es su habilidad para mantener excelente registro, esta prensa ha llegado a ser la mas usada por convertidores interesados principalmente en la impresión de materiales extensible (polietileno, por ejemplo). Además el desarrollo de diseños gráficos más complicados y la continua demanda por impresión multicolor han permitido que esta máquina haya sido usada para casi todo tipo de sustrato.



**Fig. 1.22** Prensa de Tambor Central

Estas prensas están equipadas con frenos y embrague neumáticos, guidores de bordo electrónico, sistema de secado de tinta a gas o eléctricos con cámara cerrada y variador de velocidad eléctrico.

Las versiones más modernas cuentan con un mecanismo sencillo de cambio de cilindros anilox a cilindros cerámicos.

Las prensas más comunes son las de seis a ocho colores. También existen muchas máquinas de cuatro colores y algunas de hasta diez colores.

Se han usado igualmente diversos diámetros del cilindro de impresión. Antiguamente las prensas de cuatro colores eran las más comunes y generalmente usaban cilindros de impresión con diámetros de 76 cm a 91 cm. Con el objeto de lograr más velocidad de impresión, se diseñaron inicialmente prensas de cuatro colores, con cilindros de impresión hasta 1.5 m de diámetro.

La primera prensa de seis colores uso un cilindro de impresión de 2.1 m de diámetro. La últimas prensas CI de ocho colores tienen cilindros de 2.4 m de diámetro. A medida que las técnicas de secado se han ido mejorando y se ha necesitado menos distancia entre las estaciones de color para secar la tinta impresa, se empezaron a usar de nuevo cilindros de impresión más pequeños. Hoy en día la prensa mas común de seis colores tiene un cilindro de 60 pulgadas de diámetro, pero también se encuentran prensas de seis colores de 2.1 m.

A causa de los avances logrados en el secado entre colores ya no se cumple la regla de que "prensas con cilindros más grandes a menudo ofrecen

más altas velocidades". Es importante señalar, no obstante, que las prensas con menores separaciones entre unidades son más propensas a general problemas de atrape entre colores. En general, sin embargo, es posible obtener longitudes de repetición más largas sobre un cilindro más grande que sobre aquellos cilindros de diseño más pequeño. La prensa de cilindro de impresión central ha encontrado poco uso en aplicaciones donde es necesario imprimir ambos lados del rollo durante un solo paso a través de la prensa.

### 1.1.6 SUSTRATOS PARA LA IMPRESIÓN DE TINTAS FLEXOGRÁFICAS

Todo material base sobre cuya superficie puede depositarse una sustancia para impresión se denomina sustrato.

Con las tintas flexográficas se pueden imprimir diferentes tipos de sustratos como lo son las películas plásticas flexibles. Estos materiales no se escogen necesariamente por sus características de impresión, pero sí por su funcionalidad de acuerdo con su uso final. Algunos materiales empleados para la fabricación de este tipo de sustratos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 1.0** Materiales empleado para la fabricación de sustratos para la impresión de tintas flexográficas.

Material	Acrónimo en Español	Acrónimo en ingles
Polietileno de baja densidad	PEBD	LDPE
Polietileno de alta densidad	PEAD	HDPE
Polietilentereftalato (poliéster)	PET	PET
Cloruro de polivinilo	PVC	PVC
Polipropileno	PP/OPP/BOPP	PP/BOPP
Cloruro de polivinilideno (sarán)	PVdC	PVdC
Celofán		
Nylon		
Foil de Aluminio		
Papel y Cartón (diversos tipos y calidades)		
Materiales metalizados (BOPP, poliéster, etc.)		

---

---

### ✚ Polietileno de baja densidad

Uno de los materiales más utilizados para fabricar películas flexibles es el polietileno de baja densidad. Las propiedades del polietileno de baja densidad como materia prima básica para la fabricación de sustratos flexibles, son: buena sellabilidad al calor, buena barrera a la humedad y buena adherencia de tintas (si está tratado para impresión). Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones, como son: bolsas para cereales, boutiques, panificación, congelados, industriales, pañales, bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos, tubos, etc.

### ✚ Polietileno de alta densidad

Con este polietileno se aumenta considerablemente la impermeabilidad al oxígeno, grasas y aceites con respecto a la ofrecida por el polietileno de baja densidad. El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno. Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: inyección, soplado, extrusión o rotomoldeo. En lo interesa a impresión flexográfica su uso principal es el de las bolsas de supermercado.

### ✚ Poliéster

Denominado como polietilentereftalato, mejor conocido como PET, este polímero elaborado a partir de dos materia primas del petróleo, etileno y paraxileno, tiene como compuestos básicos el ácido tereftálico y el etilenglicol, los cuales combinados a temperatura y presión elevada, producen una resina que se cristaliza en pequeños cilindros de color blancuzco, conocido como polímero en grano, que al calentarse se utiliza para la fabricación de envases, los cuales son ligeros, transparentes, brillantes, de alta resistencia a impactos, no alteran las propiedades del contenido, tienen cierre hermético y no son tóxicos. También se trabaja en volúmenes cada vez mayores como película plástica para la fabricación de empaques flexibles, particularmente por sus excelentes propiedades de barrera.

---

---

### ✚ Cloruro de polivinilo

Se produce a partir de gas y cloruro de sodio. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (inyección, extrusión, soplado). Se utiliza principalmente en envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, cañería para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, blister para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado, rollos de fotos. Ha tenido auge en los últimos años por su amplio uso en empaques, mangas y sellos de garantía, en su modalidad de termoencogibles.

### ✚ Poliestireno

El poliestireno, en general, posee elasticidad, cierta resistencia al ataque químico, buena resistencia mecánica, térmica y eléctrica y baja densidad. El poliestireno es un polímero termoplástico.

Hay una clase de poliestireno que recibe el nombre de poliestireno cristal que es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), transparente y de alto brillo. Y otro llamado poliestireno alto impacto este es un polímero de estireno monómero con oclusiones de polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambos poliestirenos son fácilmente moldeables a través de procesos de: Inyección y Extrusión/Termoformado. Se utiliza principalmente en botes para lácteos, helados, dulces, envases varios, vasos, bandejas de supermercados, anaqueles, envases, rasuradoras, platos, cubiertos, bandejas, juguetes, aislantes. Como película se utiliza en algunas aplicaciones termoencogibles.

### ✚ Cloruro de Polivinilideno

El Cloruro de Polivinilideno se produce básicamente en tres formas: emulsión, resina soluble en disolventes y resina en grano para fabricar películas. De estas tres formas, hay a su vez varias clases, dependiendo del grado de cristalinidad, plastificación, proceso, impermeabilidad, etc. Los recubrimientos con cloruro de polivinilideno se hacen en máquinas lacadoras que lo aplican en varias formas, según el tipo de cloruro de polivinilideno. Si se trata de una emulsión acuosa, se usa generalmente el sistema de rodillos invertidos o rodillo tomador, de contacto, con labio soplador. Para la solución en disolventes se usa normalmente el sistema de rodillos grabados pero con recuperación de los

---

---

disolventes usados, por su alto costo. Este último sistema es el más utilizado en la manufactura del celofán saranizado. El primer sistema, en cambio, se utiliza primordialmente para recubrir papeles con el fin de darles impermeabilidad a gases y aceites de humedad, así como termosellabilidad.

#### ✦ Celofán

Es un plástico con una consistencia similar a la del papel; los dos están compuestos por la misma materia prima, la celulosa, que es una sustancia macromolecular del grupo de los glúcidos que está contenida en las membranas de las células vegetales, en especial en la de algunos árboles como es el caso del roble. El celofán es un plástico transparente y muy flexible. El celofán se suele utilizar para la fabricación de objetos de uso común como es el conocido celo que es papel celofán con una cobertura de un material adherente como son algunos pegamentos especiales. El celofán si está teñido con tintes se suele utilizar como papel de regalo. Casi en desuso, solo se utiliza en algunas envolturas de dulces que implican torcido como sistema de cierre.

#### ✦ Nylon

El nylon, que se obtiene en forma de un material duro similar al marfil, se funde y se hace pasar por los orificios de un disco de metal. Los filamentos se solidifican con un chorro de aire y se estiran hasta hacerlos cuatro veces más largos. El diámetro de los filamentos se controla modificando la velocidad a la que se bombea el nylon a través de los orificios y la velocidad con que se tira de ellos. En el caso de empaque flexible, el nylon se utiliza en estructuras complejas (laminados formados por varias películas) cuando se requiere una barrera excepcional.

#### ✦ Foil de aluminio

El foil de aluminio (papel de aluminio) consiste en un laminado plano. El uso principal del foil es el *packaging* de una multitud de productos, especialmente aquellos que necesitan una adecuada barrera a la humedad y a los rayos ultravioletas (como los alimentos o los medicamentos). Además, en espesores más altos se puede utilizar para la industria de los bienes de consumo (envases semirígidos), la construcción (membranas asfálticas) o el transporte (radiadores de automóviles).

#### ✦ Papel y Cartón

El componente fundamental del papel y el cartón es la celulosa. El

---

---

papel se emplea para la escritura y la impresión, para el embalaje y el empaquetado, y para numerosos fines especializados que van desde la filtración de precipitados en disoluciones hasta la fabricación de determinados materiales de construcción.

### ⊕ Polipropileno

El polipropileno es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. Es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas sustancias se potencian sus propiedades hasta transformarlo (inyección, soplado y extrusión/termoformado). Se utiliza principalmente en película (film) para alimentos, cigarrillos, etiquetas de refrescos, etc. También se usa para fabricar bolsas tejidas (rafia), envases industriales, hilos cabos, cordelería, tubería para agua caliente, jeringas, tapas en general, envases, cajones para bebidas, cubiertas para pintura, helados, telas no tejidas (pañales), alfombras, cajas de batería, defensas y autopartes.

