

24/22
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



Ftalocianinas de Uso Industrial



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :

DANIEL ENRIQUE CASTAÑO DELGADO

TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN

1988



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 está 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.

I N D I C E

INTRODUCCION

I.- GENERALIDADES	1
A) Breve Historia	1
B) Estructura	4
C) Propiedades Físicas	11
D) Propiedades Químicas	18
E) Propiedades Toxicológicas	23
F) Usos	24
II.- ANTECEDENTES	28
A) Rutas Sintéticas	28
B) Parte Experimental. Discusión.	45
C) Evaluación de Probabilidades	55
III.- ESTUDIO DE MERCADO	57
A) Generalidades	57
B) Producción, Mercado y Consumo	59
C) Industrias Relacionadas	80
D) Pronóstico del Mercado	87
E) Precios	92

IV.- ESTUDIO MACROECONOMICO Y MICROECONOMICO	95
A) Producto Interno Bruto	96
B) Inflación	105
C) Movimientos Político-Económicos. Balanza Comercial	108
D) Expectativas	112
V.- ESTUDIO TECNICO	121
A) Descripción del Proceso. Balance de Materiales.	121
B) Predimensionamiento	127
C) Localización de la Planta	134
VI.- ANALISIS CONTABLE	135
VII.- ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA. ESTUDIO DE SENSIBILIDAD	146
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	154
IX.- REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA	156

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N .

Desde la segunda mitad de la década de los 1920's, a raíz de su descubrimiento y elucidación estructural, existen en la industria moderna un nuevo tipo de pigmentos orgánicos, con preciosos colores que pueden ser observados en el rango azul al verde del espectro electromagnético. Se trata de las Ftalocianinas.

Como modelo estructural, desde entonces han proporcionado (y lo siguen haciendo aún) un extenso campo en estudios teóricos y experimentales.

Dada la relativa facilidad en su manufactura, la disponibilidad y bajo costo de las materias primas utilizadas en su fabricación, las ftalocianinas se han convertido en un tipo de pigmentos industriales de gran competitividad, desplazando por mucho a sus predecesores: azul ultramarino y azul de hierro. Aunado a lo anterior, los azules y verdes de ftalociana encuentran amplio campo de aplicación como pigmentos, puesto que poseen grandes cualidades: belleza de color, magnífica estabilidad a la luz, calor, ácidos diluidos, álcalis, su insolubilidad en agua y solventes orgánicos. Lo mencionado hace que sean usados en tintas, recubrimientos, plásticos, pinturas, impresiones textiles y de papel, cuero y lacas en-

tre otros, además de haber encontrado otras aplicaciones: catalizadores de algunas reacciones, lubricantes, medicina, fotografía y como fotoconductores.

Lo que se presenta en éste trabajo es una perspectiva en la producción industrial de las ftalocianinas, proponiendo un proceso de producción, demostrando que económicamente resulta rentable, y teniendo como marco de referencia un capítulo de generalidades y uno de investigación básica de su síntesis a nivel laboratorio. Además se incluye: un Estudio de Mercado, en el que se analiza información económica propia de las ftalocianinas, así como industrias relacionadas (Pigmentos, Pinturas, Tintas, etc) con datos históricos y proyecciones a futuro; un Estudio Macro y MicroEconómico, en donde se trata en forma muy general la situación económica actual que vive México; un Estudio Técnico, en donde se predimensiona el equipo a utilizar; un Análisis Contable, en el que se elabora un estudio de los costos que inciden sobre el proyecto; los Estados Financieros Proforma y Estudio de Sensibilidad, involucra dos en la administración a futuro del proyecto propuesto de producción; y finalmente Conclusiones y Recomendaciones sobre el proyecto en forma global.

I.- GENERALIDADES

A) BREVE HISTORIA.

La historia del desarrollo de los compuestos orgánicos ha estado indudablemente ligada a la industria de los colorantes artificiales. Una gran cantidad de materiales tintóreos de importancia comercial fueron sintetizados durante la segunda mitad del siglo XIX.

