



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**ZARAGOZA**

**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE  
PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN  
CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR  
UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN  
LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN  
CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA:

**CESAR MICHEL SANTIAGO CRUZ**

**ASESOR:** M en. I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA



MÉXICO, DF

FEBRERO 2016



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.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## AGRADECIMIENTOS

### **A Dios**

Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y por permitirme alcanzar un objetivo más en este largo camino llamado vida.

### **A mis queridos padres German y Dolores**

Primeramente por darme la vida, por hacerme un hombre de bien con los valores inculcados, por apoyarme durante estos 4 años y medio y por estar siempre cuando más los necesité, motivándome a seguir siempre adelante y no tirar la toalla.

### **A mi familia**

A mi hermano German y a mi cuñada Bibí por ser parte de mi vida y por los buenos momentos que he pasado a su lado, a mi sobrinito Néstor Andrés que es el motor para seguir adelante y espero que veas en mí un ejemplo a seguir, a mi tía Carmen; siento una gratitud inmensa por usted, gracias por ser parte de mi vida y ser ese ángel guardián que siempre ha estado al pendiente de mí.

### **A mis profesores**

Agradezco a mi director de tesis el M. en I Pablo Eduardo Valero Tejada por la confianza, apoyo, dedicación de su tiempo para orientarme en la terminación de este proyecto, a los profesores Dominga, Cuauhtémoc, Marina y Alejandra por la dedicación de su tiempo para enriquecer este trabajo y por las enseñanzas que me han dejado a través de estos 4 años y medio.

### **A la UNAM**

A la UNAM y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por permitirme pasar 4 años y medio llenos de muy buenas experiencias, ya que encontré grandes amigos y excelentes profesores.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## **Al Banco de México**

A los Ingenieros del área de manufactura: David, Filiberto y Emilio por confiar en mí y permitirme desarrollar este proyecto, gracias por hacerme sentir como en casa y por los conocimientos transmitidos, a las tripulaciones de las máquinas Intaglio que fueron de gran ayuda para llevar a cabo este trabajo, al área de la planta de tratamiento “Aqua-Save” y Laboratorio que me brindaron su apoyo y en general a todo el personal del Banco de México que me apoyo.

## **A mis amigos**

Christian, David, Hugo, Luis, María de la Luz, Sonia, Stephany y Vianney por esos buenos momentos que hemos pasado, por esos días de alegría y por ser más divertida mi estancia en FES Zaragoza.

A FC Perros Salvajes por esos buenos momentos que pasamos jugando al futbol, y en general a todos mis compañeros que hicieron esta etapa de mi vida una gran experiencia.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## Contenido

SINOPSIS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS .....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS PARTICULARES.....	4
1. ANTECEDENTES .....	5
1) EL BILLETE MEXICANO .....	6
2) EL BILLETE DEL BANCO DE MÉXICO .....	6
2.1) ANTECEDENTES DEL BANCO CENTRAL.....	6
2.2) BILLETES IMPRESOS POR LA AMERICAN BANK NOTE COMPANY DE NUEVA YORK (ABNC).....	7
2.3) BILLETES IMPRESOS POR LA FÁBRICA DEL BANCO DE MÉXICO .....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	10
1) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CALCOGRÁFICO .....	11
1.1) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PLANTA “AQUA-SAVE”.....	15
2) SOLUCIÓN DE LIMPIEZA.....	17
2.1) FUNCIÓN.....	17
2.2) COMPONENTES.....	17
3) TINTAS.....	24
3.1) CLASIFICACIÓN DE TINTAS .....	24
3.2) FORMULACIÓN DE TINTAS .....	25
4) COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.....	27
4.1) COAGULACIÓN .....	28
4.2) FLOCULACIÓN .....	28
4.3) CARACTERÍSTICAS DE UN COLOIDE.....	28
4.4) FLOCULANTES.....	30
4.5) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA.....	31
4.6) CONDICIONES DE OPERACIÓN Y EQUIPO. ....	32



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



4.7) PRUEBA DE JARRAS “JAR TEST” .....	33
3. EXPERIMENTACIÓN .....	34
1) INTRODUCCIÓN.....	35
2) EXPERIMENTO I.....	35
3) EXPERIMENTO II “PRUEBA DE JARRAS” .....	38
4. RESULTADOS.....	43
1. EXPERIMENTO I.....	45
2. EXPERIMENTO II .....	46
5. CONCLUSIONES.....	52
1. EXPERIMENTO I.....	53
2. EXPERIMENTO II .....	53
Recomendaciones.....	55
Interpretación de resultados .....	55
6. ANEXOS .....	56
1) DIAGRAMA CAUSA-EFECTO .....	57
1.1) “PROBLEMAS EN LA IMPRESIÓN” .....	57
1.2) “SOLUCIÓN DE LIMPIEZA” .....	58
2) MATRIZ CAUSA-EFECTO “PROBLEMAS EN LA IMPRESIÓN” .....	59
3) DIAGRAMA DE PARETO “PROBLEMAS EN LA IMPRESIÓN” .....	60
4) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL NaOH.....	61
5) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS SURFAC HB7 .....	61
6) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS NALCOLYTE .....	62
7) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS PERLITA .....	62
8) COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN DE LIMPIEZA .....	63
9) MEMORIA DE CÁLCULO .....	63
9.1) SOLUCIÓN DE LIMPIEZA.....	63
9.2) PRUEBA DE JARRAS .....	65
7. BIBLIOGRAFÍA.....	67



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIG. 1	DIAGRAMA DE MÁQUINA INTAGLIO	12
FIG. 2	DIAGRAMA DE MÁQUINA INTAGLIO (CUERPO PRINCIPAL)	13
FIG. 3	CUBA DE LIMPIEZA	14
FIG. 4	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE PLANTA “AQUA-SAVE”	16
FIG. 5	DOBLE CAPA DE UNA PARTÍCULA COLOIDAL	30
FIG. 6	MUESTRAS DE SOLUCIÓN DE LIMPIEZA DEL TANQUE 407 DE PLANTA “AQUA-SAVE”	40
FIG. 7	GRÁFICA “COMPARACIÓN ENTRE EL EFECTO DE DISOLUCIÓN DE SOLUCIÓN DE TINTA ENTRE SOLUCIÓN LIMPIEZA NUEVA VS SOLUCIÓN RECICLADA”	44
FIG. 8	GRÁFICA “MUESTREO DE TURBIEDAD PARA LA SOLUCIÓN DE LIMPIEZA DEL TANQUE 331	47
FIG. 9	GRÁFICA “COMPOSICIÓN DE SOLUCIÓN DE LIMPIEZA (6-AGOSTO A 25 DE AGOSTO)”	49



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## **ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1	CLASIFICACIÓN DEL AGUA POR LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD	18
TABLA 2	DOSIFICACIÓN DE REACTIVO PARA LAS DIFERENTES MUESTRAS	42
TABLA 3	RESULTADOS SOBRE EL TIEMPO QUE TARDA EN SATURARSE LA SOLUCIÓN DE LIMPIEZA CUANDO ÉSTA ES NUEVA Y CUANDO ES RECICLADA.	44
TABLA 4	DOSIFICACIÓN DE REACTIVO PARA LAS DIFERENTES MUESTRAS Y RESULTADO DE TURBIEDAD PARA CADA UNA DE ELLAS.	46
TABLA 5	TABLA 5 RESULTADOS DE TURBIEDAD DE LA SOLUCIÓN DE LIMPIEZA DEL TANQUE 331 DE PLANTA “AQUA-SAVE”	46
TABLA 6	MUESTREO HECHO POR LABORATORIO DEL BANCO DE MÉXICO SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN DE LIMPIEZA.	48





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## **ÍNDICE DE CUADROS**

CUADRO 1	CLASIFICACIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA.	18
CUADRO 2	CLASIFICACIÓN DE LOS TENSOACTIVOS SEGÚN SUS PROPIEDADES.	22
CUADRO 3	CLASIFICACIÓN DE TINTAS	25



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## SINOPSIS

A principios de este año (2015) en el Banco de México se presentaron en el proceso de impresión calcográfica de papel moneda, problemas de alto inducido (aumenta la demanda de corriente eléctrica hasta llegar al valor límite de seguridad del propio motor (150[A]), deteniendo la producción de golpe y bloqueando la máquina), lo que provocó paros en la producción, además de afectar la calidad de la impresión, por lo que se requirió atender a la brevedad éste problema. Para un mejor control sobre éste, como acción inmediata se procedió a monitorear las principales variables dentro del proceso.

Este trabajo muestra el proceso que se lleva a cabo para la impresión calcográfica: desde la entrada del papel moneda al alimentador hasta la salida de éste en los recibidores, identificando las principales variables (solución de limpieza, tintas) que afectan al proceso calcográfico mediante diagramas causa-efecto.

En el **primer capítulo** se presenta un poco de la historia del billete mexicano y como ha sido modificado a través del tiempo hasta el que actualmente conocemos y usamos. En el **capítulo dos** además del marco teórico, se explican brevemente: el proceso de impresión calcográfica, el proceso de tratamiento que se le da a la solución de limpieza en la planta “Aqua-Save” para su reutilización en el proceso calcográfico, la función de la solución de limpieza dentro del proceso calcográfico y de cada uno de los componentes de la solución; se muestran algunas de las características de las tintas usadas en la impresión del papel moneda y por último en este capítulo se habla sobre el proceso de coagulación-floculación que se lleva a cabo en la planta de tratamiento “Aqua-Save”.

En el **capítulo tres** se muestra la experimentación realizada para validar la solución de limpieza usada en el proceso de impresión calcográfico. El experimento 1 consistió en disolver una porción de tinta en solución de limpieza y observar el tiempo que tarda en saturarse la solución de limpieza en un sistema de agitación. El experimento 2 consistió en simular el proceso que se lleva a cabo en planta “Aqua-Save” mediante una prueba de



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



jarras y así entender que es lo que ocurría con la solución de limpieza. En el **capítulo cuatro** se muestran los resultados obtenidos de los dos experimentos realizados.

Finalmente se concluye que para obtener una solución de limpieza óptima de acuerdo a los resultados en la operación de Intaglio, la turbidez de la solución de limpieza se debe de mantener en el siguiente rango 13-50 NTU. (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Por último se presentan los anexos y la bibliografía utilizada para la realización de este trabajo.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## INTRODUCCIÓN

### El proceso de impresión de los billetes

Para fabricar los billetes mexicanos se usan cuatro tipos de impresión de seguridad: impresión offset simultánea en ambos lados; impresión Intaglio o calcográfica en uno o dos lados del billete, tipográfica y flexográfica.

#### **Impresión Offset.**

Consiste en imprimir de manera directa y con poca presión las imágenes que se desea reproducir en el billete. Este proceso consta de tres elementos principales: una lámina, los dispositivos que aplican la tinta para imprimir y la mantilla, que será la que entrará en contacto directo con el papel moneda a imprimir.

#### **Impresión Calcográfica.**

Consiste en imprimir de manera indirecta, a una gran presión, temperatura, y con grandes cantidades de tinta, las imágenes que se desea reproducir en el papel moneda. El principal elemento de este proceso es la plancha, que tiene un grabado en bajo relieve que representa las áreas que se desean ilustrar en el billete.

#### **Impresión Tipográfica.**

Se emplea para la impresión del folio que es el número que identifica a cada billete de manera única. Para lograr esto, los billetes se montan en la máquina de 60 a 120 foliadoras, que cambian automáticamente de número en cada vuelta de la máquina. Estas foliadoras reciben la tinta de un rodillo y la transfieren directamente al papel.

#### **Impresión Flexográfica.**

Es la última impresión que se realiza a los billetes impresos. Consiste en imprimir una capa de barniz incoloro en ambos lados de la hoja y tiene como finalidad darle mayor resistencia y durabilidad a los billetes.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Definir una metodología de pruebas a seguir para establecer los rangos permisibles de la solución de limpieza para un tipo de denominación (\$500 pesos) y un tipo de tinta dentro del proceso de impresión calcográfica, con el fin de disminuir defectos de impresión en los billetes.

### OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Identificar las principales variables que intervienen dentro del proceso de impresión calcográfico de billetes.
- ❖ Determinar cuando la solución de limpieza se encuentra en óptimas condiciones y cuando está fuera de rango, en el proceso de impresión calcográfico de billetes.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



# **CAPÍTULO:**

## **1. ANTECEDENTES**



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## **1) EL BILLETE MEXICANO**

La aparición del papel moneda no tiene una ubicación histórica específica aunque sus inicios se adjudican a los chinos. Durante los siglos XVIII, XIX y comienzos del XX, en varios países se suscitaron los primeros intentos de usar un papel moneda tal y como se conoce actualmente. En el caso particular de México, se pueden situar sus inicios a principios del siglo XIX.

## **2) EL BILLETE DEL BANCO DE MÉXICO**

### **2.1) ANTECEDENTES DEL BANCO CENTRAL**

El Banco de México inició sus funciones el 1 de septiembre de 1925, gracias a los esfuerzos presupuestales y de organización del entonces presidente de la República, Plutarco Elías Calles. Al recién creado Instituto se le otorgó la facultad exclusiva para crear moneda mediante la acuñación de piezas metálicas y a través de la emisión de billetes. También se le encargó regular la circulación monetaria, las tasas de interés y el tipo de cambio.

El Banco de México surgió en momentos de grandes retos y aspiraciones para la economía del país. A la necesidad de contar con una institución de esa naturaleza, la acompañaban otros imperativos: propiciar el surgimiento de un nuevo sistema bancario, reactivar el crédito en el país y reconciliar a la población con el uso del papel moneda. Por todo ello, además de los atributos propios de un banco de emisión, al Banco de México se le otorgaron a su vez facultades para operar como institución ordinaria de crédito y descuento.

En julio de 1931 se promulgó una controvertida Ley Monetaria por la cual se desmonetizó el oro en el país. Ocho meses después se promulgó una nueva Ley Orgánica para el Banco de México. Con esta última reforma se le retiraron al Banco las facultades para operar como banco comercial, se hizo obligatoria la asociación de los bancos con el Instituto Central y se flexibilizaron las reglas para la emisión de billetes. Con esto, más la



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



recuperación de la economía después de la postración de 1929 y 1930, se arraigó en definitiva al papel moneda como el principal instrumento de pago en el país.

## **2.2) BILLETES IMPRESOS POR LA AMERICAN BANK NOTE COMPANY DE NUEVA YORK (ABNC)**

Los primeros billetes del Banco de México fueron impresos por la American Bank Note Company de Nueva York (ABNC) en un tamaño de 180 x 83 mm. Esta primera serie (1925-1934), está compuesta por billetes de 5, 10, 20, 50, 100, 500 y 1000 pesos. En general, los billetes impresos en la ABNC eran diseñados por personal de esa compañía pero a gusto del cliente. Es decir, en el caso del billete mexicano, el Banco de México establecía qué elementos y personajes quería que aparecieran en cada denominación y la ABNC desarrollaba el grabado, o bien, el Banco seleccionaba los grabados entre los archivos de la propia empresa neoyorquina.

Posteriormente, de 1936 a 1942, se emitió una segunda serie de billetes. Esta serie fue transitoria y también la fabricó la ABNC. En esta ocasión, el tamaño de los billetes era un poco más reducido (157 x 67 mm). Al mismo tiempo, se puso en circulación una tercera serie de billetes (1936-1978), también impresa por la ABNC. Las denominaciones emitidas fueron las de 1, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 y 10 000 pesos. La novedad de esta serie fue la inclusión del billete de 1 peso, que es el único de esta denominación que ha emitido el Banco de México en toda su historia.

## **2.3) BILLETES IMPRESOS POR LA FÁBRICA DEL BANCO DE MÉXICO**

En 1969, se abre un nuevo capítulo en la historia del billete nacional, ya que ese año inició sus actividades la Fábrica de Billetes del Banco de México. Así, surgió una nueva generación de billetes mexicanos, hecha con el respaldo tecnológico más avanzado de su momento y conforme a diseños, iconografía y concepciones distintas a las prevalecientes hasta entonces. Esta cuarta serie (1969-1991), primera de fabricación nacional y conocida como Tipo A, estuvo integrada por billetes de 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000, 2000, 5000, 10 000, 20 000, 50 000 y 100 000 pesos.