### ■ Tratamiento de las películas plásticas

Las películas, sobre todo los plásticos que se imprimen o recubren, tienen que ser tratadas para reorientar los electrones de su superficie. Un tratamiento insuficiente puede causar poca adherencia de las tintas de impresión, mal atrape en los colores de la impresión y *pinhole* (deficiencia de una tinta impresa al no formar una película continua completa, visible en forma de pequeños huecos en el área de impresión). Desde luego, una mala adherencia se traduce en bajas resistencias del impreso a una serie de agentes químicos y físicos.

La propiedad de anclar o no, tintas y recubrimientos se debe a cierta energía de superficie cuya magnitud es una característica de cada material.

Como se menciona anteriormente el tratamiento de la superficie de los sustratos es de gran importancia para la impresión de tintas flexográficas, la tinta debe de mojar completamente el sustrato. Para lograr que la tinta humedezca bien la superficie sólida, se requiere que la energía superficial del plástico sea mayor que la energía superficial del líquido.

La superficie de las películas fabricadas, sobre todo de las poliolefinas

---

---

(familia a la que pertenecen los polietilenos y el polipropileno), es químicamente inerte; los enlaces químicos que unen los átomos de carbono que forman sus moléculas son no polares, por tanto, poco receptoras de tintas o recubrimientos. Dicho de otro modo, hay poco o nulo anclaje de dichos materiales; para desarrollar esa propiedad es necesario tratar la superficie de esas películas.

Hay cuatro procedimientos para aumentar la energía superficial:

- Ataque químico.
- Flama
- Plasma
- Descarga de corona

#### ⊕ **Ataque Químico**

La superficie tratada con químicos resulta alterada para aumentar la energía superficial proporcionando cadenas químicas activas o grupos sobre la superficie del polímero. El comportamiento altamente inerte de muchos polímeros con frecuencia requiere químicos, que se aplican en la superficie a manera de un barniz primario (*primer*).

El ataque químico se logra lavando la superficie por tratar con una solución lavadora y aplicando otra solución que ataca la estructura molecular superficial. Se vuelve a lavar y se seca. Este método tiene serios problemas entre los cual está el riesgo de manipular sustancias peligrosas además de la contaminación ambiental que significa, por ello casi no se usa y ya no lo mencionaremos.

#### ⊕ **Tratamiento por flama.**

En este tratamiento se aprovecha la combustión de una flama oxidante típicamente de butano o propano sobre la superficie del polímetro.

El tratamiento por flama oxida la superficie y hace más fácil el anclaje de tinta. La superficie del plástico se expone a la zona de oxidación de la flama por menos de un segundo. El gas quemado utiliza del 10 al 15% de aire sobre su rango estequiométrico para alcanzar temperaturas de 1,100 a 2,800 °C. Visualmente la flama debe ser perfectamente azul para lograr el

---

---

tratamiento correcto; la finalidad es corregir la tensión superficial y no calentarla o quemarla. Se pretende oxidar la superficie mediante una exposición a una llama oxidante, por un período generalmente menor a un segundo. La oxidación ocurre con la creación de radicales libres, al mismo tiempo que se obtienen incisiones en las cadenas moleculares y algunas reacciones de entrecruzamiento. La capacidad de adhesión se mejora al tener una mayor energía superficial y una mayor difusividad interfacial aportada por las incisiones en las cadenas, lo cual aumenta la movilidad molecular y disminuye la viscosidad. Su uso es común en poliolefinas, polietileno y PET.

#### ⊕ **Tratamiento por plasma:**

El método más moderno de tratamiento superficial es a base de plasma, desarrollado en la década de los ochenta con gran éxito. Para generar el plasma, un gas inerte atraviesa el arco eléctrico dentro de una pistola aspersora; el arco calienta el gas hasta el estado de plasma, expulsándose una luz brillante. La pistola de plasma provee temperaturas por arriba del punto de fusión de cualquier sustancia conocida. El sistema opera en una presión atmosférica estándar y no requiere cámaras de vacío, produciendo un plasma uniforme.

Es un tratamiento reconocido por ser más estable y confiable que el tratamiento corona. Se crea un arco eléctrico en una atmósfera de baja presión con gases como Ar<sub>2</sub>, He<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. Esto conlleva a un entrecruzamiento molecular con el cual se mejora la resistencia del material de la superficie y se evita el desprendimiento de una capa delgada del sustrato. Adicionalmente se asume que se obtienen diferentes grupos funcionales e incisiones en las cadenas moleculares. Su uso es común es en la mayoría de las películas plásticas de poliolefinas, polietileno y PET.

#### ⊕ **Tratamiento por descarga de alto voltaje o corona.**

A finales de los años 50, aparecieron los tratadores de películas por medio de una descarga de alto voltaje, sobre un rodillo que transporta la película recubierta por un material dieléctrico. El tamaño de los gabinetes de mando, la simpleza del electrodo y en general, el bajo peso de todos los elementos dio

---

---

un vuelco de la preferencia hacia este método. Un sistema de este tipo consta de las partes que siguen: un circuito generador de alta frecuencia, con controles para variar la energía de salida, un transformador de alto voltaje y un electrodo, en este caso de metal, que está colocado sobre un rodillo, recubierto por un material dieléctrico. Entre electrodo y rodillo debe haber un claro (de 2 a 6 mm). Durante el trabajo del equipo, salta un arco en todo lo largo del electrodo, que atraviesa la capa de aire, la película (que también es dieléctrica) y el recubrimiento eléctrico del rodillo e incide en éste que es de metal y está conectado a tierra, se cierra el circuito y el fenómeno continúa hasta que se interrumpe en el control o generador. Por este medio, la cara de la película expuesta al aire sufre alteraciones, similares a las del caso de la flama, que la hacen receptiva a tintas y recubrimientos. Hay dos tipos de materiales o películas, por tratar: los conductores y los no conductores, los primeros son los plásticos y los papeles, los segundos son las películas metalizadas, el foil de aluminio y algunas películas con una carga considerable de pigmento metálico, como aluminio o bronce. La frecuencia de trabajo de los generadores de corona puede estar comprendida entre los 5 y 25 kilohertz (Khz). De los métodos anteriores, el tratamiento corona es el mas usado para el tratamiento de películas plásticas en el proceso de impresión flexográfica.

---

---

# CAPÍTULO 2

---

---

## ■ CAPÍTULO 2. COMPOSICIÓN BÁSICA DE UNA TINTA FLEXOGRÁFICA

---

Las tintas flexográficas son el resultado de mucha investigación y largos periodos de experiencia práctica. Los métodos científicos como aquellos empleados en cualquier laboratorio moderno se usan para seleccionar las materias primas y formular las tintas.



El manejo adecuado de las tintas depende del conocimiento básico de la composición de la tinta y de su uso.

En su origen, los componentes de este tipo de tintas, eran 100% naturales pero han ido evolucionando hacia productos sintéticos que garantizan mejor las prestaciones técnicas que se le exigen hoy a una tinta.

La composición básica de una tinta flexográfica base solvente esta constituida por:

- Sustancias colorantes (pigmentos o colorantes)
  - Resinas
  - Solventes
  - Aditivos
- } Vehículo

---

---

Las tintas que se aplican en la flexografía son líquidas y de baja viscosidad, su secado se produce principalmente por la evaporación de los disolventes que contiene.

## 2.1 Sustancias colorantes

De todos los ingredientes usados en flexografía, ninguno es más visible que el material colorante. El colorante es la sustancia que le transmite el color a una impresión. Los materiales colorantes son compuestos químicos que alteran su apariencia por absorción selectiva o por la reflexión en la luz. Arreglos específicos de átomos dentro de estos compuestos, llamados cromóforos, producen este efecto. Los materiales colorantes pueden ser pigmentos o colorantes.

### ■ Colorantes

Los colorantes son solubles en el vehículo (componente líquido de una tinta de impresión). Los colorantes que se usan en las tintas para impresión flexográfica generalmente se clasifican en:

- Colorantes básicos.
- Colorantes solubles en alcohol, resistentes a la luz.

Los colorantes básicos son los más comunes. Son colorantes fuertes y limpios, que presentan limitaciones debido a su pobre resistencia al sangrado y a la luz. El término sangrado es utilizado para describir la condición por una falta de secado en el color anterior, el cual ocasiona que el color subsiguiente sobreimpreso pierda su tono, tal como una impresión roja sobre una tinta blanca húmeda que ocasiona una tonalidad rosada. Sirven para el uso sobre papel, siempre y cuando se usen en corto tiempo y tengan poca o ninguna exposición al agua, plastificante y solventes.

Otros tipos de colorantes como los solubles en alcohol tiene una mayor resistencia a la luz y al agua, pero su intensidad y solubilidad no son tan buenos como los colorantes básicos. Se emplea muy a menudo para la impresión del foil de aluminio altamente transparente.

---

---

## ■ Pigmentos

Los pigmentos no son solubles por lo cual tienen que ser dispersados en el vehículo por medio de molinos para que desarrollen el color. La variación en sus propiedades depende no solamente de su composición química y física, sino también de la forma como son humectados por el vehículo de la tinta y de lo bien dispersados que queden en él. Los pigmentos se clasifican generalmente como inorgánicos y orgánicos.



Fig. 2.1 Pigmentos

### ✦ Pigmentos inorgánicos

Los pigmentos inorgánicos son pigmentos cuya composición química no está basada esencialmente en el carbono. Los pigmentos inorgánicos incluyen el dióxido de titanio, el negro, los cromatos de plomo, los azules milori, los óxidos de hierro.

El dióxido de titanio anatasa y rutilo son los pigmentos blancos más comunes. Los dióxidos de titanio son tratados para ayudar a su humectación con los vehículos.