Ya en pleno siglo XX, el primer cuarto de él se dedicó, fundamentalmente por la gente encargada del progreso de la Química, al desarrollo de nuevos colorantes sintéticos, o al mejoramiento de los antiguos. Pero de hecho ninguna invención importante fue realizada durante éste período. Hasta que se descubrieron las ftalocianinas.

En 1927, de Diesbach y von der Weid describieron un nuevo compuesto azul insoluble, concluyendo que era algún complejo de sales aromáticas de nitrilo con cobre y piridina, de fórmula $[\text{C}_6\text{H}_4(\text{CN})_2 + \text{C}_5\text{H}_5\text{N}]_2 \text{Cu}$. Indudablemente era una ftalocianina, y su error en la determinación de la naturaleza del producto pudo deberse a las dificultades analíticas con que se encontraron al descubrir el nuevo material.

Al año siguiente, Dandridge, Dresher y Thomas patentaron en Gran Bretaña un compuesto orgánico insoluble y colorido, obtenido por la acción del amoníaco sobre anhídrido ftálico,

ftalimida o ftalamida, en presencia de metales. Ellos no ofrecieron teorías acerca de su estructura, ni tampoco lo relacionaron con el descubrimiento de de Diesbach y von der Weid. Sin embargo, la primera aplicación de Dandridge, Dresher y Thomas reseña la preparación de ftalocianina de Fe, y continúa con un suplemento que describe las ftalocianinas de Cu y Ni y reconoce su valor como materiales pigmentarios.

En el año de 1928 fue descubierta accidentalmente la ftalocianina de Fe, en el curso de la producción industrial de ftalimida, por la compañía Scottish Dyes Ltd. El proceso consistía en pasar amoníaco a través de anhídrido ftálico fundido contenido en vasijas de hierro. Se encontró, durante ciertas preparaciones, trazas de impurezas color azul oscuro intenso, formadas en el seno de la imida fundida. El material era estable, cristalino y contenía hierro que no era eliminado por tratamiento con ácido sulfúrico concentrado.

De ésta manera, pudiendo ser de interés académico, el profesor J.F. Thorpe y el Comité de Investigación de Colorantes, de la Imperial Chemical Industries, Ltd. (ICI) tomaron a su cargo en 1929 el estudio de ésta nueva sustancia.

Quien identificó realmente la estructura de los compuestos de Dandridge fue R.P. Linstead, del Imperial Institute of

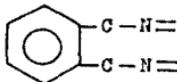
Science and Technology, en Londres. A partir de 1933, Linstead y sus colaboradores presentaron una serie de publicaciones en las que describen la nueva clase de compuestos coloridos, el desarrollo de métodos sintéticos, la determinación de sus propiedades y la extensión y posibles campos de aplicación de las ftalocianinas.

Desde entonces han sido publicados un número considerable de artículos y patentes referidas al tema, asignadas a compañías muy importantes, no sólo en el campo de pigmentos y colorantes, tales como Du Pont de Nemours & Co. Inc., American Cyanamid Co., Imperial Chemical Industries Ltd., Sumitomo Chemical Industries Co., Farwerke Hoechst A.G., CIBA-GEIGY A.G., BASF A.G., Monsanto Chemical Co., Xerox Corp., etcétera.

B) ESTRUCTURA.

Los pigmentos de ftalocianina, que deben su nombre a su origen (a partir de un material ftálico) y a su color azul verdoso, poseen una estructura cíclica formada por la condensación entre sí de 4 núcleos isoindólicos mediante enlaces de nitrógeno, resultando en una formación similar a la de las porfirinas. Una comparación notable es que las porfirinas, por ejemplo la hemina y la clorofila (complejos metálicos de Fe y Mg respectivamente) se encuentran libres en la naturaleza, a diferencia de las ftalocianinas, que son compuestos netamente sintéticos no encontrados en forma natural.