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Tal vez parezca extraño observar que existieron billetes en tan altas denominaciones pero por muchos años esto fue común en nuestro país. En los años setenta y ochenta, México enfrentó diversos procesos inflacionarios (aumento acelerado de precios y depreciación de la moneda) que afectaron la capacidad de compra de las personas. Las compras comunes se realizaban en miles de pesos, incluso en cientos de miles de pesos, debido a que el dinero perdía valor al pasar del tiempo. Como consecuencia del aumento acelerado de los precios, los billetes de más alta denominación cada vez eran más utilizados por la población.

Ante esta situación y con el fin de simplificar el manejo de las cantidades en moneda nacional, el 18 de junio de 1992 se estableció que a partir de 1993 se emplearía una nueva unidad del Sistema Monetario de los Estados Unidos Mexicanos, equivalente a 1000 pesos de la unidad anterior. La nueva unidad llevaba el nombre de “Nuevos Pesos” y se identificaba con el símbolo “N\$” o anteponiendo la palabra “Nuevo”. Es decir, si una persona tenía cien mil pesos antes del cambio de unidad, éstos equivaldrían a 100 Nuevos Pesos. Para cumplir con la disposición del decreto, el Banco de México emitió durante 1992, una nueva serie de billetes en las denominaciones de 10, 20, 50 y 100 en los que aparece el adjetivo “Nuevo” antepuesto al nombre de la unidad. Estos billetes, conocidos como billetes Tipo B, se caracterizan por conservar el diseño de los billetes anteriores (Tipo A).

Una vez que el público se adaptó al nuevo régimen monetario, se emitió otra serie de billetes en “Nuevos Pesos” con nuevos diseños, conocida como Tipo C. Esta serie se puso en circulación a partir de octubre de 1994 y estuvo integrada por las denominaciones de 10, 20, 50, 100, 200 y 500 Nuevos Pesos. Una característica de estos billetes es que fueron fabricados en dos tamaños, uno reducido (129 x 66 mm) para las denominaciones bajas (10, 20 y 50) y otro más grande (155 x 66 mm) para las denominaciones altas (100, 200 y 500).

Para finalizar el proceso, se emitió otra serie en donde se eliminó el adjetivo “Nuevo” que llevaban los billetes y se regresó al término “Pesos” (1994-2001). Esta serie se conoce como Tipo D y está integrada por las mismas denominaciones y diseños de la serie anterior.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Posteriormente, en octubre de 2001 se puso en circulación una nueva emisión de billetes (conocida como Tipo D1). Esta serie conserva los mismos diseños pero incorpora nuevos elementos de seguridad, además de los ya existentes. Esta emisión se sumó a los billetes en circulación en las denominaciones de 50, 100, 200 y 500 pesos.

Como parte de la misma serie D1, a partir del 30 de septiembre de 2002 se pusieron en circulación billetes de 20 pesos impresos en polímero en lugar de papel. El polímero, por ser un material más durable, se incorporó en estos billetes de baja denominación, ya que son los que se deterioran con mayor rapidez. Estos billetes también se elaboran en la Fábrica de Billetes del Banco de México y, en apariencia, son similares a los de papel, pero cuentan con una característica distintiva de seguridad: una ventana transparente.

La última denominación de la serie D1 fue de 1000 pesos. Se puso en circulación a partir del 15 de noviembre de 2004 y se imprimió en papel de algodón.

La más reciente familia de billetes, conocida como F o Tipo F, presenta cambios en los elementos de seguridad, en los colores y tamaños. Cada denominación es de un color diferente para que el público pueda diferenciarlos fácilmente. Los billetes son de tamaño distinto para ayudar a los invidentes a identificar las diferentes denominaciones; todos miden 66 mm de ancho y varían en el largo. El billete de más baja denominación (20 pesos) es el más pequeño con 120 mm, y el de más alta (1000 pesos) es el más largo con 155 mm. Entre cada una de las seis denominaciones (20, 50, 100, 200, 500 y 1000) se mantiene una diferencia de 7 mm. Los billetes de 20 y 50 pesos se imprimen en polímero mientras que el resto se imprime en papel de algodón.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



# **CAPÍTULO:**

## **2. MARCO TEÓRICO**



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 1) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO CALCOGRÁFICO

El proceso empieza con la alimentación del papel moneda proveniente de bóveda y a su vez este ya viene del proceso offset (el proceso offset consiste en imprimir las imágenes de fondo que se desea reproducir en el papel moneda) para ser suministrado al alimentador de la máquina Intaglio (donde se hace la impresión bajo relieve), pasa al cilindro de impresión y se somete a una presión de 40 toneladas para entrar en contacto con el cilindro porta-planchas, es en esta parte del proceso donde ocurre la impresión. (Ver Fig. 1).

En el cilindro porta-planchas se tienen tres planchas con los grabados que se quieren imprimir además de contener la tinta necesaria para la impresión, las tintas se suministran de forma directa e indirecta; estas últimas se suministran por medio de tres inyectores (uno por tinta) a una presión aproximada de entre 20-45 bar (dependiendo la cantidad que se utilice para el grabado, esta tinta se suministra a la caja de tinta y se regula desde la platina de la caja de tinta.

El rodillo ductor toma la tinta necesaria que a su vez llega a los tintadores para después pasar a los chablonos (uno por tinta) y por último se depositan las tres tintas en el cilindro colector (ya con la cantidad y “forma” de tinta para el grabado), es éste el que proporciona la tinta a las planchas del cilindro porta-planchas. La cuarta tinta se aplica de manera directa ya que no pasa por el cilindro colector (la plancha se entinta directo del chablon) el suministro a la caja de esta tinta lo hace un operador. (Ver Fig. 2).

El exceso de tinta que se genera en las planchas del cilindro porta-planchas es limpiada por un rodillo de limpieza que a su vez se ayuda para cumplir esta función; con una solución de limpieza que proviene de planta “Aqua-Save”, una fibra de limpieza, una cuchilla de secado y una flauta de aire para ayudar a que el rodillo realice bien su función (Ver Fig. 3). Una vez realizada la impresión, el papel moneda pasa al área de recibidores en el cual se espera terminar el lote, durante el proceso, control de calidad y tripulación de máquina se encarga de supervisar la calidad de impresión.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”

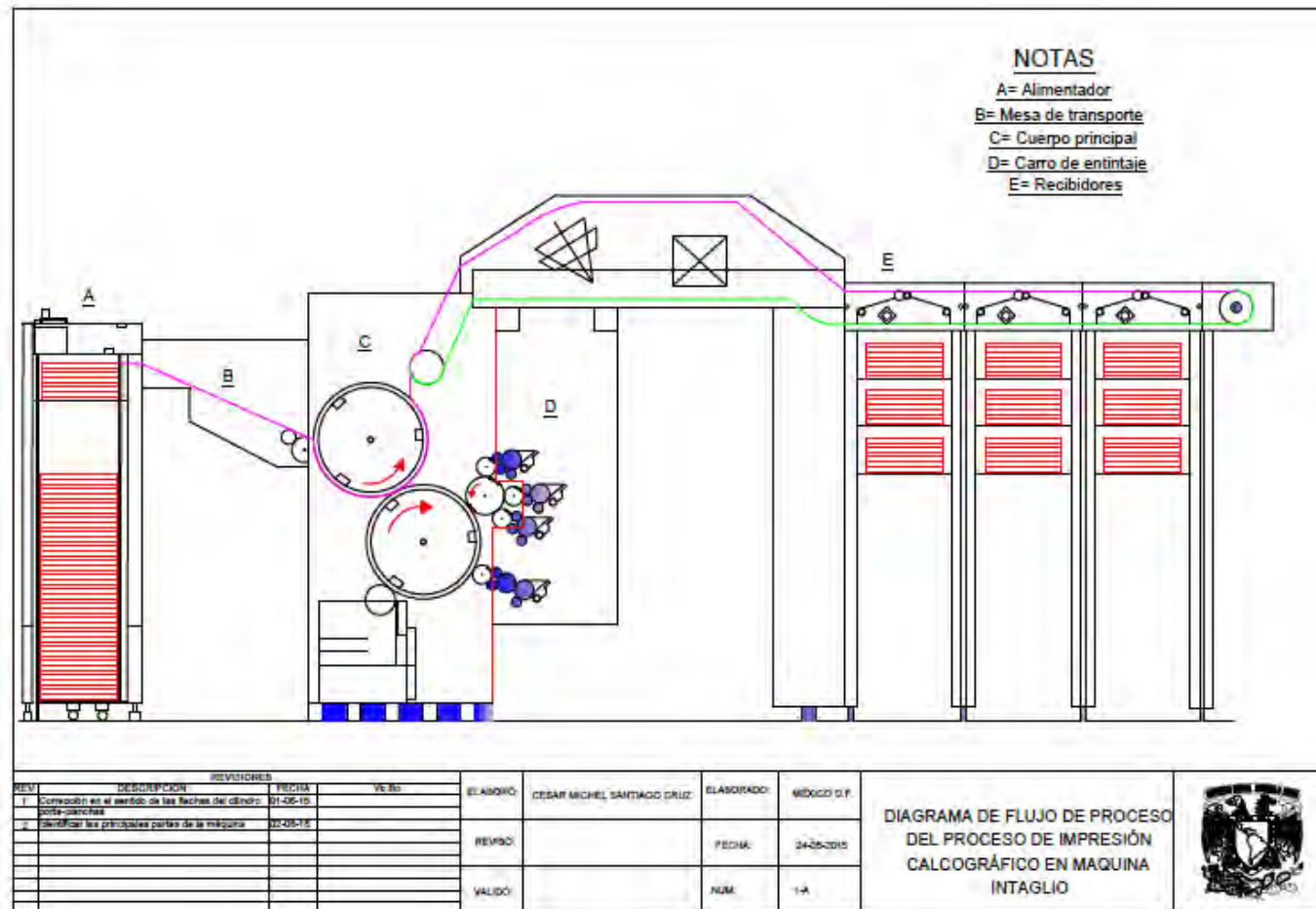
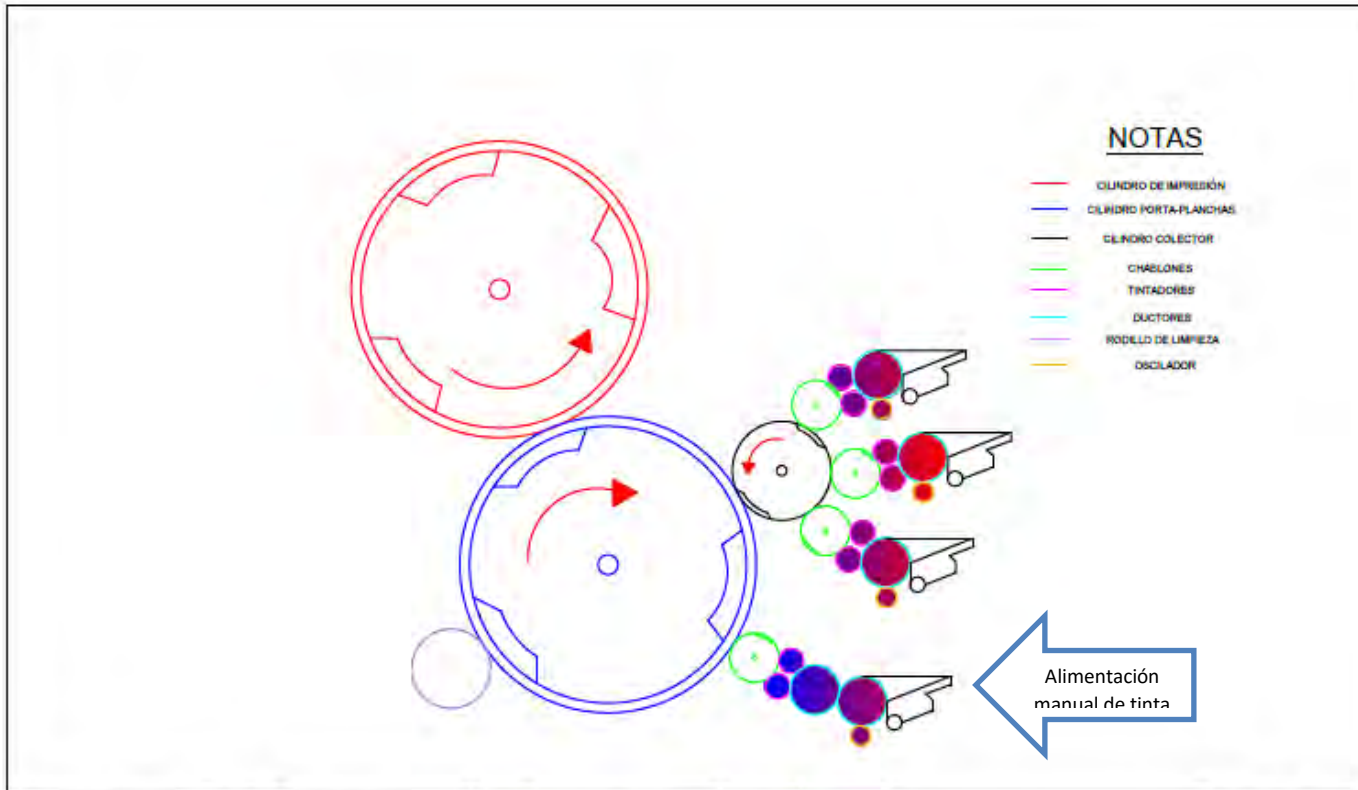


Fig. 1 Diagrama de máquina Intaglio



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



**NOTAS**

- CILINDRO DE IMPRESIÓN
- CILINDRO PORTA-PLANCHAS
- CILINDRO COLECTOR
- CHARLONES
- TINTADORES
- DUCTORES
- RODILLO DE LIMPIEZA
- OSCILADOR

Alimentación manual de tinta

REVISIONES				ELABORÓ:	CÉSAR MICHEL SANTIAGO CRUZ	ELABORADO:	MÉXICO D.F.
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	Vs. So.	REVISÓ:		FECHA:	17-05-2015
				VALIDÓ:		NUM.	1-0

**DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DEL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICO EN MAQUINA INTAGLIO**



Fig. 2 Diagrama de máquina Intaglio (cuerpo principal)