El principal pigmento negro es el negro de humo. Los negros de carbón comprenden las partículas más pequeñas de todos los pigmentos. Tanto los negros de carbón como el dióxido de titanio son químicamente inertes y resistentes a la luz.

---

---

La tonalidad de los pigmentos de cromato de plomo varían desde la tonalidad verdosa del amarillo primoroso hasta el naranja cromo molibdato de tonalidad rojiza. Son pigmentos muy opacos que dan excelente flujo y buena imprimibilidad. Tienen excelente resistencia a los solventes y las grasas y buena solidez a la luz. Tienen pobre resistencia a los ácidos y álcalis. Están muy restringidos por su contenido de cromo y plomo.

Los azules milori generalmente proporcionan buena calidad de impresión y excelente resistencia a los solventes, a la grasa, a los ácidos y a la luz. Tienen mala resistencia al álcali.

Los óxidos de hierro varían desde amarillos sucios relativamente opacos hasta rojos opacos. Son importantes porque son químicamente inertes, resistentes a la luz y se pueden usar en contacto con alimentos.

Para lograr efectos metálicos se utilizan pigmentos basados en aluminio (platas) y en bronces (oros).

Otros colorantes inorgánicos incluyen pigmentos de cadmio, azul ultramarino y verdes de cromo. Los colores de cadmio se usan poco por su alto costo y relativa baja calidad de calor. Tienen excelente resistencia al álcali. El azul ultramarino es muy limpio y de tonalidad rojiza. Así como los de cromo, los pigmentos basados en cadmio se encuentran muy restringidos por cuestiones de salud y de ecología. La norma que restringe en México el uso de estos pigmentos en la fabricación de tintas y pinturas empleadas en artículos empleados en la fabricación de juguetes y artículos escolares es; la norma oficial Mexicana NOM-015-1-SCFI/SSA-1994.

#### ✚ Pigmentos orgánicos

Los pigmentos orgánicos son compuestos químicos que contienen carbono e hidrógeno, nitrógeno y oxígeno y a menudo contienen metales de bario, calcio o cobre. Difieren de los inorgánicos por tener menor gravedad específica y mayor transparencia.

Los pigmentos orgánicos incluyen amarillos y amarillos bencidina, rojos azo, azules ftalocianina, fluorescentes y lacas ácidas fosfomolibdicas de colorantes básicos.

Los compuestos azo insolubles, como amarillos y naranjas bencidina, tienen desde pobre hasta buena resistencia a la luz. Este grupo representa el reemplazo más factible para los amarillos de cromo cuando estos no pueden ser utilizados debido a su toxicidad.

Los pigmentos fluorescentes son soluciones débiles de colorantes básicos en una resina. Su composición química les da la propiedad de fluorescencia. Emite más luz visible que la que absorben y esto incrementa su brillantez para el observador. Junto con las diferencias en la solubilidad, existen otras variaciones básicas entre pigmentos y colorantes, como las que se enlistan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Diferencia general entre pigmentos y colorantes.

Propiedades	Colorantes	Pigmentos
Color	Fuerte-Brillante	Débil o Fuerte-Sucio o Brillante
Resistencia a la luz	Pobre	Regular a Excelente
Resistencia al sangrado	Pobre	Regular a Excelente
Resistencia química	Pobre	Regular a Excelente
Resistencia al calor	Pobre a Regular	Regular a Excelente
Opacidad o Transparencia	Transparente	Transparente a opaco
Reología o Flujo	Bueno	Pobre a bueno
Toxicidad	Bueno	Pobre a bueno

## 2.2 Vehículos

El propósito de estos es llevar el colorante de la tinta desde el tintero hasta el sustrato. Además los vehículos de las tintas son los que más contribuyen a dar las propiedades funcionales requeridas por el impresor final. El vehículo de la tinta es una mezcla de resinas, solventes y aditivos.

### ■ Resina

La resina es el ingrediente primario del vehículo. Son sustancias orgánicas complejas, naturales o sintéticas, sin un punto definido de fusión que en una solución de solventes forman la porción adhesiva de la tinta flexográfica.

---

---

Todos los otros materiales soportan la resina de una manera u otra. Los plastificantes hacen la resina más flexible. Los lubricantes cambian las características de deslizamiento. Las resinas más comunes que se usan en flexografía son:

- ✦ Nitrocelulosa: La mayoría de las tintas basadas en solventes contienen esta resina, particularmente cuando se requiere resistencia al calor.
- ✦ Otros derivados de la celulosa: Entre estas se encuentran tintas para películas especiales y para laminación.
- ✦ Poliamida: las películas más flexibles están en esta categoría.
- ✦ Goma laca: En este grupo se encuentran las tintas para cartón recubierto con polietileno y algunas tintas base agua.
- ✦ Policetonas: Bajo esta clase se encuentran tintas para laminación y otras especialidades.
- ✦ Acrílicas base solvente: Aquí se encuentran tintas para laminación.
- ✦ Colofonias modificadas: Entre estas están las tintas base solvente y base agua para papel.
- ✦ Acrílicas carboxiladas: Estas se encuentran en tintas base agua de alto desempeño.
- ✦ Proteínas: Para tintas base agua. Casi en desuso.
- ✦ Uretanos: Aquí se incluyen tintas especiales y para laminación

La resina proporciona a la tinta:

- Adhesión
- Resistencia al producto
- Brillo
- Dispersión de pigmentos



**Fig. 2.2** Diferentes tipos de resinas

### ■ Solventes

Los disolventes o solventes, como se les denomina en la industria, se definen como fluidos volátiles o mezclas de los mismos capaces de disolver o dispersar otras sustancias.

Normalmente, el disolvente establece el estado físico de la disolución, por lo que se dice que el disolvente es el componente de una disolución que está en el mismo estado físico que la disolución.

Dentro de las propiedades físicas controlables por medio de los disolventes se encuentran la viscosidad; dicha viscosidad depende del grado de solubilidad y el grado de compatibilidad de las resinas en determinados disolventes.

La manera más importante como los impresores modifican la tinta líquida es agregando solventes volátiles. La tinta en la mayoría de las veces viene concentrada y debe ser diluida a la viscosidad correcta de impresión. El solvente es usado para darle fluidez al colorante sólido y a los componentes del vehículo. Los disolventes se evaporan después de que la tinta se seca.

Algunos de los solventes más utilizados por ser compatibles con las resinas utilizadas para la formulación de tintas flexográficas son: ésteres, cetonas, glicoéteres, ésteres de glicoéteres, alcoholes, los hidrocarburos, etc.



**Fig. 2.3** Diferentes tipos de solvente

Debido a la gran variedad de necesidades referentes a la aplicación, el solvente:

- Disuelve la resina
- Controla la viscosidad
- Controla el secado

Para obtener el mejor desempeño y economía en una tinta es necesario hacer una buena selección de solventes. Algunas de las propiedades que se deben considerar son: solvencia, velocidad de secado, olor y un factor muy importante es la seguridad ya que la mayoría de los solventes orgánicos son muy peligrosos por su alto índice de inflamabilidad (punto de inflamación muy bajo).

#### ✦ Solvencia

Un buen solvente solubilizará rápidamente la resina sólida, lo cual es un factor esencial para una buena impresión y puede variar de un solvente a otro dependiendo del tipo de resina que se requiere disolver.

En la mayoría de los métodos, el poder disolvente se mide por la viscosidad que un solvente imparte a la solución; al tener una solución de

---

---

resina con un contenido de sólidos dado, se obtendrá una viscosidad más baja mientras más poder disolvente tenga el solvente empleado y viceversa.

La alta solvencia hace que se logre la viscosidad de impresión con la adición de una mínima cantidad de solvente. La impresión final debe contener un residuo de solventes mínimo.

#### ⊕ **Velocidad de secado**

La velocidad de secado final debe generar un residuo de solventes mínimo. La velocidad de secado es especialmente crítica en la impresión de múltiples capas, en la cual un color es anclado sobre otro. La aceptación de un color sobre otro es mejor cuando la primera tinta es más intensa, más baja de viscosidad y se encuentra tan seca como sea posible en el punto de impresión.

La impresión final debe contener un residuo de solventes mínimo, ya que los solventes retenidos ablandan la película y esto puede causar desprendimiento de la tinta, olor residual y laminación deficiente. Si la evaporación es muy rápida, la película no nivelará ni humectará al sustrato lo suficiente para una buena adhesión.

La velocidad de secado debe ser adecuada para controlar la viscosidad de la tinta durante las etapas del secado. Al inicio del secado, el solvente o mezcla deberá evaporarse rápido para prevenir el flujo excesivo de la tinta mientras que al final paulatinamente deberá hacerlo de manera lo suficiente lenta para darle a la película de tinta impresa buena nivelación, flexibilidad y adhesión al sustrato.

El disolvente individual generalmente no se usa solo, pues es difícil que satisfaga la mayoría de los requerimientos de la aplicación técnica.

#### ⊕ **Olor**

Si permanecen en la película de tinta algunos solventes pueden producir olor objetable. Olores de sustancias como el mercaptano o compuestos de azufre que se encuentran frecuentemente en hidrocarburos son rechazables,

---

---

especialmente en empaques para alimentos. Ciertos desnaturalizantes del etanol, tales como aldehídos de alto punto de ebullición y cetonas, pueden causar problemas de olor. El exceso de solventes, aunque no tengan alguna objeción particular en cuanto a olor, puede generar rechazos de impresos.

### ✦ Seguridad

La mayoría de los solventes orgánicos son un peligro de incendio; se deben tomar en cuenta los puntos de inflamación y los límites de explosión. Además algunos vapores de solventes son perjudiciales para la salud por encima de ciertas concentraciones.

### ■ Mecanismos de secado de las tintas

El secado es la operación a través de la cual la tinta pasa del estado fluido al estado sólido, es decir, seco al tacto. Los procesos físicos o químicos que intervienen deben fijar sólidamente la tinta al soporte.