Linstead en 1934 propuso la posible estructura con base en las evidencias de síntesis y descomposición. El resultado de sus investigaciones demostró la presencia del esqueleto:



Para lograr la unidad estructural anterior podría partirse de un anillo isoindólico con átomo de nitrógeno extracíclico (Fig. 1) o de un anillo de ftalazina (Fig. 2).

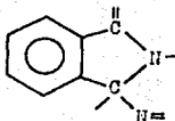


Fig. 1

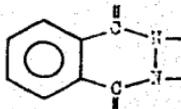


Fig. 2

La evidencia disponible se inclinaba más por la primera fórmula. Además, la intensidad en el color de las ftalocianinas indica que su molécula no puede estar conformada exclusivamente de un solo anillo isoindólico.

También se encuentra la consideración de que si las ftalocianinas estuvieran compuestas por 4 anillos de ftalazina, estarían necesariamente unidas directamente unas a otras y la formación de un derivado metálico sería muy difícil de explicar. Lo anterior conduce a la estructura cíclica siguiente, que explica la gran estabilidad de las ftalocianinas (Fig. 3) y la gran facilidad con que pueden formarse los complejos metálicos (Fig. 4).

La Fig. 3 representa a una ftalocianina exenta de metal.

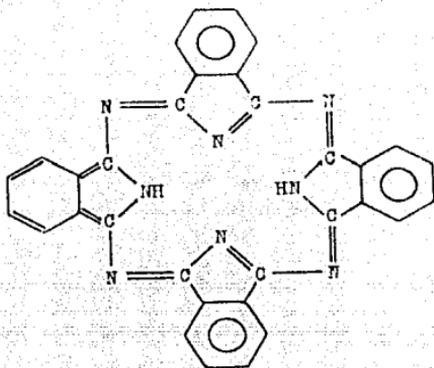


Fig. 3

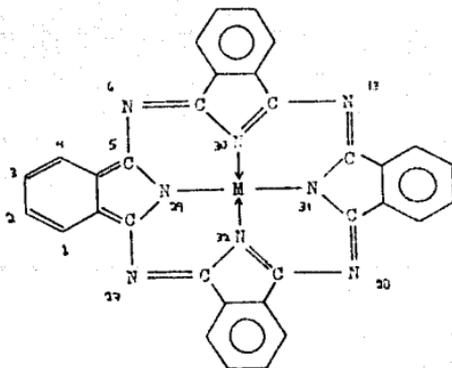


Fig. 4

La Fig. 4 representa un complejo metálico, donde M es un metal, por ejemplo el Cu^{2+} , unido a la estructura por medio de enlaces covalentes y enlaces covalentes coordinados, lo que confiere gran estabilidad a la molécula. Linstead mismo lo mencionó en su artículo del año de 1934: "La estabilidad del compuesto de cobre en fase vapor a 580°C resultaría inconcebible si el metal estuviera sostenido únicamente por enlaces coordinados".

CONEXION CON LAS PORFIRINAS.

Como se ha mencionado, las ftalocianinas tienen conexión con las porfirinas (por ejemplo clorofila y hemina), de las que el núcleo fundamental es el mostrado en la Fig. 5 :

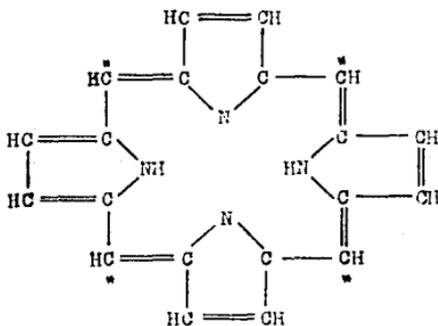


Fig. 5

La estructura anterior está compuesta de 4 núcleos pirrólicos unidos en la posición alfa por grupos "metinos".

Resulta posible sustituir en el ordenamiento de la figura 5 los grupos (*) "metinos" por átomos de nitrógeno, obteniendo así una molécula conocida como azaporfirina. Y cuando son 4 los nitrógenos que sustituyen a los respectivos grupos (*) "metino", el compuesto es llamado porfirazina (o bien tetraazaporfirina). Ver Fig. 6 .