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**

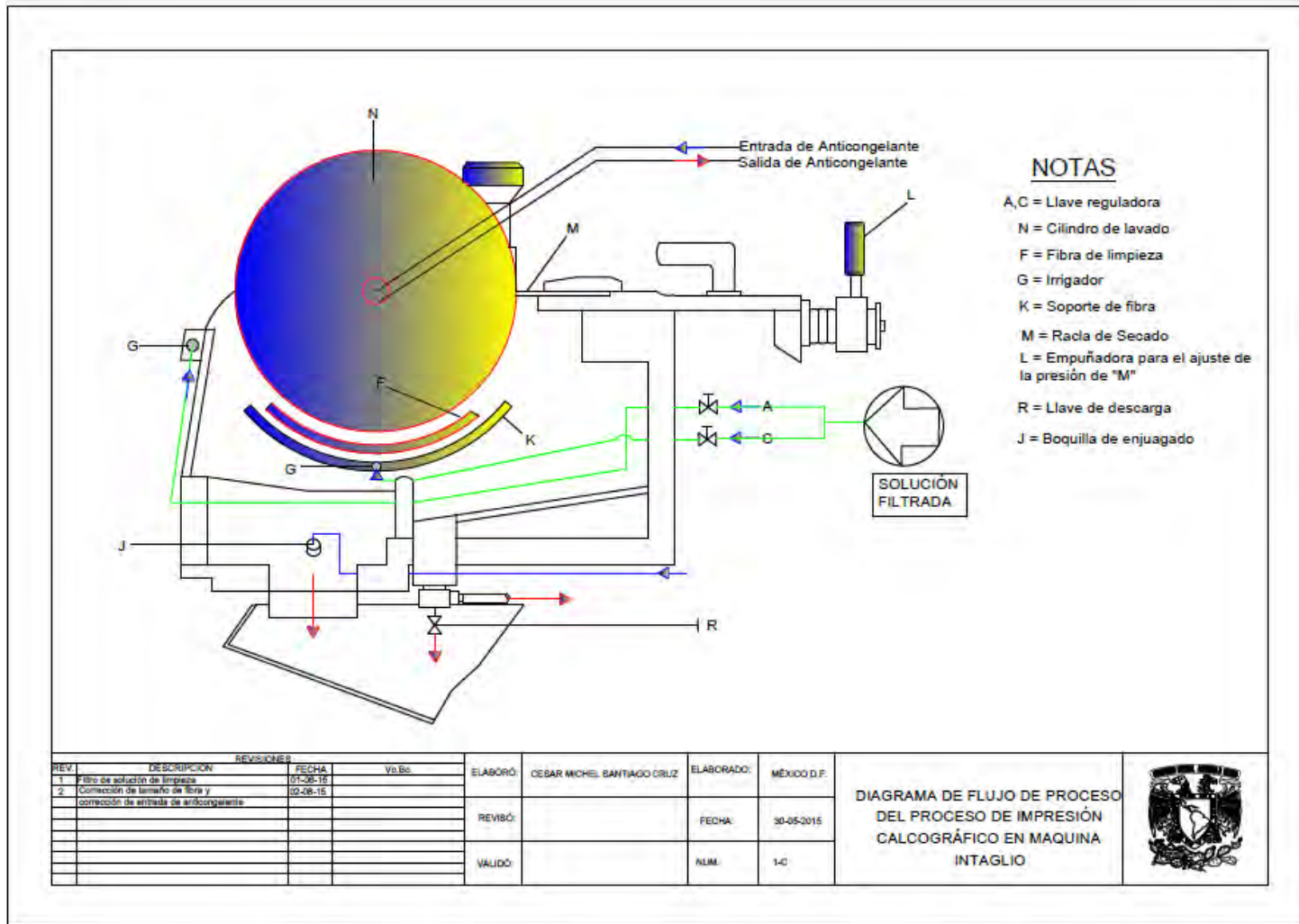


Fig. 3 Cuba de limpieza



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 1.1) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PLANTA “AQUA-SAVE”

Para la creación de la solución de limpieza se dosifica al tanque 315 900 ml/min de Hidróxido de Sodio (NaOH), 300 ml/min de Surfac HB7 y el resto de agua suave proveniente del tanque 301 hasta completar los 3500 litros que se requiere para llenar el tanque 315, después se manda a las máquinas Intaglio que se encuentran en sala de impresión, una vez usada la solución de limpieza de las máquinas Intaglio esta es mandada al tanque 401 cuya capacidad es de 7000 litros. Después esta solución es bombeada al tanque 407 a un flujo de 110 litros/min, en el tanque 407 es donde se lleva a cabo el proceso de coagulación-floculación, el tanque 407 está dividido a la mitad: en la primera parte del tanque se dosifica el coagulante (nalcolyte) y es en esta donde se empieza a formar los flóculos para después pasar a la segunda parte del tanque por rebose, en el cual se dosifica la perlita para darle consistencia al flóculo para después pasar al filtro prensa 501/A. La solución filtrada es enviada al tanque 331 para después volver a mandarla al tanque 315 en el cual se vuelve a dosificar NaOH y Surfac HB7 para compensar las propiedades que pierde la solución de limpieza al darle el tratamiento, y una vez más la solución de limpieza es enviada a las máquinas Intaglio y los lodos son enviados fuera del límite de batería (Ver Fig.4).

Los drenes se hacen una vez por semana y este consiste en retirar el 5% de la solución total que se trata en el proceso para restaurarla con solución nueva al sistema, la solución que se retira del proceso; sale después de darle el tratamiento de filtración y en vez de enviarla al tanque 331 esta es enviada al tanque 601; en él se dosifica Cloruro de Calcio para después mandarla al filtro prensa 501/A para después enviarla al tanque 610 en el cual se le adiciona Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para neutralizar la solución (Ver Fig.4) para después enviarla a un evaporador y esta a su vez se puede enviar al alcantarillado.





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**

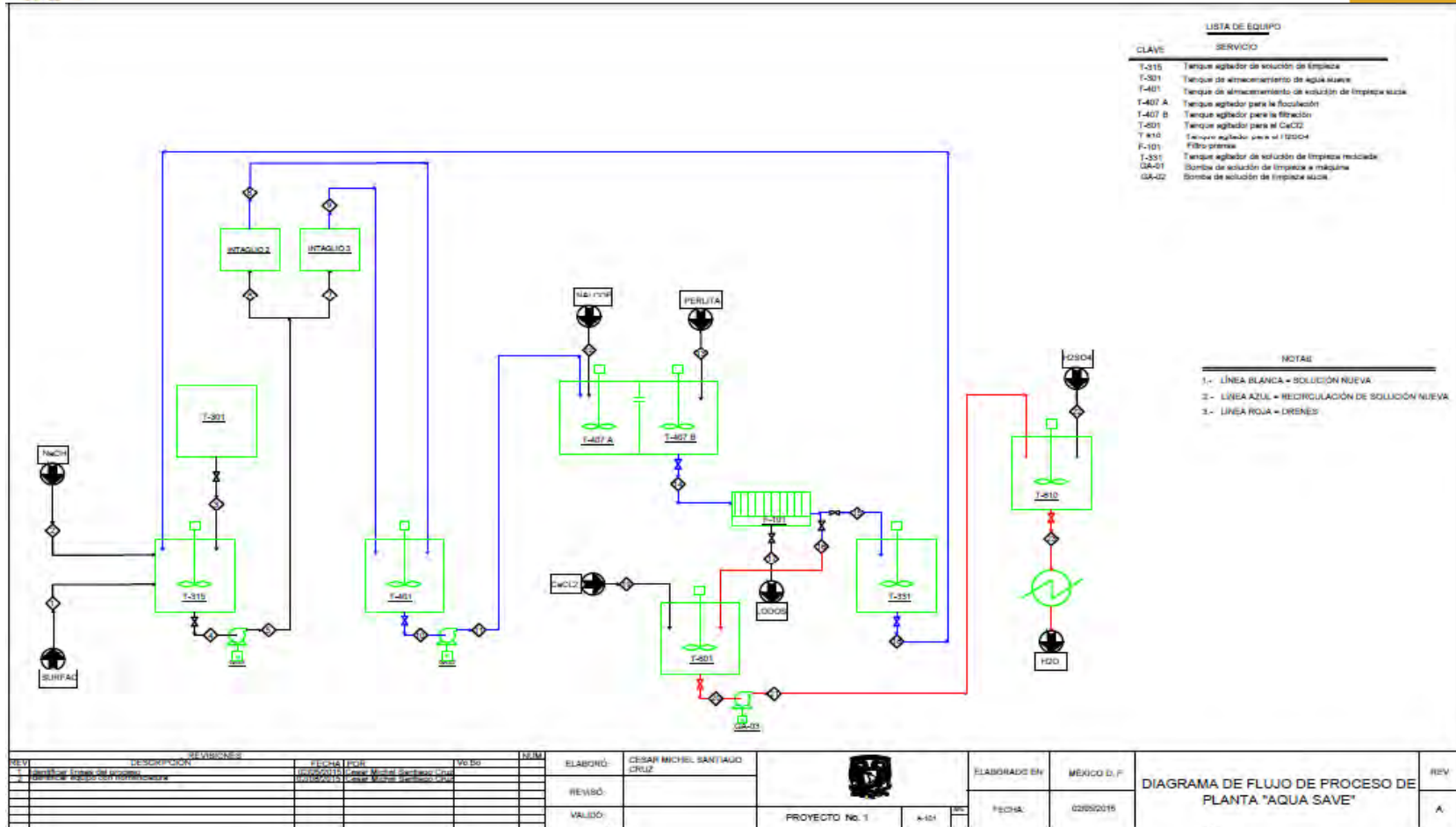


Fig. 4 Diagrama de flujo de proceso de planta "Aqua-Save"



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 2) SOLUCIÓN DE LIMPIEZA

### 2.1) FUNCIÓN

La solución de limpieza que se usa en el proceso de impresión calcoográfico tiene como funciones: disolver, limpiar y lubricar. La solución tiene que disolver el exceso de tinta que trae el rodillo de limpieza que se adhiere al ponerse en contacto, con el cilindro porta planchas. Una vez disuelto el exceso de tinta en el rodillo, la solución de limpieza tiene que ayudar a limpiar el rodillo para su uso continuo, por último también nos tiene que ayudar a disminuir la fricción que se genera entre el rodillo de limpieza y el cilindro porta planchas, es decir, una mejor lubricación.

### 2.2) COMPONENTES

#### 2.2.1. Agua Suave o Agua Blanda

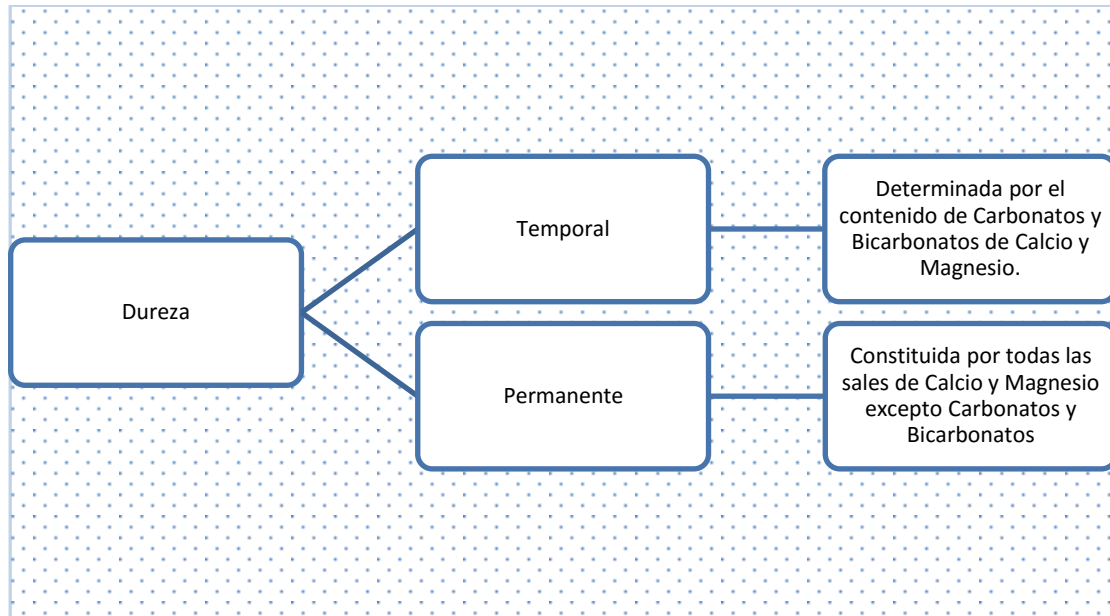
Son aquellas que poseen mínimas cantidades de sales disueltas en el agua, su principal ventaja es que fomenta y potencia la acción de los jabones y detergentes y otros químicos usados en limpieza. El agua blanda se caracteriza por tener una concentración de Cloruro de Sodio ínfima y una baja cantidad de iones de Calcio y Magnesio.

##### 2.1.1.1. Dureza

Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos y ocasionalmente Nitratos de Calcio y Magnesio. La dureza es caracterizada por el contenido de sales de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y expresada como Carbonato de Calcio equivalente (Ver Cuadro 1).



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



Cuadro 1 Clasificación de la dureza del agua

### 2.1.1.2. Clasificación del agua

La Organización mundial de la salud (OMS) clasifica las aguas en cuatro categorías:

Agua	mg/L de $\text{CaCO}_3$
Blanda	<60
Moderadamente duras	60 a <120
Duras	120 a 180
Muy duras	>180

Tabla. 1 Clasificación del agua por la Organización Mundial de la Salud



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



### 2.1.1.3. Cálculo de la concentración del Carbonato de Calcio $\text{CaCO}_3$

El contenido de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  recibe el nombre de “dureza total”.

Se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de Calcio y Magnesio existentes en miligramos por cada litro de agua (mg/l); que puede ser expresado en concentraciones de  $\text{CaCO}_3$ .

$$\text{Es decir: } Dureza \frac{mg}{l} \text{ de } \text{CaCO}_3 = 2.50[\text{Ca}^{++}] + 4.16[\text{Mg}^{++}]$$

Donde:

- $[\text{Ca}^{++}]$ : Concentración de ion  $\text{Ca}^{++}$  expresado en mg/l.
- $[\text{Mg}^{++}]$ : Concentración de ion  $\text{Mg}^{++}$  expresado en mg/l.

Los coeficientes se obtienen de las proporciones entre el peso molecular del  $\text{CaCO}_3$  y los pesos moleculares respectivos: 100/40 (para el  $\text{Ca}^{++}$ ); y 100/24 (para el  $\text{Mg}^{++}$ ).

Un grado francés  $[1^\circ\text{f}] = 10 \text{ mg/l}$  de  $\text{CaCO}_3$

### 2.2.2. Hidróxido de Sodio ( $\text{NaOH}$ )

Es también conocido como sosa cáustica, es un Hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química, es decir, en disolución acuosa aporta iones hidroxilo  $\text{OH}^-$  al medio) en la fabricación de papel, tejidos y detergentes.

A temperatura ambiente, el Hidróxido de Sodio es un sólido blanco cristalino sin olor e higroscópico y delicuescente (absorbe la humedad del aire y se licua). El Hidróxido de Sodio es muy corrosivo y generalmente se usa en forma sólida o como una solución al 50% m/m.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



El Hidróxido de Sodio se usa para fabricar jabones, crayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. También se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Se encuentra comúnmente en limpiadores de desagües y hornos. También se usa como removedor de pinturas.

### 2.2.3. *Tensoactivo o Surfactantes*

#### 2.2.3.1. Clasificación Electroquímica.

La clasificación se fundamenta en el poder de disociación del tensoactivo en presencia de un electrolito y de sus propiedades fisicoquímicas, pueden ser: iónicos: según la carga que posea la parte que presenta la actividad de superficie: (a) aniónicos, (b) catiónicos y (c) anfóteros, y los (d) no-iónicos.