Con frecuencia es necesario diferenciar entre el primer estado de secado en el que la tinta deja de ser viscosa y no repinta y el de endurecimiento final de la película.

La primera fase deber permitir que el resto de las operaciones de impresión se realicen sin inconvenientes de repintado o pegado. En la segunda fase la película semisólida se transforma en película dura y resistente.

El proceso variará según la naturaleza del soporte sobre el que se realice la impresión.

### ✦ Secado por evaporación

Se entiende por evaporación de una sustancia el paso del estado líquido al estado gaseoso. La evaporación de un líquido depende de su naturaleza. Hay líquidos mucho más volátiles que otros. La evaporación se ve favorecida por la circulación de aire y aplicación de calor. Inmediatamente después de la impresión el disolvente se evapora y deja fijada en el soporte.

---

---

La tinta no se debe secar antes de llegar al sustrato de impresión y rápidamente debe hacerlo cuando se deposita en este.

Cuando la tinta ya está en el sustrato, interesa que se seque lo más rápido posible, con el objetivo de evitar, problemas de repintado y de bloqueo, por eso se aplica una corriente de aire caliente (y "fresco") a la salida de la máquina, para favorecer la evaporación del disolvente.

En cuanto a la flexografía es un método de impresión en el que la forma impresora es un fotopolímero y las tintas utilizadas son de secado por evaporación. Las tintas utilizadas son de secado muy rápido. El secado se produce en pocos segundos. La flexografía se utiliza mucho para imprimir soportes a coste muy reducido para embalajes y carteles anunciadores de grandes caracteres. La flexografía se utiliza mucho para imprimir soportes no absorbentes como por ejemplo el celofán, polietileno, polipropileno, otros plásticos, incluso vidrios y tejidos.

#### ✦ **Secado por penetración**

Las tintas que contienen disolventes volátiles se secan por evaporación solo cuando se imprimen sobre soportes no absorbentes ya que cuando se imprimen sobre papel intervienen también otro tipo de secado que es el de la penetración de la tinta, en la estructura interna del soporte.

Este tipo de secado se ve limitado en papeles con tratamientos especiales tales como el estucado y calandrado, ya que estos tratamientos reducen los poros del papel y evitan la penetración de la tinta.

El secado por penetración se basa fundamentalmente en las fuerzas de succión, que presentan los poros.

El secado por penetración se produce fundamentalmente en la impresión de periódicos en offset. La tinta empleada es muy simple y consiste en negro de humo disperso en aceite mineral. Esta tinta tan elemental no llega a secarse y por eso nunca presentará resistencia al rozamiento, ya que el aceite mineral no puede unir los periódicos manchan al tocarlo. Por cierto, existen algunos periódicos en otros países impresos mediante flexografía con tintas base agua.

---

---

## ✦ Secado por oxidación

Hemos visto que las tintas de los periódicos se secan por penetración y que con ellas se consiguen velocidades elevadas de impresión aunque se sacrifica la calidad. Para trabajos de mayor calidad se recurre a otros tipos de tinta. Así en offset y tipografía se utiliza un tipo de tinta muy viscosa que para que se comporte de una manera satisfactoria en la impresión necesita un grupo de rodillos entintadores que remuevan la tinta, la distribuyan uniformemente y la apliquen al papel en formas de películas muy finas.

Estas tintas deben cumplir algunas exigencias. La tinta debe mantenerse en los rodillos sin secarse. A los pocos segundos de la impresión la tinta debe estar fijada al papel de tal manera que permita apilar los pliegos en la salida sin que se produzca el repintado. Lo ideal sería que la tinta estuviese seca pero como eso no es posible basta con que esté fijada y no repinte.

Cuando la tinta ha fijado y secado debe ser resistente al rozamiento, es decir, no debe extenderse ni estropearse ni con la manipulación ni con la utilización.

Para conseguir el secado de estas tintas se utiliza como vehículos de las mismas los llamados aceites secantes. Estos aceites son aceites vegetales como la linaza, ricino, etc. Estos aceites tienen la propiedad de polimerizarse en presencia del oxígeno del aire y formar grandes moléculas llamadas macromoléculas por oxidación de los aceites vegetales. El oxígeno del aire favorece la formación de las macromoléculas porque actúa de puente entre las moléculas de partida. Este secado por oxidación es casi privativo de las tintas de offset.

## ✦ Secado por radiación

Con la intención de acelerar el proceso de secado de las tintas y solucionar los múltiples problemas de secado cuando se imprimen superficies no absorbentes con tintas sin disolventes volátiles en su composición, se ha desarrollado la utilización de la radiación energética, como medio para el secado de las tintas. Las tintas UV se usan de forma muy común en el área de flexografía de banda angosta para la impresión de etiquetas y empaque plegadizo.

---

---

Son dos las fuentes de energía que se utilizan industrialmente:

- Radiación ultravioleta (UV).
- Flujo o rayo de electrones (EB).

### ■ Factores que afectan al secado de la tinta flexográfica

La evaporación de los solventes en un vehículo de tinta depende en gran parte de la resina y de la mezcla de solventes empleada. Las resinas retienen los diferentes solventes a variadas velocidades. La velocidad de secado del vehículo determina el flujo de la tinta a través de la impresora (velocidad de la máquina de impresión).

El secado de la tinta tiene que ajustarse de tal forma que la tinta al salir del horno esté seca y tenga bajo contenido de solventes retenidos. Los solventes residuales ablandan la película de tinta y producen impresión fantasma, repinte, bloqueo, problemas de olor y mala aceptación de las tintas superpuestas (atrape).

#### ⊕ Viscosidad

Es la resistencia que presenta los líquidos a fluir. Cuando se trabaja con mezclas complejas como las tintas, es necesario poder medir la viscosidad. Esta variable es la más importante a controlar durante un tiro de impresión con tintas base solvente. Garantiza, entre otras cosas, consistencia a lo largo del tiro.

#### ⊕ Temperatura

La temperatura tiene una gran influencia sobre los comportamientos de los fluidos y modifica muchísimo la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del líquido. Mientras mayor es la temperatura de un líquido mucho menor es su viscosidad.

#### ⊕ Tack (mordencia o pegajosidad)

Es la resistencia que una película de tinta opone a toda fuerza que tiende a romperla por tracción en sentidos opuestos.

---

---

Cuando la mordencia de la tinta no se corresponde con la resistencia de la superficie del sustrato, puede representar un obstáculo y provocar inconvenientes durante la impresión.

El tack puede influir en diversas maneras sobre la tinta:

- En su distribución sobre los rodillos de la máquina.
- En su transferencia al soporte.
- En la calidad de la impresión.
- En la puesta en marcha.
- En la aceptación de una tinta sobre otra.

El tack es más crítico en el caso de tintas offset, pero también tiene cierta influencia en la calidad de la impresión flexográfica.

#### ✚ **Permanencia a la luz**

Por permanencia de una muestra de imprenta, se entiende a aquella que ofrece la tinta a la luz artificial emitida por un aparato fadeómetro o la luz real a la que se someterá un impreso durante su vida útil. Se considera que la muestra impresa es resistente a la luz cuando no ha experimentado una variación apreciable de color en las condiciones de la prueba. Es importante señalar que no hay correlación entre los resultados de una prueba en fadeómetro y la vida útil de un impreso, debido a la infinidad de variables existentes en una exposición real.

Cuando se trata de impresos para interiores, la muestra se expone a la luz en un periodo de 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Finalizada la prueba se puede comprobar la variación sufrida por ella. La valoración se expresa en horas de resistencia y aproximadamente se puede decir:

- 6 horas = débil
- 12 horas = mediocre
- 24 horas = regular
- 48 horas = buena
- 72 horas = muy buena

---

---

### ✚ Resistencia al calor

Se entiende a aquella resistencia que ofrece la tinta al operar a una temperatura determinada durante un cierto tiempo de contacto.

Hemos de considerar que se refiere siempre a una muestra impresa en el soporte en el que se vaya a realizar la impresión. Se relaciona con el calor usado en las mordazas de los equipos de sellado de envases.

### ✚ Resistencia a los agentes químicos

Por resistencia específica de una tinta a los agentes químicos se entiende aquella que ofrece una muestra a la acción de oxígeno del aire, humedad, contaminación, etc. El examen de la resistencia que ofrece la tinta el agente químico específico deberá efectuarse sobre una muestra impresa en el soporte final. Aquí debemos incluir también la resistencia del impreso al producto que se pretende envasar (ejemplo: jabones, detergentes, aceites, lácteos, jugos, etc.).

### ✚ Resistencias mecánicas

Inmediatamente después de realizar la impresión, esta se ve sometida a una serie de ensayos prácticos que se realizan normalmente en los talleres para comprobar de forma sencilla y rápida la calidad de la impresión.

Los más interesantes son:

- Ensayo de resistencia a la cinta adhesiva
- Ensayo de resistencia a la uña
- Ensayo de resistencia al plegado
- Ensayo de resistencia al arrugado
- Ensayo de resistencia al abarquillamiento (alabeo o curling)
- 

### ■ Aditivos

Se añaden a la tinta para modificar alguna de sus principales propiedades. Pueden subdividirse en: Aditivos añadidos por el fabricante y aditivos añadidos por el impresor.



**Fig. 2.4** Aditivo

Los aditivos añadidos por el fabricante son:

- Ceras: Son productos químicos para que la tinta impresa tenga una solidez adecuada y para aumentar su resistencia al rozamiento. En cambio, pueden ocasionar pérdida de brillo.
- Plastificantes: Confieren flexibilidad.
- Amidas: Proporcionan deslizamiento a la tinta impresa.
- Dispersantes: Mejoran la dispersión del pigmento y la estabilizan.