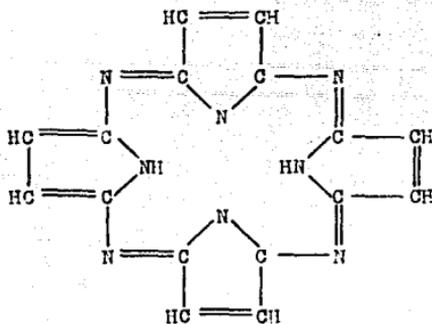


Fig. 6

Es claro que cada par de hidrógenos externos en la porfirazina pueden ser teóricamente sustituidos por grupos -R

que formarían un sistema cíclico. Es aquí donde las ftalocianinas encuentran similitud con las porfirazinas, puesto que han sido sustituidos los hidrógenos externos de los núcleos pirrólicos por radicales "R" que representan cada uno un anillo aromático. De ahí que las ftalocianinas puedan ser llamadas tetrabenzotetraazaporfirinas, o más bien tetrabenzoporfirazinas (Fig. 7).

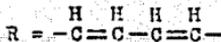
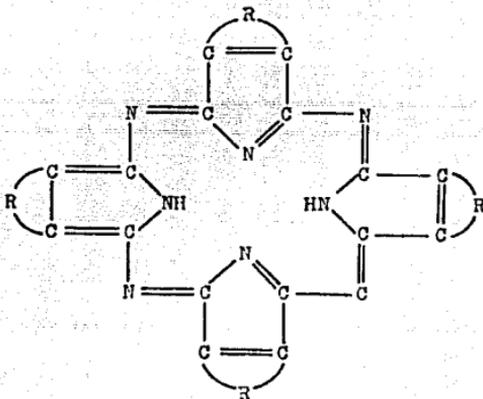


Fig. 7

Los hidrógenos del anillo bencénico de las ftalocianinas son susceptibles de ser reemplazados por diversos radicales, y de hecho han sido sustituidos por grupos sulfónicos, alcoxidos, amino y aminosustituidos, fenilos, nitros, azo y también por halógenos.

Se conocen más de 60 complejos de metales como Li, Na, K, Be, Hg, Ca, Ba, Zn, Cd, Ni, Mn, Co, Cr, Pb, Cu, Hg, Sn, Fe, Al, entre otros, que han sido sustituidos por los átomos centrales de hidrógeno.

Las investigaciones manifiestan que se pueden preparar ftalocianinas de más de 4 núcleos isoindólicos, por ejemplo la superftalocianina, que tiene 5 unidades estructurales. Leucoftalocianinas se llaman en general a los compuestos que sobrepasan los 4 elementos estructurales, y no tienen gran aceptación comercial dada su débil capacidad tintórea, gran solubilidad en soluciones alcohólicas y relativa inestabilidad, todas ellas propiedades contrastantes con las de sus compuestos predecesores.

C) PROPIEDADES FISICAS.

El color de los pigmentos de ftalocianina varía del azul oscuro al verde, dependiendo de la estructura química y cristalina del material. Absorben en la región visible del espectro comprendida entre 600 y 700 nm (amarillo al rojo aproximadamente).

La ftalocianina de cobre puede considerarse como el complejo más brillante y luminoso, siendo de color azul intenso, tornándose más verde en la medida en que son sustituidos sus átomos de hidrógeno bencénicos por átomos de cloro, y tendiendo a ser amarillenta si son átomos de bromo los intercambia dos.

Patrones de difracción de rayos X así como espectrofotometría infrarroja demuestran que la ftalocianina sin metal y sus complejos metálicos de Cu, Co, Ni, Zn y otros derivados, exhiben polimorfismo, es decir pueden cristalizar de diversas maneras.