Los tensoactivos son moléculas orgánicas, constituidas por una parte no polar (hidrófoba) y otra polar (hidrófila). La parte hidrófoba está constituida por una cadena hidrocarbonada alifática, y la otra parte hidrófila es, según el tipo de tensoactivo:

- a) Aniónico: son sales de Sodio que ionizados producen ión  $\text{Na}^+$  más una carga negativa, el ión surfactante activo. Este tipo de tensoactivos son los que se evalúan como las Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)
- b) Catiónico: Son aquellos que en solución forman iones, resultando cargado positivamente el grupo hidrófobo de la molécula. Son compuestos cuaternarios de Hidróxido de Amonio o una amina grasa en medio ácido.
- c) Anfotérico: Presentan en su molécula grupos aniónicos y catiónicos. Actúan dependiendo del medio en que se encuentren, en medio básico son aniónicos y en medio ácido son catiónicos.
- d) No iónico: son aquellos que sin ionizarse, se solubilizan mediante un efecto combinado de un cierto número de grupos solubilizantes débiles (hidrófilos) tales como enlace tipo éter o grupos hidroxilos en su molécula, estos tensoactivos son evaluados como Sustancias Activas al Tiocianato de Cobalto (SACT)



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**

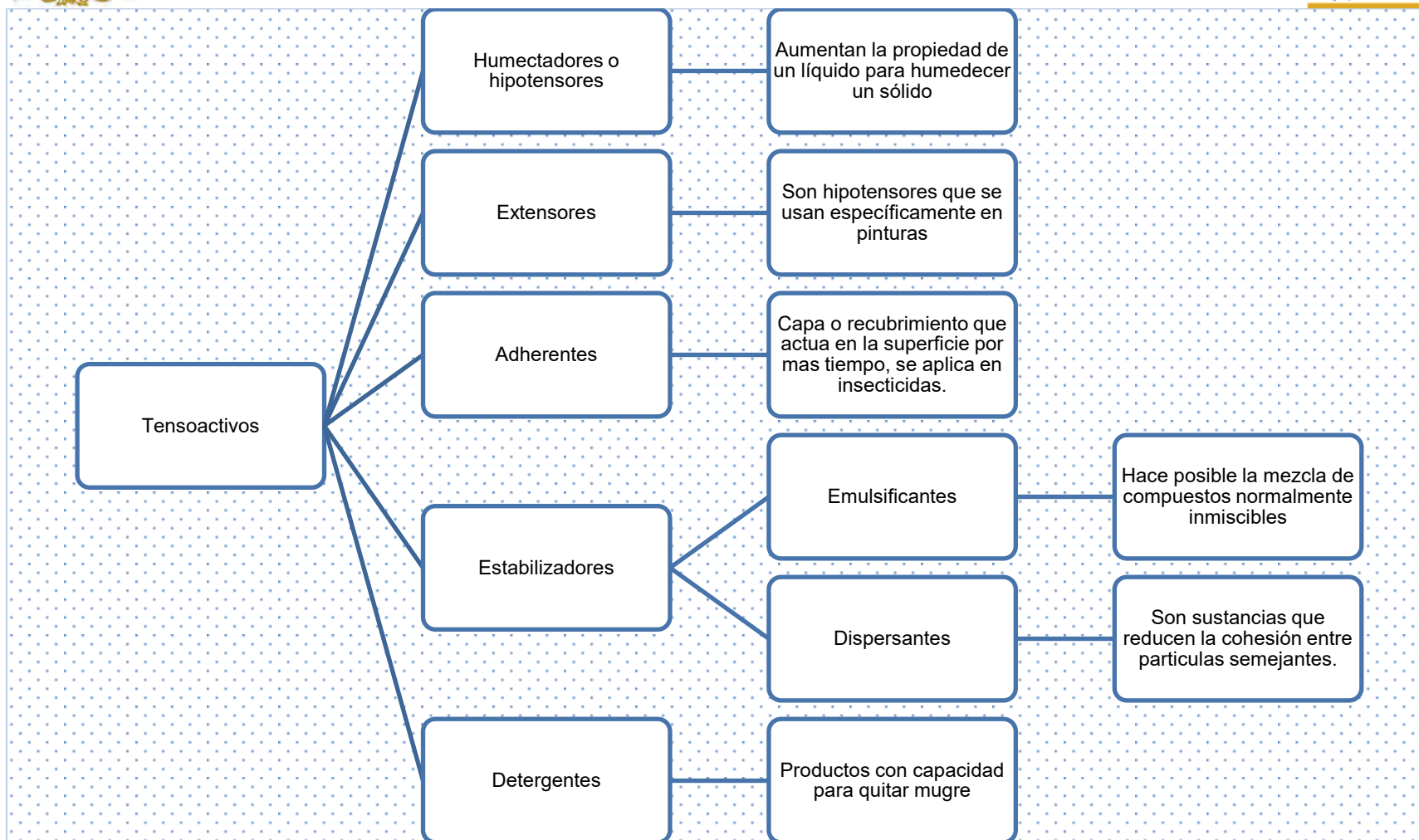


### 2.2.3.2. Según sus propiedades

Cualquier surfactante posee generalmente, en algún grado, más de una, si no todas las características de los surfactantes en general; todos ellos son hipotensores, o sea que disminuyen la tensión superficial de las soluciones; por lo cual también se les nombra “tensoactivos”. Sin embargo, una propiedad usualmente predomina, lo cual constituye la base para la clasificación de los tensoactivos según su propiedad predominante (Ver Cuadro 2).



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Cuadro 2 Clasificación de los tensoactivos según sus propiedades (Román, 1980)



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



### 2.2.3.3. Propiedades físicas de soluciones acuosas de tensoactivos

#### 2.2.3.3.1. Solubilidad

La solubilidad aumenta con la temperatura. Existe una temperatura que se conoce con el nombre de “punto Kraft” en que un pequeño aumento de temperatura [T], incrementa considerablemente la solubilidad. El largo de la cadena hidrocarbonada afecta este punto. Es importante mencionar que en caso de la detergencia, la efectividad del tensoactivo se reduce notablemente cuando se trabaja abajo del punto Kraft, ya que a temperaturas [T] inferiores no se forman micelas.

#### 2.2.3.3.2. Tensión superficial

Para una serie homóloga de tensoactivos, la concentración necesaria para la misma disminución de tensión superficial es de un factor de 3 por cada grupo  $\text{CH}_2$  adicional (Regla de Traube).

#### 2.2.3.3.3. Micelas

Conjunto de moléculas que constituye una de las fases de los coloides. Es el mecanismo por el cual el jabón solubiliza las moléculas insolubles en agua, como las grasas. Las soluciones de tensoactivos tienen propiedades no usuales, en soluciones diluidas se comportan como electrolitos normales, pero a una concentración específica ocurren cambios bruscos en su presión osmótica, conductividad eléctrica y tensión superficial.

#### 2.2.3.3.4. Concentración micelar crítica

La formación de micelas es igual al agregado de los iones del tensoactivo con las cadenas de hidrocarburo hacia adentro y los grupos hidrofílicos hacia afuera, en contacto con el medio acuoso. La concentración a la cual la formación de micelas es apreciable se





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



llama CMC. La micelación es un mecanismo por el cual se puede disminuir la tensión superficial.

### **3) TINTAS**

La tinta es el elemento sustentado en un soporte, mediante el cual se representan los signos, grafía o dibujos; en general es toda sustancia apta para escribir, imprimir o colorear según técnicas e instrumentos apropiados (Vinas V, 1988, pág. 13). Y consiste en una mezcla polimérica en disolución que lleva incorporado pigmento para impartir color. En caso de no ir pigmentada, se denomina barniz o recubrimiento.

Para que una tinta cumpla su función debe tener unos componentes básicos, que son el colorante (pigmentos que proporcionan el color de la tinta), el disolvente (medio en el que se diluye o dispersa el pigmento), el aglutinante (que mantiene las partículas del pigmento unidas entre sí y con el soporte) y el mordiente (sustancia química que fija la tinta al soporte pudiendo sustituir al aglutinante), con independencia de que entre sus componentes se encuentren otros elementos como espesantes, olorantes, antisépticos, etc.

Según el método de impresión se tienen ciertas características, por ejemplo, las tintas para huecograbado se caracterizan por usar como disolventes hidrocarburos aromáticos; las tipográficas para periódicos y las de offset llevan un secativo rápido que favorece la velocidad de impresión, las litográficas incorporan una materia grasa (cera, sebo, aceite, etc.) para que la tinta no se adhiera a la plancha, etc.

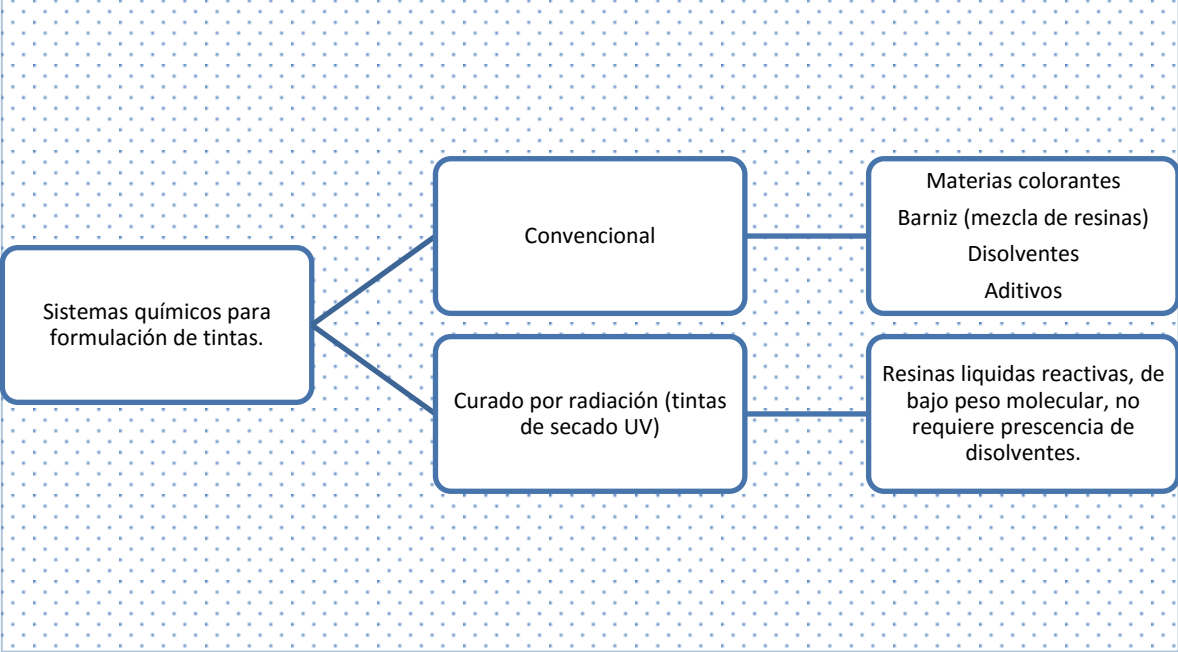
(Vinas V, 1988, pág. 14)

#### **3.1) CLASIFICACIÓN DE TINTAS**

La composición de una tinta viene determinada por el método de impresión al que va destinada y por las exigencias que se demandan al producto impreso (Ver Cuadro 3).



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



Cuadro 3 Clasificación de tintas

### 3.2) FORMULACIÓN DE TINTAS

Los componentes de las tintas convencionales son las materias colorantes (pigmentos y colorantes solubles) y el barniz, que es una mezcla de resinas, disolventes y aditivos, que actúa a modo de vehículo para transportar el elemento color.

#### 3.2.1 Polímeros o resinas

Encargados de la mayor parte de las propiedades físico-químicas de las tintas, como por ejemplo: resistencia a los diversos agentes, adhesión al sustrato, dureza y flexibilidad. Todo polímero que se va a utilizar en forma de disolución debe de cumplir con cierto número de propiedades para desarrollar su función:

- Solubilidad en distintos disolventes.
- Viscosidad adecuada.
- Compatibilidad con otros aditivos
- Capacidad filmógena.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



### 3.2.2. Disolventes

Usados para solubilizar las resinas sólidas de forma que se obtenga un líquido con la viscosidad apropiada para el proceso de impresión, el disolvente a usar puede ser de naturaleza orgánica o agua, o una mezcla de ambos. Las características que debe de cumplir un disolvente son:

- Debe disolver perfectamente las resinas
- Debe evaporarse progresivamente con el fin de que la tinta seque sobre el soporte, pero sin que la viscosidad aumente muy rápidamente, ni se seque sobre los cilindros o rodillos, a través de los cuales se transfiere al soporte a imprimir.
- No debe deteriorar ningún elemento de la máquina.
- Compatible con el soporte a imprimir.

En toda formulación, normalmente intervienen 3 o 4 tipos de disolventes: disolvente verdadero, diluyente y retardante. El disolvente verdadero y retardante, disuelven por si solos a las resinas, mientras que el diluyente necesita estar mezclado con un disolvente verdadero para alcanzar dicha propiedad.

### 3.2.3. Pigmentos

Es el elemento responsable de impartir color, totalmente insoluble en agua y disolventes orgánicos. Se dispersan en las soluciones de resina y apenas se ven afectadas física o químicamente por el sustrato o soporte sobre el que están depositadas. Su color es fruto de la absorción y/o difusión selectiva de la luz. Estos no deben confundirse con los *colorantes* que son sustancias solubles en disolventes o en agua.

Para la elección de un pigmento se ha de tomar en cuenta las siguientes características:

- Características ópticas: color y transparencia.
- Resistencia: luz, agentes químicos, calor abrasión.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



- Comportamiento de la tinta líquida: Viscosidad y tixotropía.
- Propiedades físicas: Grado de molienda influye sobre el color, brillo, imprimibilidad, sedimentación, poder cubriente e intensidad.

### 3.2.4 Aditivos

Aquí se integran multitud de productos químicos (plastificantes, ceras, tensoactivos, antiespumantes, antimicrobianos, promotores de la adherencia, antioxidantes y catalizadores) que se introducen en pequeñas cantidades para potenciar una propiedad específica.

Los tensoactivos mejoran el poder de mojado de los líquidos, por lo que se extiende más fácilmente el líquido sobre el medio y se obtiene mayor poder de penetración en los poros del soporte aplicado. Son moléculas anfóteras, constituidas por una región polar y otra polimérica apolar. La elección del tensoactivo depende de la polaridad del medio solvente. A medida que la polaridad de éste aumenta, también debe aumentar la polaridad de la cadena polimérica para alcanzar una buena estabilización estérica.

## 4) COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN

La coagulación-floculación consiste en la adición de un reactivo químico para la formación de flóculos en agua o aguas residuales para enredarse o combinarse con coloides sólidos no sedimentables y un ajuste lento de sólidos suspendidos para formar un flóculo de sedimentación rápida. El flóculo se retira posteriormente en la mayoría de los casos por sedimentación.

Los contaminantes que se eliminan por coagulación son aquellos que poseen un alto peso molecular y son hidrófobos. De esta forma, se eliminan sólidos suspendidos, color aparente, material coloidal, algunos precursores de trihalometanos, y moléculas grandes que se adsorben poco en carbón activado. La coagulación floculación no sirve para eliminar compuestos orgánicos solubles.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



#### **4.1) COAGULACIÓN**

La coagulación es la adición y mezcla rápida de un coagulante, el resultado es la desestabilización de un coloide y sólidos en suspensión fina. Las fuerzas interpartícula responsables de la estabilidad de los coloides, son reducidas o anuladas por la adición de reactivos apropiados. Esta etapa se realiza mediante un mezclado rápido para dispersar el coagulante y favorecer su contacto con las partículas en suspensión.

#### **4.2) FLOCULACIÓN**

La floculación es la agitación lenta o agitación suave para que las partículas desestabilizadas formen un flóculo (aglomerado de partículas) de sedimentación rápida con ayuda de un floculante. Las colisiones entre las partículas favorecen al crecimiento de flóculos que puedan ser eliminados por sedimentación. Aquí se efectúa una mezcla lenta con el fin de promover la formación y el aumento de tamaño y/o densidad de los flóculos formados y finalmente son eliminados del agua por medios físicos como la sedimentación, flotación o filtración.

#### **4.3) CARACTERÍSTICAS DE UN COLOIDE**

Los coloides son clasificados de acuerdo a la fase dispersa y el medio disperso. Los principales sistemas implicados tanto en el tratamiento de agua y aguas residuales son sólidos dispersos en líquidos (suspensión) y líquidos dispersos en líquidos (emulsiones). Cuando está suspendida en agua, materia orgánica, tales como microbios, y materia inorgánica, tal como arcillas, es un ejemplo de un sistema que consta de sólidos dispersos en un líquido. Un aceite disperso en agua es un ejemplo de un líquido disperso en un líquido. En el tratamiento de aguas residuales, los sólidos dispersos en líquidos (suspensión) son de particular interés. Una característica importante de un coloide sólido disperso en agua es que las partículas sólidas no se conforman por la fuerza de gravedad. Cuando no se forma un coloide, el sistema está en una condición estable.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Los coloides tienen una gran área de superficie por unidad de volumen de partículas. Debido a esta característica, los coloides tienden a adsorber sustancias, tales como moléculas de agua y los iones, desde el agua circundante. Además, los coloides desarrollan o tienen una carga electrostática en relación con el agua circundante.