Los productos añadidos por el impresor son:

- Barniz extender o reductor: Sirve para rebajar el tono o concentración de la tinta.
- Antiespumantes: Para control de espuma.
- Alcalinizantes: En el caso de tintas de agua, para regular pH.
- Retardantes: Se utilizan **glicoéteres** para modificar el secado de las tintas con el objeto de mejorar su printabilidad (calidad de impresión).

---

---

## ■ Glicoéteres

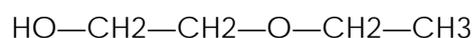
- ⊕ Se sintetizan a partir de óxido de etileno y el correspondiente alcohol o de monoetilenglicol y dietilenglicol en presencia de un catalizador.
- ⊕ Contienen en sus estructuras moleculares dos grupos activos, el grupo éter y el grupo alcohol, los que actúan como acopladores o agentes de unión para compuestos semejantes y además les confieren un magnífico poder disolvente sobre la mayoría de los materiales resinosos, generalmente superior al de los alcoholes o éteres aislados.
- ⊕ Ofrecen excepcional fuerza disolvente para muchas resinas sintéticas y naturales: nitrocelulosa, ésteres de celulosa, fumárica, acrílica, Poliamida, epóxicas y uretanos.
- ⊕ No disuelven resinas hidrocarbonadas, poliestireno, PVC, copolímeros de cloruro de vinilo y acetato de celulosa.
- ⊕ Su solvencia para resinas no polares o ligeramente polares aumenta con el tamaño de la cadena hidrocarbonada.
- ⊕ Su aplicación dentro de las tintas Flexográficas es sobresaliente debido a que controlan el tiempo de evaporación de la tinta, ya que su grado de evaporación es muy lenta. Por tal motivo son utilizados como retardadores de secado, además de ser compatibles con la mayoría de las resinas y solventes de dilución de las mismas.
- ⊕ Eliminan los defectos superficiales, particularmente el *blushing* (atrapa de humedad que causa pérdida de brillo y de transparencia), por su lenta evaporación, controlan la viscosidad, incrementan la adherencia, aumentan la nivelación y brillo.
- ⊕ Contrarrestan los serios problemas ocasionados por secado demasiado rápido: remosqueo, empastado, fantasma, tapado de anilox, aspecto secante, etc.

---

---

Algunos de los glicoéteres mas utilizados como solventes retardantes son los siguientes:

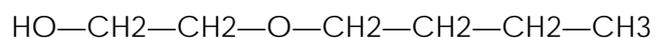
- Etilenglicol etil éter, llamado comercialmente cellosolve.



- Etilen glicol metil éter, llamado comercialmente metil cellosolve.



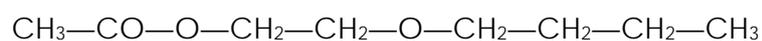
- Etilen glicol n- butil éter, llamado comercialmente butil cellosolve.



- Acetato de etilen glicol metil éter, llamado comercialmente acetato de metil cellosolve.



- Acetato de etilen glicol butil éter, llamado comercialmente acetato de butil cellosolve.



---

---

# CAPÍTULO 3

---

---

### ■ CAPÍTULO 3. FACTORES IMPORTANTES QUE DETERMINAN LA CALIDAD EN EL IMPRESO FINAL DE LAS TINTAS FLEXOGRAFICAS.

---

Para seleccionar los componentes correctos que determinarán la calidad del impreso final, se deben tener en consideración las siguientes propiedades:

- a) Solubilidad: Los solventes tienen que disolver la resina, pero no pueden dañar o atacar las planchas de impresión o los sustratos.
- b) Adherencia: La adherencia de las resinas al sustrato es fundamental. A veces se usan promotores de adherencia para incrementar esta propiedad.
- c) Buena transferencia de tinta: Esto depende de la tensión superficial y la reología y es afectada por la resina y los solventes. Algunas veces se usan agentes que mejoran la transferencia para aumentar esta propiedad.
- d) Buena dispersión de pigmento o propiedades humectantes: Esto está relacionado con la selección de resinas y aditivos dispersantes (humectantes). En la humectación, la resina disuelta tiene que rodear la superficie de cada partícula de pigmento y mantenerla separada de otras partículas.
- e) Reología apropiada: La resina y el pigmento son los principales responsables de las propiedades de flujo de una tinta. Esta propiedad afecta no solamente la transferencia sino también la uniformidad de la impresión.
- f) Características de impresión limpia: Básicamente la limpieza de una impresión es función de la resolubilidad y la liberación de los solventes.
- g) Color de la resina: El color de la resina es importante especialmente cuando se imprimen colores blancos o pasteles o cuando la resina se usa en un barniz de sobre impresión.
- h) Flexibilidad: Esto es importante en sustratos flexibles o en líneas de troquel en papel y cartón. Algunas resinas son flexibles por sí mismas, mientras que otras son muy duras y quebradizas y requieren plastificantes. La facilidad de las resinas duras para aceptar modificación con plastificantes o con resinas más blandas, es crítica para escoger el sistema de vehículo.

- 
- 
- i) Tensión superficial del sustrato: es la fuerza que existe en la interfase de varios sólidos, líquidos y gases, que hacen que tomen la forma de menor área superficial. La tensión superficial del sustrato tiene que ser mayor que la de la tinta.
  - j) Compatibilidad con otras resinas: La compatibilidad con otras resinas es a menudo necesaria. En la mayoría de las aplicaciones para que una tinta cumpla con todos sus requerimientos es necesario más de una resina.
  - k) Liberación de solventes y adecuadas características de secado: El control de la liberación del solvente y el secado están relacionados con la resina y el solvente escogidos. Esto es importante porque los solventes retenidos pueden producir olores indeseables en los empaques de alimentos. El control del secado es especialmente crítico en el proceso de impresión.
  - l) Resistencia al bloqueo: esto es función de la resina y el plastificante. Algunas resinas blandas tenderán a bloquear aunque estén totalmente secas. La retención de solventes o el exceso de retardantes pueden favorecer la aparición de bloqueo.
  - m) Bajo olor: este se obtiene usando la mejor combinación de resina y solvente, aunque el sustrato también puede afectar el olor. Algunas amidas de la tinta o del sustrato se pueden arrancar y generar olor objetable, por ejemplo.
  - n) Propiedades específicas de resistencia requeridas por el uso final: las resinas generalmente son las que determinan estas propiedades, las cuales incluyen resistencia al calor y al aceite. En situaciones especiales se usan ciertas resinas reactivas.
  - o) Brillo: normalmente el brillo es una propiedad esencial del vehículo. Las soluciones de alto contenido de sólidos y un buen flujo son las que más brillo producen. Los pigmentos mal dispersados perjudican al brillo.
  - p) Fuerza cohesiva: es importante en las tintas para laminación que requieran alta fuerza de adherencia.
  - q) Resistencia al rayado: es una combinación de la dureza del vehículo y lubricación de la superficie. Resinas, ceras y silicona producen esta propiedad.
  - r) Secado: El correcto secado de la tinta es una función de la resina básica que compone el vehículo y los solventes en los cuales está

---

---

disuelta. Una impresión limpia exige una excelente solubilidad y resolubilidad para que cualquier tinta seca en el anilox o en la plancha sea disuelta por la tinta nueva que se adiciona. La tinta no se acumularía en la plancha ni se secaría en los rodillos anilox. La tinta parcialmente seca se disolverá mejor si el secado es lo suficientemente lento y si los solventes en la tinta son verdaderos solventes. Para que una tinta muestre buena imprimibilidad sobre un sustrato, la tinta tiene que humectar el sustrato. La humectación la podemos considerar como el esparcimiento o flujo sobre una superficie. Para obtener una buena humectación, la tensión superficial de la tinta tiene que ser menor que la tensión superficial crítica del sustrato. Esto asegurará buena transferencia y una capa uniforme de tinta. Esta tensión superficial es crítica no solamente en el punto de aplicación a la película sino que conserva

---

---

# CAPÍTULO 4

---

---

## ■ CAPÍTULO 4. SECCIÓN EXPERIMENTA.

---

En este capítulo conoceremos experimentalmente el efecto de la adición de glicóéteres como solventes retardantes sobre la velocidad de secado y características del impreso final en tintas flexográficas base solvente.

Los parámetros experimentales a evaluar son lo siguientes:

- ✦ *Printabilidad:*
  - Velocidad de secado
- ✦ Características del impreso final:
  - Adherencia
  - Resistencia al rayado
  - Bloqueo / Repinte
  - Resistencia al agua
  - Retención de solventes

La valoración de las características de *printabilidad* y del impreso final se tiene que efectuar sobre una superficie impresa comparándola con un impreso o una tinta aplicada en las mismas condiciones llamado comúnmente estándar.

Utilizaremos como superficie impresa o sustrato una película plástica transparente de polipropileno, ya que su uso comercial representa un porcentaje importante en el mercado de embalaje flexible apto para el contacto con alimentos.

---

---

## ■ 4.1 Metodología Experimental

### ⊕ Material y equipo empleados para la preparación de tintas

- Vasos de precipitado
- Pipetas graduadas
- Agitador magnético
- Barra magnética
- Espátulas
- Balanza analítica
- Pizeta
- Molino de laboratorio

### ⊕ Reactivos empleados para la preparación de tintas estándar:

- Pigmento azul ftalo verdoso
- Resinas de nitrocelulosa
- Resina fumárica
- Solvente n– propanol
- Solvente Acetato de n-propilo
- Aditivos

### ⊕ Reactivos empleados para la preparación de tintas a evaluar:

- Pigmento azul ftalo verdoso
- Resinas de nitrocelulosa
- Resina fumárica
- Solvente n– propanol
- Solvente Acetato de n-propilo
- Solventes retardantes (Glicoéteres). **Tabla 4.1**
- Aditivos

Nota: Los nombre de los componentes de las tintas formuladas así como los nombres de los solvente retardantes utilizados en esta parte experimental no pueden ser revelados en su totalidad por ser secretos de formulación de la empresa Sánchez, S.A de C.V. , fabricante de tintas para impresión. Pese a lo anterior, las conclusiones son validas en cuanto al manejo de solventes retardantes.

---



---

<b>Tabla. 4.1 Solventes retardantes</b>
1) Solvente retardante 504
2) Solvente retardante 508
3) Solvente retardante 509
4) Solvente retardante 510
5) Solvente retardante 603
6) Solvente retardante 614

✦ **Equipo empleado para la evaluación de los parámetros experimentales :**

- a. Barra Meyer RDS #8
- b. Copa de viscosidad Zahn #2
- c. Cinta adhesiva mágica Scotch de 1 pulgada de ancho
- d. Cinta adhesiva 3M de 1 pulgada de ancho
- e. Prensa hidráulica de laboratorio SPECAC
- f. Sustrato (superficie a imprimir): Película plástica transparente de polipropileno (BOPP)

✦ **Preparación tinta estándar**

Se prepararon las tintas estándar con tres formulaciones diferentes:

- ✦ Formulación de tecnología convencional
- ✦ Formulación de tecnología económica
- ✦ Formulación de alta tecnología

Cada una de estas tintas se preparó de la siguiente manera:

**Primera parte**

1) Se diluyó una determinada cantidad de resina en una mezcla de solventes hasta obtener la disolución completa de la resina en el solvente. Este preparado recibe el nombre de barniz.

---

---

2) Se premezclo el barniz anterior con el pigmento hasta obtener una pasta fluida homogénea.

3) Posteriormente se dispersó la premezcla en el molino hasta obtener una base sin partículas sólidas de pigmento.

4) Se agregaron los aditivos y otros barnices y se incorporaron a la mezcla final.

5) Se agregaron las cantidades de solventes necesarios para obtener la viscosidad requerida para poder imprimir adecuadamente la tinta sobre el sustrato.

### **Segunda parte**

A cada una de estas tintas estándar se les agregó 30% de mezcla propílica; dicha mezcla estaba constituida por 80% de n-propanol y 20% de acetato n-propilo. Se utilizará la mezcla propílica de n-propanol y acetato de n-propilo porque sus propiedades químicas confieren a la tinta las características necesarias para obtener una buena impresión de calidad.

#### **✦ Preparación de tintas evaluadas**

Se prepararon las tintas evaluadas con tres formulaciones diferentes:

- ✦ Formulación de tecnología convencional
- ✦ Formulación de tecnología económica
- ✦ Formulación de alta tecnología

Cada una de estas tintas se prepararon de la siguiente manera:

#### **Primera parte**

1) Se diluyó una determinada cantidad de resina en una mezcla de solventes hasta obtener la dilución completa de la resina en el solvente.

2) Se premezclo la dilución anterior con el pigmento hasta obtener una pasta homogénea.

3) Posteriormente se dispersó la premezcla en el molino hasta obtener una pasta sin partículas sólidas de pigmento.

---

---

4) Se agregaron las cantidades de solventes necesarios para obtener la viscosidad requerida para poder imprimir adecuadamente la tinta sobre el sustrato.

5) Se agregaron los aditivos y se incorporaron a la mezcla final.

### **Segunda parte**

Posteriormente se tomó cierta cantidad de tinta de cada una de las formulaciones y se le agregó 20% de mezcla propilica y 10% de solvente retardante (Glicoéteres).

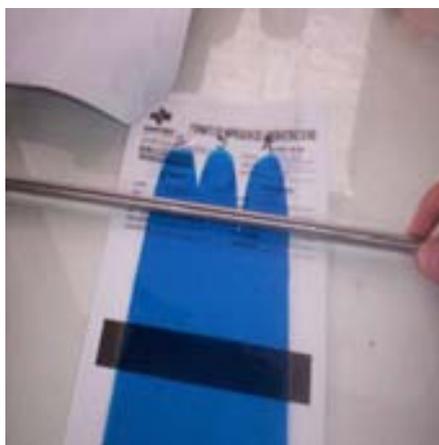
## **■ 4.2 Evaluación de parámetros experimentales**

Para efectuar la evaluación de cada uno de los parámetros experimentales se imprimieron las tintas estándar y las tintas evaluadas sobre la superficie de la película plástica transparente de polipropileno utilizando para imprimir la barra Meyer RDS #8, ambas aplicadas en las mismas condiciones, con el fin de comparar la superficie impresa estándar con la superficie impresa a evaluar.

Los parámetros experimentales se evaluaron de la siguiente manera:

### **✚ 4.1.1 Tiempo de secado**

Como recordamos, el secado es la operación a través de la cual la tinta pasa del estado viscoso al estado sólido, es decir, seco al tacto.



**Fig. 4.1** Impresión con Barra Meyer RDS #8

---

---

Las impresiones se dejaron secar a condiciones controladas de temperatura y humedad, midiendo el tiempo de secado con un cronómetro y comprobando el secado al tacto.

#### ✦ 4.1.2 Viscosidad

Cuando se trabaja con tintas, es necesario medir este parámetro, para conocer si una determinada concentración de pigmentos, resinas, solventes y aditivos permitirán que la tinta sea utilizada para poder imprimir sobre un sustrato determinado. Generalmente cuando se trabaja con fluidos de baja viscosidad como lo son en este caso las tintas flexográficas, se utilizan copas de inmersión (Frikmar, Zahn, Shell, etc.).

La prueba de viscosidad se realizó midiendo la viscosidad de cada una de las tintas con una copa de viscosidad Zahn #2. La copa se sumergió en cada una de las tintas y posteriormente se dejó vaciar por el orificio. La velocidad con la que el fluido sale por el orificio es una medida de su viscosidad. La viscosidad medida se expresa en segundos (s) de tiempo de flujo, que son medidos con un cronómetro.



**Fig. 4.2** Copa de viscosidad Zahn #2

#### ✦ 4.1.3 Adherencia inmediata

La prueba de adherencia inmediata sirve para determinar la adhesión de la tinta al sustrato en uso, y se han desarrollado métodos que nos aseguran que el material va a servir para el uso que se le tiene destinado.

La prueba de adherencia inmediata se realizó adhiriendo sobre la superficie del sustrato impreso de un pedazo de cinta adhesiva mágica y un

---

---

pedazo de cinta adhesiva 3M, eliminando todas las burbujas; y despegando la cinta tirando de ésta con rapidez con una mano y de la muestra con la otra; posteriormente la cinta se examinó a contraluz y el resultado se evaluó de la siguiente manera:

<b>1) Cinta limpia.</b>	<b>Buena</b>
<b>2) Cinta con puntos de tinta aislados.</b>	<b>Regular</b>
<b>3) Cinta con manchas de tinta.</b>	<b>Mala</b>



**Fig. 4.3** Prueba de adherencia

#### ✦ 4.1.4 Resistencia al rayado

Esta es una prueba no normalizada pero que generalmente realizan los formuladores de tintas para verificar la resistencia o daño ocasionado por el rayado de una tinta impresa sobre un sustrato, y se comprobó dando 10 pases de izquierda a derecha con el canto de la uña del dedo índice (sin ejercer efecto cortante) sobre cada uno de los sustratos impresos y observando si al rayar la impresión había desprendimiento de la película impresa o daño de la misma.



**Fig. 4.4** Prueba de rayado

#### ✦ 4.1.5 Bloqueo / Repinte

El bloqueo es la adhesión indeseable entre películas de material en contacto, que podría ocurrir bajo presión o temperatura moderada en almacenamiento o uso, en una medida tal que el daño al menos en una de las superficies sea visible al hacer la separación.

El repinte es la transferencia accidental de una tinta o recubrimiento al reverso de un material colocado sobre una superficie impresa que aun no ha secado. Se puede presentar en rollos o en pilas de hojas. Es posible decir que el bloqueo es un repinte agravado.

Ambas pruebas se realizaron doblando cada uno de los sustratos impresos cara a cara y posteriormente cara contra.

Cada una de las impresiones se colocó dentro de la prensa hidráulica de laboratorio que simula una presión sobre la impresión de 1 tonelada a una temperatura de 50° C en un tiempo de 1 hora.

Al desdoblar cada uno de los impresiones se observó si se presentaba el problema de bloqueo/ repinte de la película impresa.



**Fig. 4.5** Prensa hidráulica de laboratorio



**Fig. 4.6** Prueba de bloqueo/ repinte

#### ✦ 4.1.6 Resistencia al agua

Esta no es una prueba normalizada pero que normalmente se realiza a nivel laboratorio para comprobar la resistencia al agua de la tinta impresa y se realizó exponiendo directamente bajo el chorro de agua el sustrato impreso y posteriormente estrujándolo 30 veces. Al finalizar la prueba se observó si había desprendimiento de tinta.



**Fig. 4.7** Prueba de resistencia al agua

#### ✦ 4.1.7 Determinación de retenido de solventes en material impreso

La prueba de determinación de retenido de solvente se realizó por medio de un análisis cromatográfico de gases, que es un método instrumental analítico para determinar con gran precisión la composición de solventes volátiles, aceites y elementos residuales en materiales inertes.

La prueba de retención de solventes se efectuó imprimiendo los tintas estándares así como las tintas evaluadas sobre fragmentos de polipropileno

---

---

transparente de 10 x 10 cm., utilizando para imprimir la barra Meyer RDS #8. Posteriormente se dejaron secar por un lapso de 3 segundos, cada una de esas fracciones se dobló y se introdujo una en un vial de vidrio con tapa de aluminio y se colocaron en el muestreador automático (*head space*) del cromatógrafo que realizó la inyección automática de las muestras para realizar la corrida y finalmente con la ayuda de un programa, se cuantificó la retención de solventes en miligramos por área impresa.