Los coloides sólidos en el agua pueden ser clasificados como hidrófilo o hidrófobo de acuerdo a su afinidad por el agua. Los coloides hidrófilos tienen una afinidad por el agua debido a la existencia de grupos solubles en agua en la superficie coloidal. Algunos de los grupos principales son el Amino, Carboxilo, Sulfónico e Hidroxilo. Estos grupos son solubles en agua, promueven la hidratación y causan una capa o película de agua para recoger y rodear el coloide hidrófilo. Frecuentemente, esta capa o película de agua se denomina agua de hidratación o agua ligada. Por lo general, los coloides orgánicos, tales como proteínas o sus productos de degradación, son hidrófilas. Coloides hidrófobos tienen poca, o ninguna, afinidad por el agua, como resultado; no tienen ninguna película de agua significativa o agua de hidratación. Por lo general, los coloides inorgánicos, tales como arcillas, son hidrófobos.

#### ***4.3.1. Carga Eléctrica y Doble Capa***

Dentro del Agua Superficial, las partículas coloidales, son las causantes de la turbiedad y del color por lo que el tratamiento del agua está orientado a la remoción de estas partículas; estas poseen normalmente una carga eléctrica negativa situada sobre su superficie. Estas cargas llamadas cargas primarias, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos (Ver Fig. 5).



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”

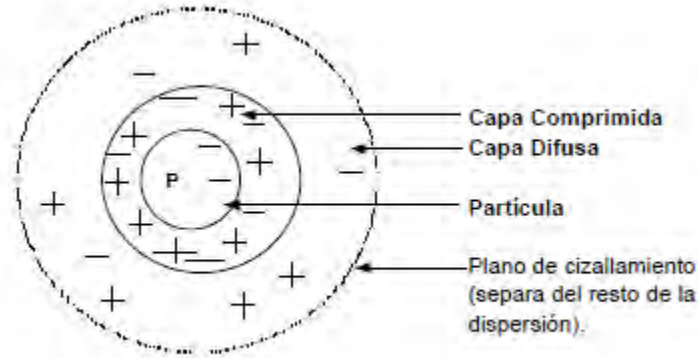


Fig. 5 Doble Capa de Una Partícula coloidal

Los iones que se adhieren fuertemente a la partícula y se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, por lo tanto hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y la solución, llamado Potencial Zeta.

#### 4.4) FLOCULANTES

Con frecuencia, la coagulación no resulta en un proceso eficiente de separación debido a que los coágulos formados tienen velocidades muy lentas de sedimentación o son muy frágiles y se rompen en los procesos. Para controlar estos problemas se emplean ayudas de coagulación denominados floculantes. Estos compuestos aceleran el proceso y disminuyen la dosis del coagulante. Son materiales usados en concentraciones relativamente pequeñas y generalmente, de mayor costo que el coagulante principal. Se clasifican en: a) oxidantes (Cloro y el Ozono); b) polielectrolitos; c) sílice activada y d) agentes ponderados (arcilla). De ellos, los importantes en potabilización son los tres últimos, por su costo.

Para el aumento del tamaño efectivo de floculación los agentes superficialmente activos y los electrolitos, en especial aquellos que proporcionen iones polivalentes o cambien el pH del sistema, se emplean a menudo con éxito para producir el cambio deseado de dispersión.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



Los ejemplos de estos agentes de empleo industrial para reducir las fuerzas interpartícula, permitiendo así la floculación y la separación, incluyen:

- 1) La utilización de iones trivalentes de Aluminio y Hierro para flocular las partículas a las que se debe la turbiedad de las aguas.
- 2) El uso de almidón para flocular papilas de algodón altamente dispersas.
- 3) El empleo de cola para clarificar soluciones concentradas de alumbre.
- 4) El uso de Ácido Clorhídrico para flocular papillas de arcilla.
- 5) La floculación del Hidróxido de Magnesio en salmueras
- 6) La floculación de los fangos metalúrgicos, ajustando el pH al punto isoeléctrico.
- 7) La clarificación del agua de lavado de los carbones.
- 8) La adición de agentes superficialmente activos para romper emulsiones de agua en aceite del petróleo.

(Perry, 1974, pág. 1864)

#### 4.5) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA

Las características físicas y organolépticas se refieren en general, a mediciones indirectas de componentes químicos presentes en el agua que pueden o no ser tóxicos.

##### 4.5.1. Color

El color es importante, ya que da una indicación rápida de la calidad del agua.

- Verdadero: Producido por sustancias disueltas.
- Aparente: Provocado por el color verdadero más el efecto de los sólidos en suspensión.

Para eliminar el color aparente se aplica la coagulación-floculación seguida por sedimentación. La cantidad de coagulante depende de la concentración inicial del color y del pH óptimo (generalmente ácido). En el caso del color verdadero, se recurre a sistemas





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



más complejos como la absorción en carbón activado, oxidación y filtración en zeolitas, según sea el origen del color.

#### **4.5.2. Turbiedad**

Aumenta el color aparente del agua y se debe a la presencia de materia suspendida orgánica e inorgánica como la arcilla, sedimentos, plancton y organismos microscópicos. Lo que se mide como turbiedad es la pérdida de luz transmitida a través de la muestra por difracción de los rayos al chocar con las partículas, y por ello depende no sólo de su concentración sino también de su tamaño y forma. Se mide en NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez)

Para remover la turbiedad se emplea la coagulación-floculación, seguida de sedimentación y filtración. En caso de que el agua contenga una turbiedad  $> 100$  NTU se puede aplicar un paso previo de sedimentación.

#### **4.6) CONDICIONES DE OPERACIÓN Y EQUIPO.**

La coagulación floculación es sensible a muchas variables como la naturaleza de la turbiedad, tipo y dosis del coagulante, pH del agua, composición química de la misma y condiciones de mezclado. De todas, las que se pueden controlar en la práctica son cantidad y tipo tanto de coagulante como del floculante y condiciones de mezclado.

Pese a que la teoría de la doble capa sirve para comprender el proceso de coagulación floculación, es poco útil para diseñar las unidades de tratamiento. En realidad, la selección de los reactivos, las dosis y las condiciones físicas apropiadas deben ser determinadas en laboratorio, mediante la prueba de jarras, ensayos piloto y con base en la experiencia, dependiendo principalmente del tipo de agua a ser tratada. Además, el diseño de las unidades debe ser flexible a las variaciones en gastos y características del agua.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



El sistema de coagulación-floculación puede llevarse a cabo en una unidad o en unidades separadas. Para la coagulación, la unidad se equipa con mezcladores de alta velocidad diseñados para crear gradientes de velocidad de  $30 \text{ s}^{-1}$  ó mayores, con tiempo de retención de 15 a 60 segundos. El coagulante puede ser alimentado en forma mecánica, por vertedores, paleando, por cubetadas o en forma neumática. La agitación necesaria para el proceso se induce por medios mecánicos como paletas o difusores de aire. El tiempo requerido para la floculación depende de las características del agua. Se obtienen mejores resultados cuando se utilizan unidades en serie que sólo una unidad grande.

La selección del tipo y dosis del coagulante y del polielectrolito, pH óptimo, tiempo de agitación y la determinación de la producción de lodos, depende de las características de la materia suspendida y de la calidad deseada del agua. Para ello, se aplica la prueba de jarras como un indicador de las condiciones requeridas para obtener una máxima eficiencia de remoción. Es común que en la planta de potabilización se obtengan mejores resultados que los obtenidos en laboratorio.

#### **4.7) PRUEBA DE JARRAS “JAR TEST”**

La técnica de laboratorio “prueba de jarras” se utiliza por lo general para determinar el coagulante y floculante, si es necesario, y las dosis químicas necesarias para la coagulación de una muestra de agua determinada. En esta prueba, las muestras de agua se vierten en una serie de vasos de precipitados de vidrio, y varias dosis de coagulante y floculante se añaden a los vasos de precipitados. El contenido se agita rápidamente para simular una mezcla rápida, después se agita suavemente para simular la floculación.

Después de un tiempo dado, se para la agitación y se permite que el flóculo formado precipite. El aspecto más importante a destacar es el tiempo para la formación de flóculos, el tamaño de los flóculos, sus características de sedimentación, % de turbidez, color eliminado, y el pH final del agua coagulada y sedimentada. La dosificación química determinada a partir del procedimiento da una estimación de la dosis requerida para la planta de tratamiento.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



# **CAPÍTULO:**

## **3. EXPERIMENTACIÓN**



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## 1) INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó en sala de impresión de Billetes en las instalaciones del Banco de México complejo Legaria de la Ciudad de México. El objetivo de estos experimentos fue determinar cuando la solución de limpieza proveniente de planta “Aqua-Save” que se ocupa en el proceso calcográfico está en condiciones óptimas de operación y cuando se encuentra fuera de los límites permisibles de operación.

Se ha observado dentro del proceso de impresión calcográfico de billetes, que en ocasiones la solución de limpieza dentro de máquina causa problemas en producción esto se ve reflejado en manchas de tinta en la impresión del papel moneda, por lo que se busca encontrar un rango de equilibrio de esta solución, para así tratar de mitigar dichos problemas. Por lo cual durante los ensayos se buscó encontrar este rango mediante pruebas de ensayo y error.

Estos experimentos fueron propuestos debido a que el departamento de laboratorio hizo muestreos sobre la composición de la solución de limpieza a principios del año 2014 y lo que va del 2015, en este periodo la solución de limpieza no presentó cambio significativo en su composición, por lo cual el primer experimento que se presenta a continuación es observar el comportamiento que tiene la solución de limpieza cuando es nueva contrastándola con la solución de limpieza reciclada para así saber qué es lo que ocurría con la solución de limpieza dentro de máquina y el segundo experimento consistió en identificar cual fue el problema de esta solución y qué medidas se pueden tomar para así poder mitigar el problema con las manchas en la impresión y la solución de limpieza.

## 2) EXPERIMENTO I

### **OBJETIVO**

Se experimentó en laboratorio, con un sistema de agitación magnético y se encontró el tiempo  $[\theta]$  que tarda en disolver una pequeña porción de tinta, controlando la velocidad de agitación y la temperatura de la muestra, con una muestra en blanco (solución nueva), y



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



así obtener una referencia del tiempo que se tarda en disolver la tinta en la solución de limpieza.

Se debe realizar la misma prueba con la solución de limpieza tratada proveniente de la planta “Aqua-Save” y así poder comparar el tiempo que se tarda en disolver la tinta en la solución de limpieza para definir los rangos en los que la solución de limpieza se encuentre en condiciones óptimas para su uso.

### **ALCANCE**

Determinar el tiempo que se tarda en disolver una pequeña muestra de tinta en solución nueva y contrastarla con la solución de limpieza proveniente de planta “Aqua-Save”, esta prueba se realizará con las tintas usadas para imprimir la denominación de 500 pesos.

### **HIPOTESIS**

Variable independiente X=Solución de limpieza

Variable dependiente Y=Problemas de impresión en máquina

Es posible que la solución de limpieza no esté en condiciones de operación, si es que después de un determinado tiempo, la solución de limpieza no ha disuelto la tinta.

### **MATERIAL Y EQUIPO**

Esta prueba se realizó para determinar la calidad de la solución de limpieza para las tintas usadas en el proceso de impresión calcográfica de las máquina Intaglio con una denominación de \$500 pesos.

Reactivos

- Para la solución de limpieza
  - 983 ml. Agua Suave 5°Franceses
  - 13 ml. Hidróxido de Sodio Dilución al 50%
  - 4 ml. Surfac HB7 al 47%



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



- Tintas A
  - 0.5 g. Café 500 F-31
  - 0.5 g. Café 500 F-32
  - 0.5 g. Violeta 500 F-33
  - 0.5 g. Ovi magenta verde

#### Materiales

- Termómetro 0-100 °C (Inmersión parcial)
- Probeta 1 L
- Probeta 20 ml
- Vaso de precipitado 100 ml
- Vaso de precipitado 1 L
- Espátula
- Vidrio de reloj

#### Equipo

- Agitador magnético (Parrilla de calentamiento con agitación)
- Balanza analítica

#### Técnica

Primero se preparó la solución de limpieza nueva, midiendo los siguientes volúmenes: 983 ml de agua suave, 13 ml de NaOH y 4 ml de SurfachB7. Una vez teniendo los 3 componentes en el vaso de precipitado se procede a mezclar con ayuda del agitador magnético, manteniendo constante la velocidad de agitación y conservando una temperatura de 45°C mediante la parrilla de calentamiento.

Se tomó una muestra en un vaso de precipitado 30 ml de solución nueva (lo mismo se hizo con solución de máquina), se agregó al vaso el agitador magnético y se mantuvo constante la velocidad de agitación (No. 4) en la parrilla de calentamiento al igual que la temperatura (45°C).



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Después se pesaron 0.5 gramos de tinta café 500 F-31 (esto se hizo para cada tipo de tinta mencionada en la lista de reactivos), una vez pesado la muestra de tinta se procede a agregar la muestra de tinta en el vaso de precipitado que está a una velocidad de agitación y temperatura constante, para después observar el tiempo que tarda en saturarse la solución de limpieza esto con ayuda de una lámpara, es decir cuando ya no pasaba la luz en la muestra se detenía el cronometro y se daba por concluida la prueba.

### **3) EXPERIMENTO II “PRUEBA DE JARRAS”**

#### **OBJETIVO**

Definir una metodología de pruebas a seguir para establecer los rangos permisibles de la solución de limpieza para un tipo de denominación y un tipo de tinta dentro del proceso de impresión calcográfica, con el fin de disminuir fallas de impresión.

#### **ALCANCE**

Determinar la calidad de la solución de limpieza que llega a las máquinas Intaglio mediante pruebas cuyos resultados sean fáciles de determinar al momento. Esta prueba se realizara con las tintas usadas para imprimir la denominación de 500 pesos.

#### **HIPOTESIS**

Variable independiente X=Solución de limpieza

Variable dependiente Y=Problemas de impresión en máquina

Si la turbidez de la solución de limpieza es alta, causará problemas en la máquina (disolver tinta) y en la impresión (rayas), en caso contrario si la solución de limpieza presenta muy poca turbidez en la solución reciclada, puede contener un exceso de nalcolyte y este a su vez provoque los problemas de velo en la impresión.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## **MATERIAL Y EQUIPO**

Esta prueba se realizó para determinar la calidad de la solución de limpieza para las tintas usadas en el proceso de impresión calcográfica de la máquina Intaglio con una denominación de \$500 pesos.

### Reactivos

- 20 L. Solución de limpieza del tanque 401 de planta “Aqua-Save”
- 250 ml. Nalcolyte
- 25 g. Perlita

### Materiales

- Vaso de precipitado 2 L
- Probeta 20 ml
- Vaso de precipitado 100 ml
- Espátula
- Soporte Universal
- Pinza de tres dedos
- Embudo de vidrio de tallo largo

### Equipo

- Equipo de Jarras
- Balanza analítica
- Turbidímetro Kit

## **TÉCNICA**

Se colocaron 2000 ml (2 L) de solución de limpieza del tanque 401 de planta “Aqua-Save” en cada uno de los vasos de precipitado del equipo de jarras y se acomodaron los 6 vasos en el equipo de jarras (Ver Fig. 6).





“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



Fig. 6 Muestras de solución de limpieza del tanque 407 de planta “Aqua-Save”

- Mezcla rápida. Para simular la mezcla rápida, se comenzó mezclando los seis vasos a 100 rpm. Dosificando la cantidad de nalco en cada uno de los vasos lo más rápido posible, tratando de aplicarlo al mismo tiempo. El tiempo de mezcla rápida fue de 30 segundos.

Si se añade un reactivo adicional “perlita”, éste deberá ser dosificado por separado antes de que termine el periodo de mezcla rápida puesto que puede reaccionar con el nalcolyte.

- Floculación. El proceso de floculación se simuló aplicando el mezclado gradual inmediatamente después de la mezcla rápida siguiendo las instrucciones, mencionadas en el MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO de la Comisión Nacional del Agua:



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



7.5 min a 70 rpm       $Gxt = 60 \frac{1}{seg} \times 7.5 \text{ min} \left( \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) = 27,000$

7.5 min a 40 rpm       $Gxt = 30 \frac{1}{seg} \times 7.5 \text{ min} \left( \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) = 13,500$

5 min a 25 rpm       $Gxt = 15 \frac{1}{seg} \times 5 \text{ min} \left( \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) = 4,500$

Total de tiempo requerido para la coagulación 20 min G x t (aproximado) = 45,000

Un criterio a seguir es que el producto G x t sea igual a 50,000 (t en segundos) y el tiempo mínimo de mezclado de 15 minutos.