**Fig. 4.8** Vial de vidrio con tapa de aluminio



**Fig. 4.9** Cromatógrafo de Gases

---

---

# CAPITULO 5

■ CAPÍTULO 5. RESULTADOS

Resultados de pruebas efectuadas sobre tintas formuladas con solvente retardantes.

Tabla de resultados 1. Resultados formulación tecnología convencional

Muestra #	Adición del	Tiempo de	Viscosidad en	Adherencia inmediata		Resistencia al rayado	Bloqueo		Resistencia al agua
	10% de	secado (seg)	Copa Zahn #2	Cinta adhesiva Mágica	Cinta adhesiva 3M	Uña 10 pases	Doblez cara -cara	Doblez cara-contr	Estrujado
STD	M-propílica	32"	24"	✗	✓	✓	✗	✓	✓
1	504	152"	24"	✗	✓	✗	✗	●	✗
2	508	360"	25"	●	●	✗	✗	✗	✗
3	509	50"	24"	✗	✓	✓	✗	●	●
4	510	46"	24"	✗	✓	●	✗	✓	●
5	603	63"	24"	✗	✓	●	✗	●	●
6	614	69"	24"	✗	✓	●	✗	●	●

Tabla de resultados 2. Resultados formulación tecnología económica

Muestra #	Adición del	Tiempo de	Viscosidad en	Adherencia inmediata		Resistencia al rayado	Bloqueo		Resistencia al agua
	10% de	secado (seg)	Copa Zahn #2	Cinta adhesiva Mágica	Cinta adhesiva 3M	Uña 10 pases	Doblez cara-cara	Doblez cara-contra	Estrujado
STD	M-propilica	35"	25"	✗	✓	●	●	✓	✗
1	504	102"	26"	✗	✓	●	✗	✓	✗
2	508	227"	26"	✗	✓	●	✗	●	✗
3	509	38"	25"	✗	✓	●	✗	✓	✗
4	510	61"	25"	✗	✓	●	✗	✓	✗
5	603	56"	25"	✗	✓	●	✗	✓	✗
6	614	45"	24"	✗	✓	●	✗	✓	✗

**Simbología**

- ✓ Bien
- Regular
- ✗ Mal

Tabla de resultados 3. Resultados formulación alta tecnología

Muestra #	Adición del	Tiempo de	Viscosidad en	Adherencia inmediata		Resistencia al rayado	Bloqueo		Resistencia al agua
	10% de	secado (seg)	Copa Zahn #2	Cinta adhesiva Mágica	Cinta adhesiva 3M	Uña 10 pases	Doblez cara -cara	Doblez cara-contr	Estrujado
STD	M-propílica	32"	26"	✗	✓	●	✓	✓	●
1	504	122"	25"	✗	●	●	✗	✗	●
2	508	371"	26"	✗	✓	✗	✗	✗	✗
3	509	52"	24"	✗	✓	●	✗	✓	●
4	510	53"	25"	✗	✓	●	✗	✓	●
5	603	73"	25"	✗	✓	●	✗	✓	●
6	614	74"	25"	✗	✓	●	✗	✓	●

Simbología

- ✓ Bien
- Regular
- ✗ Mal

---

---

## Resultados análisis cromatográfico

Pruebas realizadas por Cromatografía de Gases para la determinación de retenido de solventes en material impreso, identificado como:

**Tabla de resultados 4.** Resultados formulación tecnología convencional

SOLVENTE	STD mg/resma	Muestra 1 mg/resma	Muestra 2 mg/resma	Muestra 3 mg/resma	Muestra 4 Mg/resma	Muestra 5 mg/resma	Muestra 6 mg/resma
ETANOL	135	141	123	109	119	111	112
ISOPROPANOL	36	-	-	15	-	-	-
N-PROPANOL	979	185	82	226	223	71	64
AC. DE ETILO	64	101	66	73	71	68	74
AC. DE N- PROPILO	161	68	54	78	122	58	54
AC. DE ISOPROPILO	76	-	-	-	-	-	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1398</b>	<b>495</b>	<b>325</b>	<b>501</b>	<b>485</b>	<b>308</b>	<b>304</b>
509	-	-	-	823	-	-	-
510	-	-	-	-	3,101	-	-
603	-	-	-	-	-	4,714	-
504	-	11,237	-	-	-	-	-
614	-	-	-	-	-	-	3,800
508	-	-	10,500	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1,451</b>	<b>11,732</b>	<b>10,825</b>	<b>1,324</b>	<b>3,636</b>	<b>5,022</b>	<b>4,104</b>

1 resma = 3000 ft<sup>2</sup> = 278.7 m<sup>2</sup>

**Tabla de resultados 5. Resultados formulación tecnología económica**

SOLVENTE	STD mg/resma	504 mg/resma	508 mg/resma	509 mg/resma	510 Mg/resma	603 mg/resma	614 mg/resma
ETANOL	598	301	363	429	349	280	369
ISOPROPANOL	252	-	12	144	98	34	39
N-PROPANOL	4,282	112	142	1,753	979	345	417
AC. DE ETILO	123	107	98	121	117	104	108
AC. DE N- PROPILO	1,523	92	94	654	443	205	188
AC. DE ISOPROPILO	452	25	32	253	199	69	71
<b>SUBTOTAL</b>	<b>7,230</b>	<b>671</b>	<b>767</b>	<b>3,354</b>	<b>2,185</b>	<b>1,037</b>	<b>1,192</b>
509	177	34	26	7,858	143	67	73
510	-	-	-	-	9,253	-	-
603	-	-	-	-	-	8,247	-
504	-	17,593	-	-	-	-	-
614	-	-	-	-	-	-	11,027
508	-	-	14,523	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>7,407</b>	<b>18,264</b>	<b>15,290</b>	<b>11,212</b>	<b>11,581</b>	<b>9,351</b>	<b>12,292</b>

1 resma = 3000 ft<sup>2</sup> = 278.7 m<sup>2</sup>

**Tabla de resultados 6.** Resultados formulación alta tecnología

SOLVENTE	STD mg/resma	504 mg/resma	508 mg/resma	509 mg/resma	510 Mg/resma	603 mg/resma	614 mg/resma
ETANOL	346	289	311	366	232	276	266
ISOPROPANOL	166	14	21	90	41	24	18
N-PROPANOL	1,745	93	139	658	242	155	118
AC. DE ETILO	137	163	128	145	98	121	110
AC. DE N- PROPILO	611	84	89	273	138	106	73
AC. DE ISOPROPILO	138	20	20	55	68	22	-
<b>SUBTOTAL</b>	<b>3,093</b>	<b>665</b>	<b>708</b>	<b>1,586</b>	<b>781</b>	<b>704</b>	<b>585</b>
509	-	-	-	3,183	-	-	-
510	-	-	-	-	2,812	-	-
603	-	-	-	-	-	2,674	-
504	-	13,397	-	-	-	-	-
614	-	-	-	-	-	-	5,505
508	-	-	9,437	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>3,143</b>	<b>14,062</b>	<b>10,145</b>	<b>4,769</b>	<b>3,631</b>	<b>3,378</b>	<b>6,090</b>

1 resma = 3000 ft<sup>2</sup> = 278.7 m<sup>2</sup>

---

---

# CAPÍTULO 6

---

---

## ■ CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

Las tablas comparativas se realizaron calificando los resultados obtenidos con los siguientes criterios:

■ Printabilidad:

- ⊕ Tiempo de secado: Por definición (y siendo todo lo demás igual), la calidad de impresión (resolución, definición, limpieza, ganancia y forma del punto, etc.) es mejor, cuanto más lento es el secado de la tinta. Por lo tanto, se numeraron las tintas del 1 al 7, siendo 1 el asignado a la tinta más lenta (mejor *printabilidad* teórica) y 7 a la tinta más rápida (peor *printabilidad* teórica).

■ Características del impreso final:

- ⊕ Viscosidad: Este parámetro no se tomará en cuenta en la tabla de datos comparativos, ya que las tintas desde un inicio fueron formuladas para obtener una viscosidad típica para impresión con el rango normal de variación (24 a 26 segundos Zahn #2).
- ⊕ Adherencia inmediata: Los resultados de esta prueba no nos proporcionan ninguna información de utilidad, ya que fueron muy uniformes (buenos o malos, según la cinta usada). Una de las excepciones (la única tinta que presentó adherencia con tinta mágica) puede explicarse, precisamente, porque la tinta no había secado, por lo que no se le pegó la cinta. Los otros dos casos de excepción (con cinta normal) sí podrían interpretarse como efecto de la presencia de un retardante lento.
- ⊕ Bloqueo/ Repinte: Los resultados de esta prueba se calificaron de la siguiente manera:
  - 1= Buena
  - 2= Regular
  - 3= Mala

---

---

Siendo 1 la tinta que no presenta problemas de desprendimiento o repinte y 3 la que sí. Sólo se consideraron los resultados de las pruebas cara – contra, pues prácticamente no hubo diferencias en los bloqueos cara – cara (prueba mucho más drástica).

✦ Resistencia al rayado: Igualmente, los resultados de esta prueba se catalogaron de la siguiente manera:

- 1= Buena
- 2= Regular
- 3= Mala

Se asigna un 1 a la tinta que no presenta daño ocasionado por el rayado de una tinta impresa sobre un sustrato ante el efecto de la uña y 3 a la que sí presentó daño.

✦ Resistencia al agua: Los resultados de esta prueba también se calificaron de la forma anterior

- 1= Buena
- 2= Regular
- 3= Mala

Siendo 1 la prueba impresa que al exponerla y estrujarla directamente bajo el chorro de agua no presenta ningún problema de desprendimiento de la misma y 3 la que sí presenta este problema.