El cálculo del gradiente (G, en s<sup>-1</sup>) puede obtenerse a partir de información de los proveedores de equipo o empleando la siguiente fórmula, para mezclado mecánico con paletas (Kawamura, 1991):

$$\sqrt{\frac{C_D * A * v^3}{2n * V}}$$

Dónde:

C<sub>D</sub>: Coeficiente de arrastre de la paleta, depende de la forma de la paleta, para paletas rectangulares depende de la relación largo/ancho de acuerdo con los siguientes valores:

Relación largo/ancho	CD
<b>1</b>	1.15
<b>5</b>	1.2
<b>20</b>	1.5

A: Área transversal de las paletas (en m<sup>2</sup>)

v: Velocidad relativa de las paletas con respecto al fluido (en m/s), siendo de entre 0.5 y 0.75 veces la velocidad del extremo de la paleta, puede obtenerse con la fórmula  $v = f \times \pi \times D \times n$ , donde f es el factor considerado (0.5 a 0.75);  $\pi = 3.1416$ ; D es el diámetro de giro de la paleta y n es la velocidad de agitación por segundo (rpm/60)



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



$\eta$  : viscosidad cinemática del agua (a 20° C =  $1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ), se utilizó este símbolo para no confundirlo con la velocidad relativa,

V: Volumen del vaso de precipitado en el que se realiza la prueba (en  $\text{m}^3$ )

Las dosificaciones se muestran en la siguiente tabla:

Vaso	Reactivo	
	Nalco [ml]	Perlita [g]
1	3	0,2
2	5	0,5
3	10	1
4	20	0,5
5	30	0,5
6	40	0,5
7	50	0,5
8	3	5,1
9	25	0,5
9'	25	3,5

Tabla 2 Dosificación de reactivo para las diferentes muestras

- Sedimentación. Se dejó sedimentar por 20 minutos evitando que los vasos estén expuestos a la luz solar.
- Muestreo. Cuidadosamente se decantaron aproximadamente 150 ml del sobrenadante de cada vaso, evitando alterar las partículas sedimentadas, y se tomó la turbidez de la muestra filtrada.

A la par de estos ensayos, se estuvieron tomando muestras del tanque 331 de “Aqua-Save” para observar y monitorear el proceso de coagulación-floculación de la planta que abastece de solución de limpieza a la máquina Intaglio.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



# **CAPÍTULO:**

# **4. RESULTADOS**



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



En este capítulo se muestran los resultados que se obtuvieron durante la realización de los experimentos que se propusieron en el capítulo 3:

**Experimento I:** Para la realización de este es importante mencionar que el experimento se planeaba hacer con cada una de las tintas mencionadas en la lista de reactivos del capítulo 3 pero se decidió acotar el experimento, usando solo una tinta y es la que se usa en mayor cantidad (500 F-31) dentro de la impresión calcográfica.

La Tabla 3 Muestra los resultados sobre el tiempo que tarda en saturarse la solución de limpieza cuando es nueva y cuando es reciclada; este se hizo con la tinta (500 F-31), manteniendo una temperatura de 45°C aproximadamente en la solución de limpieza. La figura número 7 muestra el efecto de disolución de tinta entre la solución de limpieza nueva contra solución reciclada en forma de una gráfica.

**Experimento II:** Se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de jarras, tanto de turbidez como de las dosificaciones utilizadas para la realización del experimento.

La tabla 4 muestra la dosificación de reactivo (floculante y coagulante) utilizado para las diferentes muestras propuestas y los resultados obtenidos de turbiedad para cada una. Y así poder concluir cual es el mejor filtrado (menor turbiedad) dentro de las pruebas propuestas.

La tabla 5 presenta los resultados de turbiedad que se muestrearon de la solución de limpieza del tanque 331 de la planta “Aqua-Save”, el tanque 331 es el que contiene la solución ya tratada por parte de la planta “Aqua-Save”. La figura 8 muestra el comportamiento (turbiedad) que tiene la solución de limpieza del tanque 331.

La tabla 6 muestra los muestreos hechos por el laboratorio del Banco de México sobre la composición de la solución de limpieza usada en las máquinas Intaglio. Por último la figura 9 muestra una gráfica sobre los muestreos hechos por el laboratorio del Banco de México sobre la composición de la solución de limpieza usada en las máquinas Intaglio.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 1. EXPERIMENTO I

Café 500 F-31	Sol. Nueva	Sol. Reciclada
Muestra	Tiempo [θ]	Tiempo [θ]
1	17	
2	20	
3	18	42
4	18	37
5	15	38
6	20	35
7	14	35
8	14	43
9	15	45
10	14	38

Tabla 3 Resultados sobre el tiempo que tarda en saturarse la solución de limpieza cuando está es nueva y cuando es reciclada.

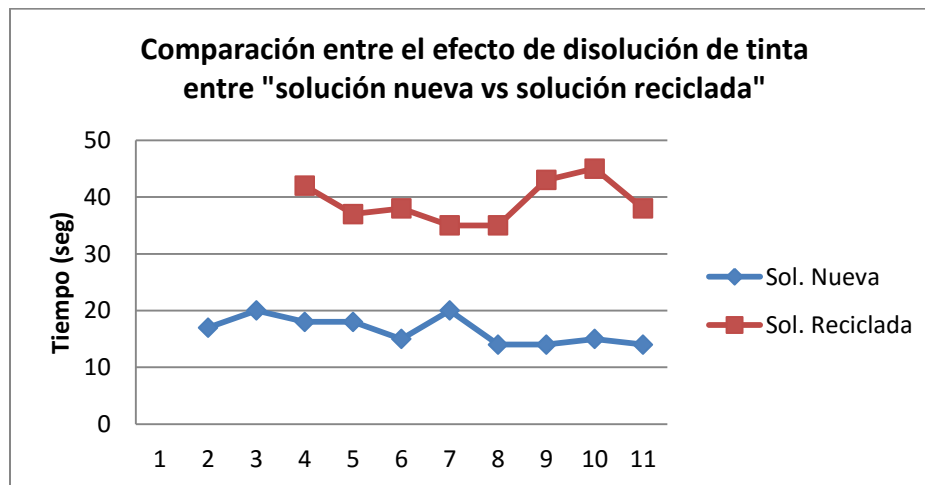


Fig. 7 Gráfica “Comparación entre el efecto de disolución de tinta entre solución limpieza nueva vs solución reciclada”



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 2. EXPERIMENTO II

- La muestra 0 se hizo con 1100 ml de solución del tanque 401 de “Aqua-Save” siguiendo los pasos de la página 39.
- Las muestras 1 a 7 se hicieron con un tiempo de agitación de 20 minutos, pero a una velocidad constante de 30 rpm
- Las muestras 8 y 9 se hicieron con un tiempo de agitación de 35 minutos, a una velocidad de 30 rpm.

		Reactivo		Turbiedad Final
Vaso	Muestra	Nalco [ml]	Perlita [g]	NTU
0	1	25	2	31.5
	2			32
	3			31.6
Vaso	Muestra	Nalco [ml]	Perlita [g]	Turbiedad Final
1	1	3	0,2	41,6
	2			35,3
	3			31,6
2	1	5	0,5	34,8
	2			35,4
	3			33,4
3	1	10	1	52,7
	2			44,4
	3			44,7
4	1	20	0,5	194
	2			194
	3			192
5	1	30	0,5	176
	2			159
	3			154

Tabla 4 Dosificación de reactivo para las diferentes muestras y resultado de turbiedad para cada una de ellas.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Vaso	Muestra	Reactivo		Turbiedad final
		Nalco [ml]	Perlita [g]	NTU
6	1	40	0,5	210
	2			216
	3			216
7	1	50	0,5	226
	2			218
	3			226
8	1	3	5,1	802
	2			803
	3			802
9	1	25	0,5	333
	2			334
	3			332
9'	1	25	3,5	7,62
	2			7,1
	3			6,98

Tabla 4 Dosificación de reactivo para las diferentes muestras y resultado de turbiedad para cada una de ellas (continuación).





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



A la par de estos ensayos, se estuvo tomando muestras del tanque 331 de “Aqua-Save” y los resultados fueron los siguientes:

<b>Muestra turbiedad (NTU)</b>				
<b>Fecha</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Turbiedad promedio</b>
<b>06/08/2015</b>	13,50	13,80	13,90	13,73
<b>07/08/2015</b>	97,50	93,10	95,20	95,27
<b>10/08/2015</b>	28,80	30,10	30,50	29,80
<b>11/08/2015</b>	16,90	16,70	16,70	16,77
<b>12/08/2015</b>	28	27,70	28,70	28,13
<b>13/08/2015</b>	213	198	198	203,00
<b>14/08/2015</b>	187	187	186	186,67
<b>17/08/2015</b>	115	114	116	115,00
<b>18/08/2015</b>	50,8	50,4	50	50,40
<b>19/08/2015</b>	29,5	29,5	29,6	29,53
<b>20/08/2015</b>	14,9	14,9	15,1	14,97
<b>21/08/2015</b>	12,9	13,3	12,3	12,83
<b>24/08/2015</b>	35,7	35,4	36,3	35,80
<b>25/08/2015</b>	21,5	21,4	21,7	21,53

Tabla 5 Resultados de turbiedad de la solución de limpieza del tanque 331 de planta “Aqua-Save”



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”

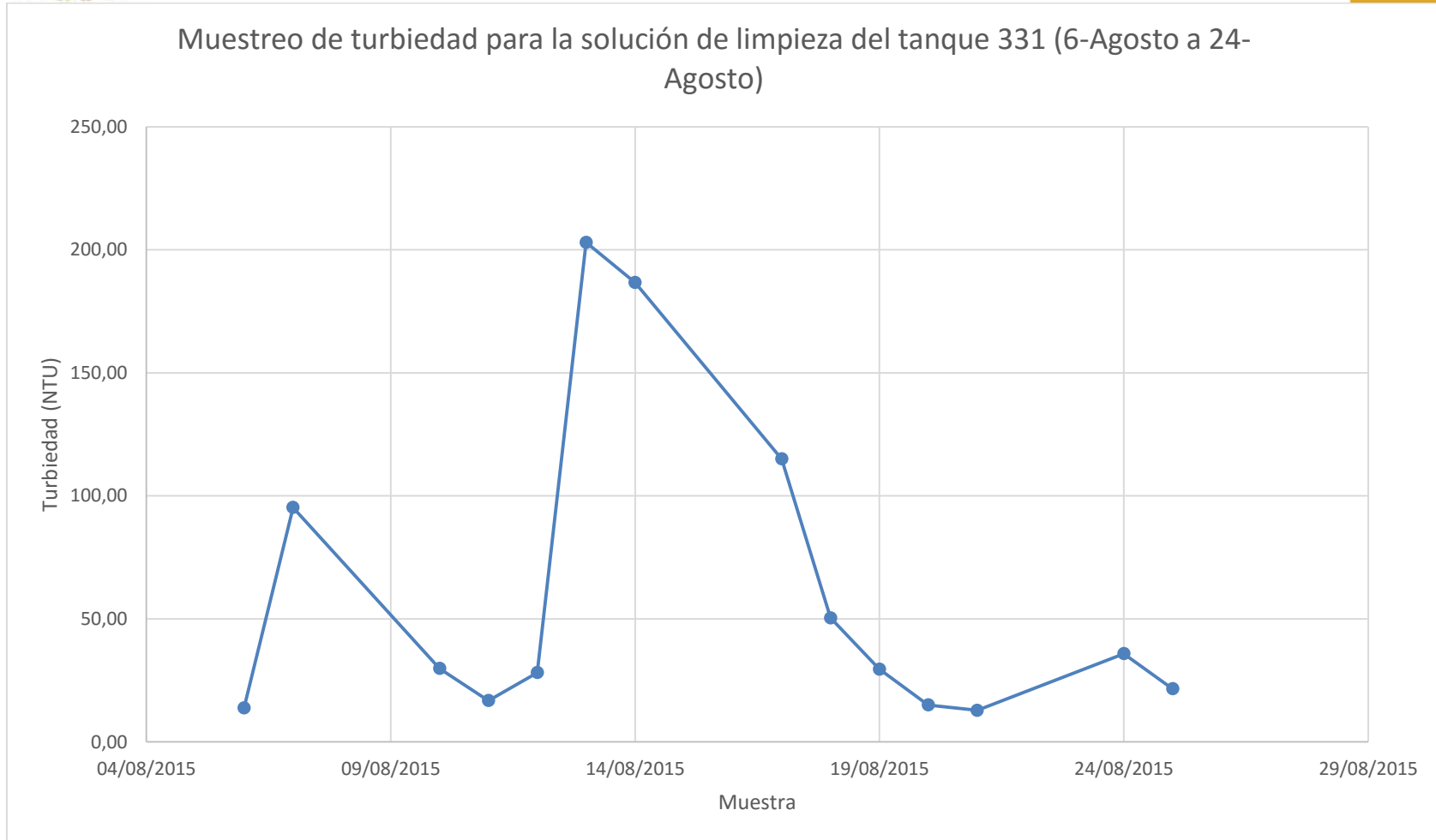


Fig. 8 Gráfica “Muestreo de turbiedad para la solución de limpieza del tanque 331”



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Fecha	HORA	% TENSOACTIVO	% NaOH	PH	TEMPERATURA [°C]	MÁQUINA
<b>06/08/2015</b>		<b>0,159</b>	<b>1,122</b>			
<b>07/08/2015</b>		<b>0,159</b>	<b>1,122</b>			
<b>10/08/2015</b>	10:30 AM	0,159	1,122	13,13		I2
<b>11/08/2015</b>	12:00 PM	0,159	1,117	13,08		I2
<b>12/08/2015</b>		<b>0,159</b>	<b>1,117</b>			
<b>13/08/2015</b>	12:00 PM	0,179	1,131	13,05		I2
<b>14/08/2015</b>	3:30 PM	0,179	1,142	13,07		I2
<b>17/08/2015</b>	11:00 AM	0,139	1,135	13,08		I2
<b>18/08/2015</b>	11:30 AM	0,159	1,142	13,06		I2
<b>19/08/2015</b>	11:30 AM	0,139	1,145	13,05		I2
<b>20/08/2015</b>		<b>0,139</b>	<b>1,145</b>			
<b>21/08/2015</b>		<b>0,139</b>	<b>1,145</b>			
<b>24/08/2015</b>	12:00 PM	0,179	1,17	13,04		I2
<b>25/08/2015</b>	12:20 PM	0,169	1,134	13,03		I2

Tabla 6 Muestreo hecho por laboratorio del Banco de México sobre la composición de la solución de limpieza.

Los números que aparecen en **negritas** son porque ese día no hubo muestreo de la solución de limpieza por parte de Laboratorio y se replica el resultado del día anterior esto con el fin de poder llenar la tabla y así representarlo en una gráfica.