✦ Retención de solvente: Un contenido  $\leq 7500$  mg/ resma es el estándar comercial, pero en el laboratorio se exageró la capa de tinta y se minimizó el secado para poder apreciar diferencias entre las tecnologías valoradas y entre los distintos retardantes. Se asignaron números de 1 al 7 a las muestras, con 1 para la de menor retención (mejor comportamiento) y 7 para la de mayor cantidad de solvente retenido (peor desempeño).

## Tablas de datos comparativos

Tabla de datos comparativos 6.1 Formulación tecnología convencional

	Tinta Estándar	Tinta con solvente retardante 504	Tinta con solvente retardante 508	Tinta con solvente retardante 509	Tinta con solvente retardante 510	Tinta con solvente retardante 603	Tinta con solvente retardante 614
<b>Printabilidad:</b>							
Tiempo de secado (seg)	7	2	1	5	6	4	3
<b>Características del impreso final:</b>							
Resistencia al rayado	1	3	3	1	2	2	2
Bloqueo/Repinte	1	2	3	2	1	2	2
Resistencia al agua	1	3	3	2	2	2	2
Retención de solventes	2	7	6	1	3	5	4

Tabla de datos comparativos 6.2 Formulación tecnología económica

	Tinta Estándar	Tinta con solvente retardante 504	Tinta con solvente retardante 508	Tinta con solvente retardante 509	Tinta con solvente retardante 510	Tinta con solvente retardante 603	Tinta con solvente retardante 614
<b>Printabilidad:</b>							
Tiempo de secado (seg)	7	2	1	6	3	4	5
<b>Características del impreso final:</b>							
Resistencia al rayado	2	2	2	2	2	2	2
Bloqueo	1	1	2	1	1	1	1
Resistencia al agua	3	3	3	3	3	3	3
Retención de solventes	1	7	6	3	4	2	5

Tabla de datos comparativos 6.3 Formulación alta tecnología

	Tinta Estándar	Tinta con solvente retardante 504	Tinta con solvente retardante 508	Tinta con solvente retardante 509	Tinta con solvente retardante 510	Tinta con solvente retardante 603	Tinta con solvente retardante 614
<b>Printabilidad:</b>							
Tiempo de secado (seg)	7	2	1	6	5	4	3
<b>Características del impreso final:</b>							
Resistencia al rayado	2	2	3	2	2	2	2
Bloqueo	1	3	3	2	2	2	2
Resistencia al agua	2	2	3	2	2	2	2
Retención de solventes	1	7	6	4	3	2	5

---

---

## ■ Análisis de tabla de datos comparativos 6.1 Tecnología convencional

Como recordamos; se busca encontrar un balance entre el tiempo de secado de la tinta y las características del impreso, que nos permita evitar los problemas asociados al secado rápido. Por tal motivo, podemos observar que la tinta formulada con el solvente retardante 614 cumple con el criterio de *printabilidad*, ya que su velocidad de secado es relativamente lenta comparada con la velocidad de secado de las otras tintas, además de haberse obtenido buenos resultados en las pruebas de las características necesarias para obtener una buena calidad en impreso final.

En la tabla de datos comparativos 6.1 también observamos que la mayoría de las tintas formuladas con la tecnología convencional sí resistieron las pruebas de bloqueo/ repinte y de resistencia al agua, lo que nos permite conocer que este tipo de formulación es buena cuando se requiere un tinta que al imprimirla sobre este tipo de sustrato sea resistente al agua.

Al analizar los datos comparativos del estándar, que como recordaremos no contiene ninguna cantidad de solvente retardante, nos percatamos de que a pesar de obtenerse buenos resultados en cuanto a características del impreso final, su velocidad evaporación es demasiado rápida, lo que seguramente nos provocara problemas asociados al secado rápido.

## ■ Análisis de tabla de datos comparativos 6.2 Tecnología económica

Utilizando el criterio anterior, y al analizar los resultados de la tabla de datos comparativos 6.2, observamos que la tinta formulada con el solvente retardante 603 cumple con los criterios de *printabilidad* y de características necesarias para obtener una buena calidad en el impreso final.

También podemos observar que las tintas formuladas con la tecnología económica no son resistentes al agua, ya que los resultados obtenidos al realizar la prueba correspondiente para evaluación de este parámetro fueron negativos.

---

---

### ■ Análisis de tabla de datos comparativos 6.3 Alta tecnología

Esta tabla de datos nos indica que la tinta formulada con el solvente retardante 603 es el que cumple con los criterios de *printabilidad* y de características necesarias para obtener una buena calidad en el impreso final.

También podemos observar que con las tintas preparadas con la formulación de alta tecnología se obtuvieron buenos resultados en las pruebas de características del impreso lo que nos permite conocer que este tipo de formulación en general es buena.

Al analizar los datos de las tablas comparativas y los datos de la tabla 4.1 nos podemos dar cuenta de que los solventes retardantes que tienen una velocidad de evaporación intermedia entre el valor de velocidad de evaporación del acetato de butilo y el solvente retardante mas lento, son los que presentan un balance en el secado que nos permite adquirir las características adecuadas para obtener una calidad de impresión, y por el contrario, los solvente retardantes que tiene valores muy por de bajo del valor de velocidad de evaporación del acetato de butilo son los que presentan mayores problemas, en cuanto a resistencias.

---

---

# CAPÍTULO 7

---

---

## ■ CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

---

Al finalizar el presente trabajo, podemos mencionar que la información citada en él nos lleva a conocer:

- ⊕ La flexografía es uno de los procesos de impresión industrial más utilizados en la impresión de empaques flexibles, que se considera actualmente como la industria de impresión con mayor crecimiento a nivel mundial debido al desarrollo de nuevas tecnologías lo cual le permite ampliar su mercado, además de incrementar sus estándares de calidad.
- ⊕ Las tintas flexográficas son el resultado de mucha investigación, ensayos de campo y largos periodos de experiencia práctica. Los métodos científicos como aquellos empleados en cualquier laboratorio moderno se usan para seleccionar las materias primas y formular las tintas que mejor cumplan con las características necesarias para obtener desde luego, una buena calidad en la impresión final y que el manejo adecuado de este tipo de tintas depende del conocimiento básico de las mismas y de su uso.
- ⊕ Para mantenerse actualizados, los fabricantes de tintas tienen que ser siempre más sofisticados en el manejo de los sistemas de tintas y de sus procesos de fabricación, ya que la industria de impresión flexográfica ha llegado a ser más exigente.

Con base a los resultados obtenidos en la parte experimental y a los objetivos planteados se concluye que:

- ⊕ La adición de glicóéteres como solventes retardantes en la dilución de tintas flexográficas base solvente sirven para modificar el secado de la misma con el objeto de mejorar su *printabilidad* (calidad de impresión), ya que en cuanto más lento es el secado de la tinta la calidad de impresión (resolución, definición, limpieza, ganancia y forma del punto, etc.) es mucho mejor.

- 
- 
- ✦ En base a estos resultados también podemos concluir, que no para todas las formulaciones de tintas flexográficas se requiere del mismo tipo de solvente retardante, ya que como pudimos observar en cada una de las formulaciones se obtuvieron diferentes resultados con el mismo solvente retardante.

En cuanto a las características necesarias para determinar la calidad en el impreso final concluimos lo siguiente:

- ✦ En la formulación de una tinta es necesario determinar el balance entre el secado necesario para una impresión de calidad y el requerido para evitar los problemas asociados al secado y a otros factores importantes que determinan la calidad en el impreso final.
- ✦ Es necesario diferenciar entre el primer estado de secado en el que la tinta deja de ser viscosa y no repinta, y el de endurecimiento final de la película. La primera fase deber permitir que el resto de las operaciones de impresión se realicen sin inconvenientes de repintado o pegado.
- ✦ Cuando se trabaja con tintas, es necesario medir la viscosidad de la misma, para conocer si una determinada concentración de pigmentos una composición de resinas o un tipo de vehículos permitirán su impresión sobre un sustrato determinado.
- ✦ La propiedad de anclar o no de una tinta se debe a cierta energía de superficie (tensión superficial), cuya magnitud es una característica de cada material, y a la afinidad entre el vehículo de la tinta y sustrato.
- ✦ La retención de solventes o el exceso de retardantes pueden favorecer la aparición del problema de bloqueo o repinte.
- ✦ El control de la liberación del solvente y el secado están relacionados con la resina y el solvente escogidos. Esto es importante porque los solventes retenidos pueden producir olores indeseables en los empaques de alimentos.

---

---

# BIBLIOGRAFÍA

---

---

## ■ CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

---

- ✦ Flexographic Technical Association Inc. **Flexography Principles and Practices**. Foundation of F.T.A. New York. 1970. 2<sup>nd</sup> Edition 460pp.
- ✦ Sierra, Carmen. **Composición de las Tintas Base solvente**. Screen Printing. Junio/Julio 1994 p.80-83.
- ✦ Teng, Andy. Outlook on Flexo. **More Color Solvent Alternative**. July/August 1995 p.32-38
- ✦ W. Rogers, Thomas American Ink Maker. **Printing Ink Organic Pigments**. Vol. 73, No.6 June 1995 p. 44-49
- ✦ Susana Medina Fonseca. Tesis. **Teoría de la medición del color y su aplicación en la industria de tintas para flexografía y pigmentación de polímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno**. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 1996
- ✦ Alberto García Pérez. Tesis. **Aplicación y manejo de disolventes orgánicos en la industria de recubrimientos**. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. 1997.
- ✦ Foundation of Flexographic Technical Association. **Flexographic Ink: A Process Approach**. First Edition. New York (1998)
- ✦ Corona Designs Inc. **Corona Treatment Technical Manual**. Second Edition. New York (2001)
- ✦ Norma Guillen Hernández. Tesis. **Preparación de Polietileno para impresión de tintas Flexográficas**. Facultad de Química (2003).