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”

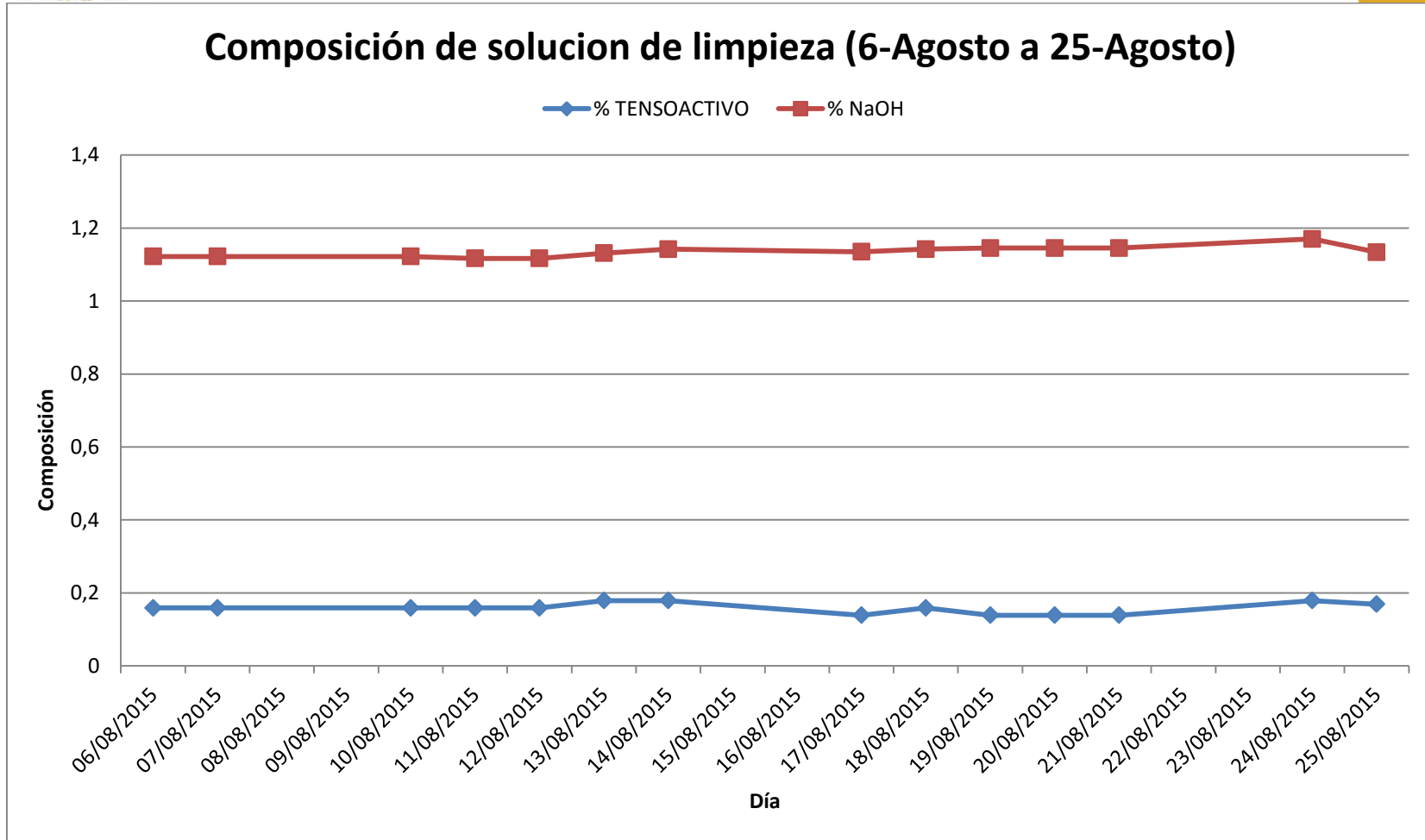


Fig. 9 Gráfica “Composición de solución de limpieza (6-Agosto a 25 de Agosto)”



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



# **CAPÍTULO:**

# **5. CONCLUSIONES**



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## 1. EXPERIMENTO I

En el primer experimento se observó el comportamiento de la solución de limpieza tratando de controlar las variables y simular el comportamiento de ésta dentro de la máquina, por lo que se concluye lo siguiente:

- Cuando la solución de limpieza es nueva tarda aproximadamente de 14 a 20 segundos en saturarse la solución de limpieza de tinta 500 F-31.
- Cuando la solución es reciclada se observó que tarda en saturarse la solución de tinta 500 F-31 entre 35 y 45 segundos.

Por lo que no se pudo corroborar la hipótesis para este experimento “Es posible que la solución de limpieza no esté en condiciones de operación, si es que después de un determinado tiempo, la solución de limpieza no ha disuelto la tinta”, debido a que el rango de tiempo es de 10 unidades cuando la solución es tratada y durante este rango se presentaron aleatoriamente problemas con la solución de limpieza.

El primer experimento ayudó a indagar más sobre qué es lo que provocaba que la solución de limpieza no cumpliera con su fusión correctamente en el proceso de impresión calcográfico y esto dió origen al segundo experimento “prueba de jarras”.

## 2. EXPERIMENTO II

En este experimento se pudo analizar una propiedad adicional de la solución de limpieza, en este caso fue la turbidez, la cual mostró un hallazgo interesante sobre las propiedades de la solución de limpieza, si bien no se debe cambiar la composición química de la solución de limpieza, es necesario tener cuidado en la turbidez de la misma, debido a que si se sale del rango que se define, la solución de limpieza puede provocar problemas dentro del proceso de impresión calcográfico.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



El experimento de prueba de jarras ayudo a observar cual es el punto más bajo de turbidez que se puede lograr simulando la floculación-coagulación con el equipo de jarras y a su vez compararlo con los obtenidos de la planta “Aqua-Save”.

Por lo que la solución de limpieza en máquina debe de llegar con las siguientes propiedades:

<b>Propiedad</b>	
<b>NAOH</b>	1%
<b>Tensoactivo</b>	0.20%
<b>Agua suave</b>	98.8%
<b>Turbidez</b>	13-50NTU

De acuerdo a los resultados en la operación de Intaglio, la turbidez de la solución de limpieza se debe de mantener en el siguiente rango 13-50 NTU, pero si no se cumple con el rango puede generar problemas de acumulación de tinta. Por lo cual se corrobora la primera parte de la hipótesis de este experimento, “Si la turbidez de la solución de limpieza es alta, causará problemas en la máquina (disolver tinta) y en la impresión (rayas)”

La segunda parte de la hipótesis “en caso contrario si la solución de limpieza presenta muy poca turbidez en la solución reciclada, puede contener un exceso de nalcolyte y este a su vez provoque los problemas de velo en la impresión”, no se pudo comprobar, debido a que se requería de equipo adicional y no se contaba con más tiempo para analizar tanto las pruebas que se hicieron en la “prueba de jarras” como las muestras que se tomaron del tanque 331 de la planta “Aqua-Save” para ver si las muestras contenían un exceso de floculante (nalcolyte) que comprobara la segunda parte de la hipótesis.



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## Interpretación física de resultados

Si las muestras nos presentan resultados altos de turbiedad, aproximadamente arriba de 50 NTU es muy probable que se tenga problemas para disolver la tinta, lo cual nos provocará acumulación de tinta en la cuba de limpieza, además de problemas de manchas en la impresión. El rodillo de limpieza adquiere el color de la tinta y la fibra empieza a saturarse de tinta, impidiendo una buena limpieza.

En caso contrario, si la muestra presenta una turbidez menor a 50 NTU la solución de limpieza trabajará adecuadamente con el rodillo de limpieza. El rodillo se observara brillante además de que no existira un exceso de fricción (rechinido).

## Recomendaciones

- ❖ Para tener una mayor efectividad con la solución de limpieza, se debe implementar el muestreo de “prueba de jarras” en “Aqua-Save”, con el fin de tener un mejor control.
- ❖ En máquina se debe suministrar un flujo constante de solución de limpieza en la cuba, por ambas máquinas y en los 2 o 3 turnos, esto es con el propósito de no desestabilizar el proceso en “Aqua-Save”.
- ❖ Químicamente se recomienda que el proceso de floculación se haga a temperatura ambiente, debido a que se presenta un mayor consumo de reactivo cuando la solución de limpieza presenta una temperatura diferente a la temperatura ambiente.





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



# **CAPÍTULO: 6. ANEXOS**

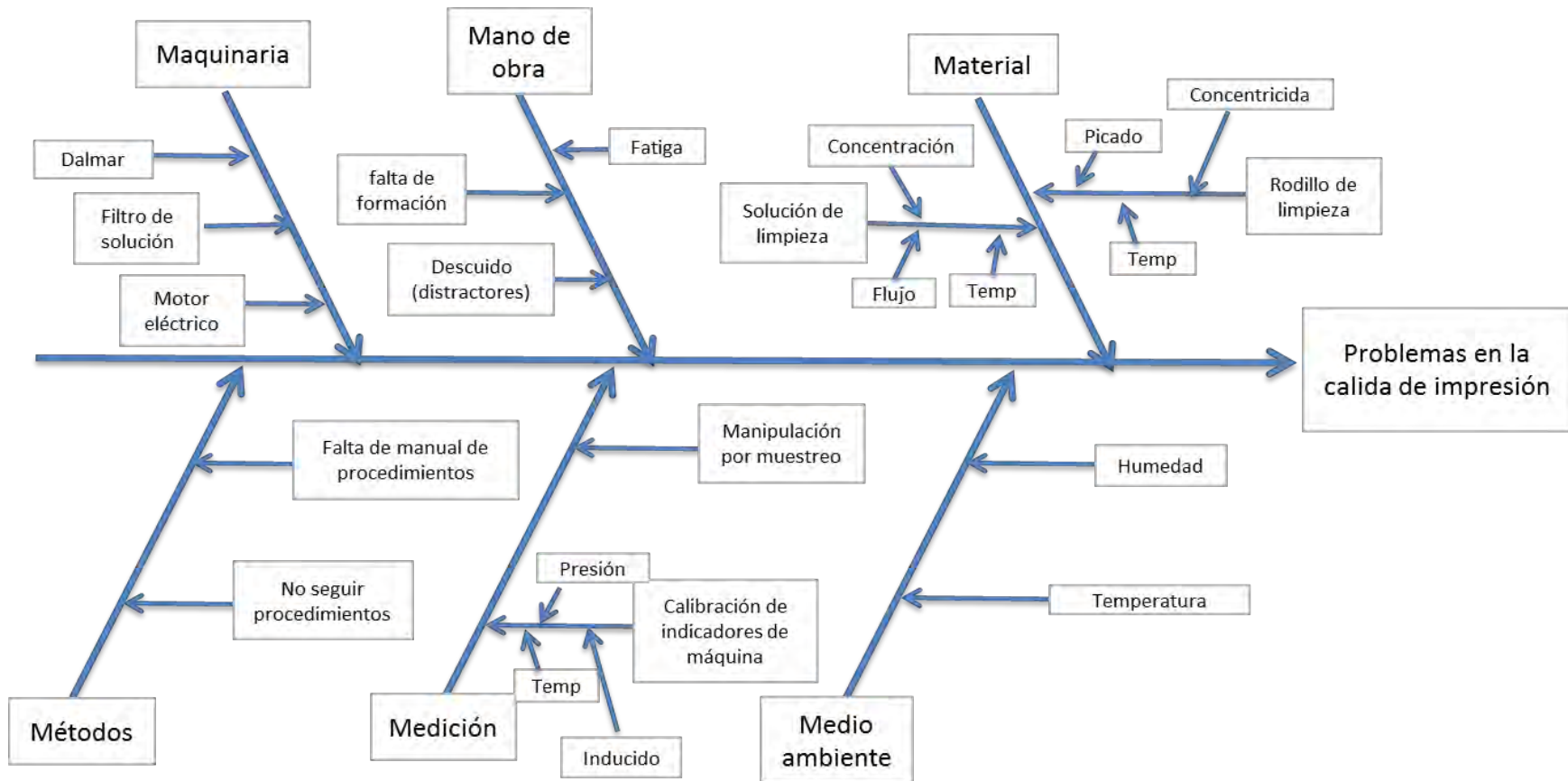


“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 1) DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

### 1.1) “PROBLEMAS EN LA IMPRESIÓN”

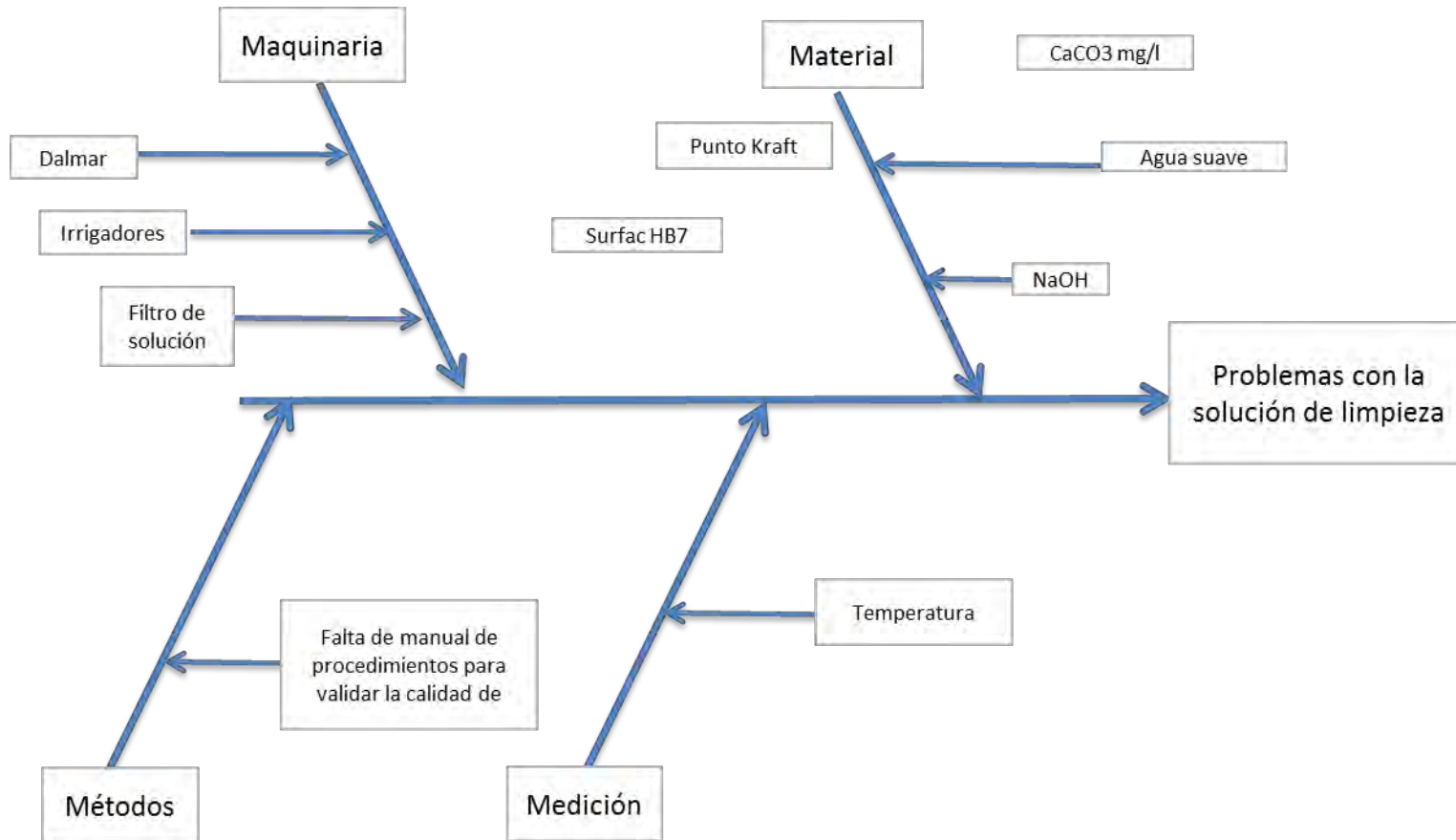




“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



## 1.2) “SOLUCIÓN DE LIMPIEZA”





**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



## 2) MATRIZ CAUSA-EFECTO “PROBLEMAS EN LA IMPRESIÓN”

Posibles causas de los problemas que se presentan en la impresión.	Nivel de importancia	CTQ's relacionados con los problemas en la calidad de impresión en máquinas Intaglio				Valor asignado de acuerdo a la incidencia de casos	
		10	9	5	3	Calif. Matriz causa-efecto	%
	Entradas al proceso	Manchas en la impresión	Ruinas en la impresión	Problemas de velo en impresión	Falta de tinta en la impresión		
Material	Rodillo de limpieza	8.86	5.86	2.71	0.71	151.14	15.02
	Solución de limpieza	5.00	5.43	7.57	0.57	133.00	13.22
	Planchas	3.57	1.29	3.57	2.71	72.00	7.16
Maquina	Dalmar	4.57	1.86	0.86	4.14	77.29	7.68
	Motor eléctrico (Inducido)	8.86	4.29	2.86	0.86	139.71	13.88
	Filtro de solución	5.14	6.57	3.14	1.29	123.57	12.28
Mano de obra	Fatiga	2.14	2.29	1.29	1.71	51.29	5.10
	Distractores	3.43	3.29	0.71	2.86	72.71	7.23
	Falta de formación	2.00	2.00	1.43	2.14	49.57	4.93
Métodos	Falta de manual de procedimientos para operar máquina	0.86	0.57	0.00	0.57	14.86	1.48
	No seguir procedimientos	1.43	1.14	0.43	0.71	27.71	2.75
Medición	Manipulación por muestreo	2.71	1.57	0.00	0.71	41.86	4.16
	Calibración de indicadores principales de máquina (P, T, Inducido)	2.86	2.00	0.29	1.86	51.57	5.12
Medio ambiente	Humedad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Temperatura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
						1006.29	100.00

Este valor está dado por los operadores de máquina de acuerdo a su expertis

Problemas (defectos) que se presentan durante la impresión

Promedio de la evaluación realizada por medio de una encuesta

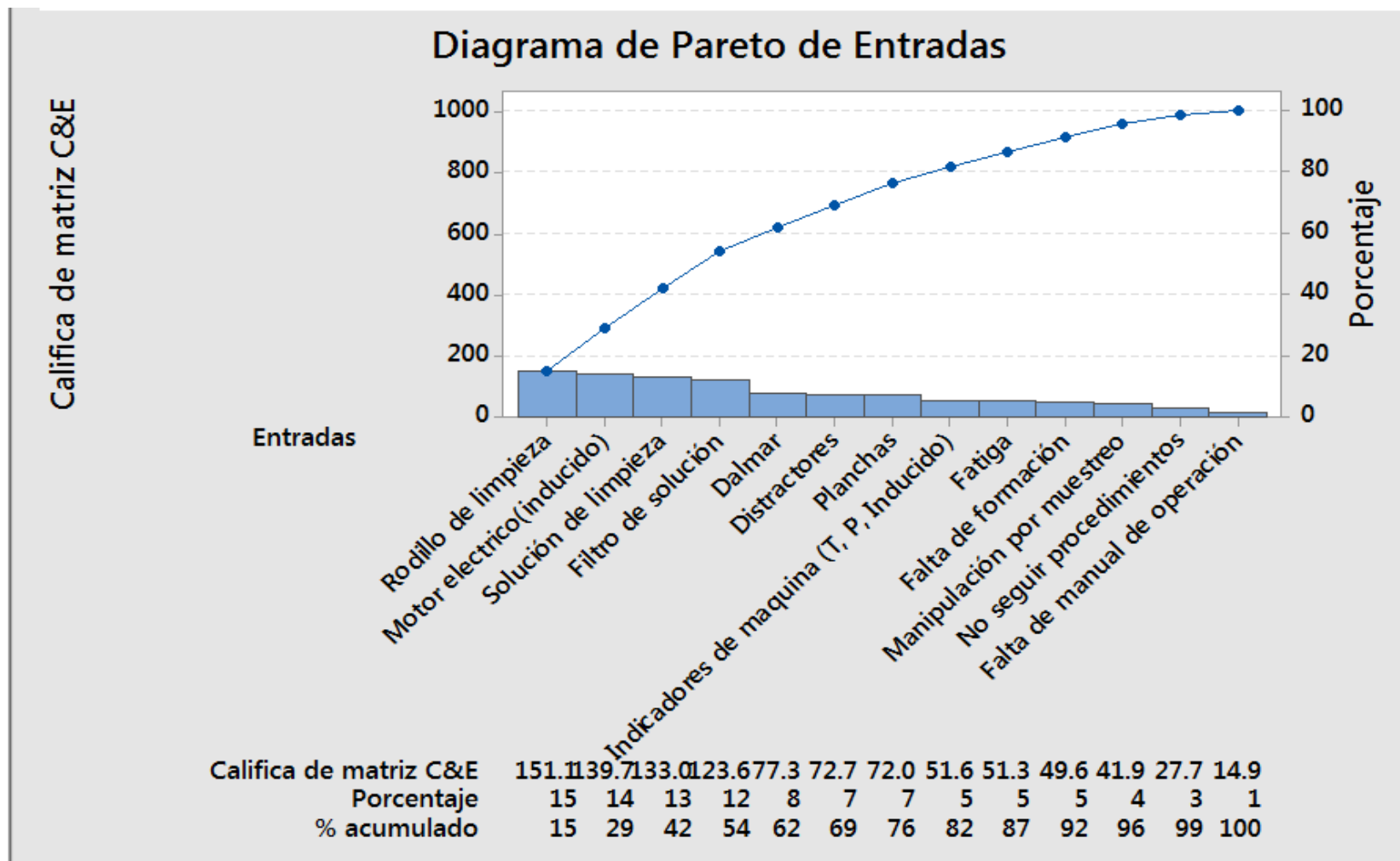
Calificación de matriz=  $Niveles\ de\ importancia * (Valor\ correspondiente\ dado\ por\ los\ operadores\ de\ máquina)$



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



### 3) DIAGRAMA DE PARETO “PROBLEMAS EN LA IMPRESIÓN”





“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



#### 4) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL NaOH

<b>Nombre del producto:</b>	Sosa caustica escamas
<b>Nombre químico:</b>	Hidróxido de sodio
<b>Formula química</b>	NaOH
<b>Peso molecular [g/mol]</b>	40
<b>Punto de ebullición (760 mm Hg)= [°C]</b>	1390
<b>Presión del vapor (mm. Hg 20°C)</b>	NA
<b>Densidad del vapor aire 1.0</b>	NA
<b>Solubilidad en agua a[20°C] :</b>	11 partes por 100 partes de agua
<b>Punto de fusión=[°C]</b>	318.6
<b>Apariencia y color</b>	Sólido en escamas
<b>Peso específico:</b>	2.13
<b>Ph SOL. 5%</b>	14
<b>% de volatilidad (por volumen)</b>	N.A.

#### 5) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS SURFAC HB7

<b>Nombre del producto:</b>	Surfac HB7
<b>Masa molecular relativa media [g/mol]</b>	265-269
<b>Densidad (20°C)=[kg/l]</b>	1.075



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



<b>Viscosidad cinemática (20°C)=[mm<sup>2</sup>/s]</b>	50-100
<b>Clear point =[°C]</b>	16
<b>Contenido de formaldehído (%)</b>	0.2269
<b>Apariencia y color a 20°C</b>	Líquido de color ámbar

## 6) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS NALCOLYTE

<b>Nombre del producto</b>	<b>Nalcolyte(R) 8100</b>
<b>Apariencia y color</b>	Líquido transparente amarillo claro
<b>Olor</b>	Amoniacal
<b>Punto de inflamación</b>	>93.3 °C
<b>Densidad relativa @20°C</b>	1.16
<b>Densidad</b>	9.68 lb/gal
<b>Solubilidad (agua)</b>	Completamente soluble
<b>Viscosidad</b>	560 cst @21°C
<b>pH</b>	3.3

## 7) PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS PERLITA

<b>Nombre del producto</b>	<b>Silicoaluminato de Sodio y Potasio</b>
<b>Fórmula</b>	Mezcla (dos o más elementos mezclados sin proporciones fijas y sin enlaces químicos).
<b>Apariencia y color</b>	Polvo de color blanco
<b>Punto de ebullición</b>	No aplica





“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



<b>Presión de vapor</b>	No aplica
<b>Punto de fusión</b>	No aplica
<b>pH</b>	6.5-7.5

## 8) COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN DE LIMPIEZA

La solución de limpieza se compone del 1% Hidróxido de sodio, 0.20% Surfacc HB7 y 98.8% Agua suave, esta composición ya está caracterizada para su uso en máquina. Para nuestra experimentación partimos de esos valores de composición, usamos 1 litro de solución de limpieza para lo cual se requirió 13 ml de NaOH, 4 ml de Surfacc HB7 y 983 ml de Agua Suave, los cálculos se muestran en la memoria de cálculo.

## 9) MEMORIA DE CÁLCULO

### 9.1) SOLUCIÓN DE LIMPIEZA

Porcentaje en masa (Sustancia pura)

$$\% \frac{m}{m} = \frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa de solución}} \times 100 = \frac{1 \text{ g NaOH}}{100 \text{ g solución}} \times 100 = 1\% \text{ NaOH}$$

$$\% \frac{m}{m} = \frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa de solución}} \times 100 = \frac{0.2 \text{ g SHB7}}{100 \text{ g solución}} \times 100 = 0.20\% \text{ SHB7}$$

$$\% \frac{m}{m} = \frac{\text{masa de soluto}}{\text{masa de solución}} \times 100 = \frac{98.8 \text{ g H}_2\text{O}}{100 \text{ g solución}} \times 100 = 98.8\% \text{ H}_2\text{O}$$

Sustancia	Peso molecular [g/mol]	Concentración [%]	Densidad [g/ml]
<b>NaOH</b>	40	50	1.50
<b>Surfacc HB7</b>	265-269	47	1.08
<b>Agua</b>	18	0	1.00





“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



Para preparar 1 kg de solución se necesitan las siguientes cantidades de reactivo puro

10 g de NaOH, 2 g de Surfac HB7 y 988 gramos de agua

Cálculo de las cantidades en gramos cuando el producto es diluido

$$\text{Producto diluido} = \frac{\text{gramos del componente}}{\text{Concentración del componente}}$$

$$\text{Producto diluido} = \frac{10 \text{ g de NaOH}}{50 \%} = 20 \text{ gramos NaOH}$$

$$\text{Producto diluido} = \frac{2 \text{ g de Surfac HB7}}{47 \%} = 4.25 \text{ gramos Surfac HB7}$$

$$\text{Agua} = \text{Total de gramos de solución} - \text{gNaOH} - \text{gSurfacHB7}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= 1000\text{g de solución} - 20\text{g de NaOH} - 4.25 \text{ g de Surfac HB7} \\ &= 975 \text{ gramos de agua suave} \end{aligned}$$

Cálculo de las cantidades en mililitros cuando el producto es diluido.

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \therefore \text{volumen} = \frac{\text{masa}}{\rho}$$

$$\text{volumen} = \frac{\text{masa}}{\rho} = \frac{20 \text{ g de NaOH}}{1.5 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} = 13.33 \text{ ml de NaOH}$$

$$\text{volumen} = \frac{\text{masa}}{\rho} = \frac{4.25 \text{ g de Surfac HB7}}{1.08 \frac{\text{g}}{\text{ml}}} = 3.93 \text{ ml de surfac HB7}$$



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



$$\text{Agua} = \text{Total de mililitros de solución} - \text{ml NaOH} - \text{ml SurfacHB7}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua} &= 1000 \text{ ml de solución} - 13.33 \text{ ml NaOH} - 3.93 \text{ ml de Surfac HB7} \\ &= 982.74 \text{ ml de agua suave} \end{aligned}$$

Para hacer 1 litro de solución se necesitan 13 ml de NaOH, 4 ml de Surfac HB7 y 983 ml de agua suave.

## 9.2) PRUEBA DE JARRAS

Para las pruebas 1 a 7 se hizo con un tiempo de agitación de 20 minutos, pero a una velocidad constante de 30 rpm

$$G = \sqrt{\frac{C_D * A * v^3}{2n * V}}$$

- ❖ Relación largo/ancho= 7.5cm/2.5 cm =3 por lo cual le corresponde un  $C_D=3$
- ❖ Área de las paletas  $B \times h = (0.75\text{m})(0.25\text{m}) = 0.001875 \text{ m}^2$
- ❖ Velocidad del extremo de la paleta se obtiene con la siguiente formula  $v = f \times \Pi \times D \times n$  donde  $f$  es el factor considerado (0.5 a 0.75);  $\Pi = 3.1416$ ;  $D$  es el diámetro de giro de la paleta y  $n$  es la velocidad de agitación por segundo (rpm/60)

$$v = (0.75)(3.1416)(0.075\text{m})(30\text{rpm}/60\text{seg}) = 0.0888\text{m/s}$$

- ❖  $\eta$ : viscosidad cinemática del agua (a 20° C =  $1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ).
- ❖  $V$ : Volumen del vaso de precipitado en el que se realiza la prueba (en  $\text{m}^3$ )  $V = 0.002 \text{ m}^3$

$$G = \sqrt{\frac{1.2 * (0.001875\text{m}^2) * (0.0888\text{m/s})^3}{2(1.003 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}) * (0.002\text{m}^3)}} = 19.81 \text{ seg}^{-1}$$

$$Gxt = 19.81 \frac{1}{\text{seg}} \times 20 \text{ min} \left( \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) = 23,772$$



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



Un criterio a seguir es que el producto  $G \times t$  sea igual a  $5 \times 10^4$  (t en segundos) y el tiempo mínimo de mezclado de 15 minutos

Para las pruebas 8 y 9 se hizo con un tiempo de agitación de 35 minutos, a una velocidad de 30 rpm.

$$Gxt = 19.81 \frac{1}{seg} \times 35 \text{ min} \left( \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right) = 41,601$$



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



# CAPÍTULO: 7. BIBLIOGRAFÍA



“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”



- 1) Aguilar, M. (2002). Tratamiento físico-químico de agua residuales coagulación-floculación. Murcia España: Universidad de Murcia.
- 2) Foust, A. (1975). Principio de Operaciones Unitarias. Estados Unidos: CECSA.
- 3) Lapeña, M. (s.f.). Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Alfaomega.
- 4) Mencias R. E., M. F. (2000). Manual de toxicología básica (Vol. 1). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- 5) Perry, J. H. (1974). Manual del Ingeniero Químico Tomo II. Estados Unidos: Hispano-América.
- 6) Reynolds, T. D. (1996). Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. United States of America: PWS-KENT.
- 7) Román, A. L. (1980). *Los Surfactantes: clases, propiedades y usos con herbicidas*. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- 8) Romos O. R., S. (2003). El Agua en el Medio Ambiente: Muestreo y Análisis. Baja California, México: Plaza y Valdés.
- 9) Vinas V, V. R. (1988). Las técnicas tradicionales de restauración: un estudio del RAMP. París.
- 10) Walter J., W. J. (s.f.). Control de la calidad del agua: Procesos físico-químicos. New York, Estados Unidos: Reverte.
  
- 11) Aguas duras y blandas <<http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/aguas-duras-y-blandas#ixzz3ZgXhKyTK>> 14-05-2015 11:30 am
- 12) <[http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Material es%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/EClasificacion%20de%20Tensoactivos.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Material%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/GTZ/EClasificacion%20de%20Tensoactivos.pdf)> 14-05-2015 12:50 pm
- 13) <[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/ata\\_10205.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/ata_10205.pdf)>17-05-201504:00 pm
- 14) <<http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000827/082732so.pdf>>21-05-201512:10 pm



**“IDENTIFICAR LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA DE PAPEL MONEDA Y PLANTEAR UNA SOLUCIÓN PARA DISMINUIR LOS DEFECTOS EN LA IMPRESIÓN EN EL PROCESO DE IMPRESIÓN CALCOGRÁFICA EN EL BANCO DE MÉXICO”**



- 15) <<http://www.guiavase.com/bases/guiavase.nsf/V02wn/tintas?OpenDocument>> 21-05-2015 1:00 pm. y 22-05-2015 10:00 am
- 16) <<http://www.banxico.org.mx/acerca-del-banco-de-mexico/semblanza-historica.html>> 22-09-2015 8:00 pm
- 17) <<http://www.r-chemical.com/la-prueba-de-jarras-en-una-planta-de-tratamiento-de-agua-potable/>> 22-07-2015 10:00 am
- 18) <<https://www.youtube.com/watch?v=Os6z7D1z9c0>> 22-07-2015 11:00 am
- 19) <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19121/Anexo.pdf>> 23-07-2015 8:00 am.
- 20) <<ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Dise%F1o%20de%20Plantas%20Potabilizadoras%20Tipo%20de%20Tecnolog%EDa%20Simplificada.pdf>> 25-07-2015 9:00 pm.