Anteriormente a los años 60's se conocían únicamente 2 formas cristalinas: la alfa y la beta. Pero desde entonces se han descubierto algunas otras: γ , δ , ϵ , η , χ , ρ , R, π .

La estabilidad de las 5 principales formas cristalinas es,

en orden creciente, la que sigue: $\alpha \approx \gamma < \delta < \epsilon < \beta$ (1,2), aunque existen discrepancias (3).

La Fig. 8 muestra las formas alfa y beta de la ftalocianina de cobre con sus distancias interatómicas correspondientes.

La modificación alfa es la más rojiza, siendo una forma metaestable, en comparación con la forma beta que es más estable (6).

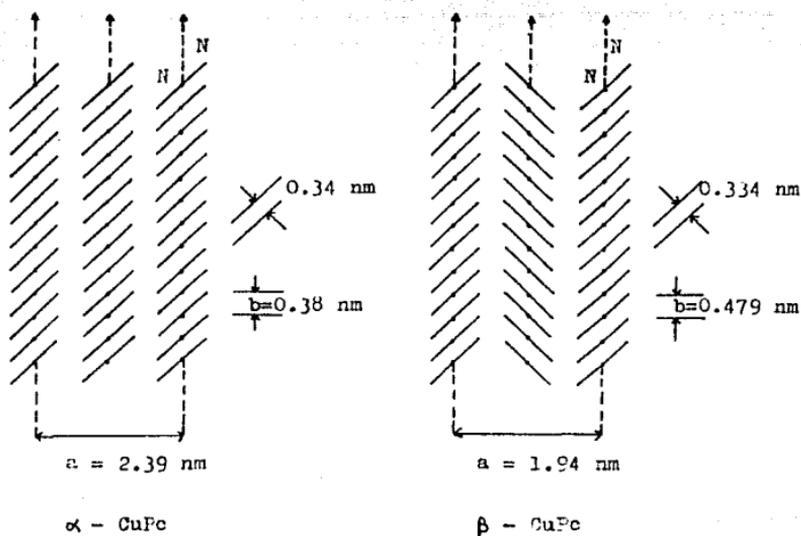


Fig. 8

La ftalocianina de cobalto es considerada más rojiza que el derivado alfa de cobre, pero con menos propiedades tintóreas * . La ftalocianina sin metal es ligeramente más verde que la forma alfa de la ftalocianina de cobre, siendo aún más verde el compuesto de níquel; los derivados de hierro, aluminio, plomo y estaño son verdosos y de un lustre apagado en comparación con el derivado de cobre.

El cristal alfa puede ser producido a través del procedimiento conocido como "empastado ácido", que consiste en disolver el pigmento en ácido sulfúrico concentrado, para reprecipitarlo posteriormente vertiéndolo en forma de chorro muy fino sobre agua fría.

La forma alfa se revierte espontáneamente a la modificación beta cuando es calentada sobre 200 °C, o bien cuando es expuesta a temperatura ambiente en solventes orgánicos, particularmente aromáticos. La transición de la modificación alfa a la beta es acompañada por un incremento en el tamaño de partícula de los cristales individuales, y una correspondiente disminución en la fuerza tintórea.

Cuando las ftalocianinas en su forma alfa son dispersadas en disolventes aromáticos, además de cambiar de forma cristalina, tienden a aglomerarse o "flocular". La cristalización

*. Poder tintóreo es la capacidad de un pigmento para teñir, de acuerdo al medio sobre el que se aplica.

se evita introduciendo una pequeña cantidad de cloro en la molécula, y la floculación se reduce sulfonando la misma.

La mayoría de las ftalocianinas no tienen punto de fusión, ya que subliman en atmósfera inerte a los 580°C aprox.

La densidad de la ftalocianina forma beta es 1.43 g/cm³, y la de la ftalocianina de Cu policlorada es 2.14 g/cm³.

En cuanto a la estructura de las ftalocianinas, se ha demostrado que el átomo metálico y los núcleos isoindólicos se encuentran estrictamente en un plano. Para metales como manganeso, hierro y cobalto, sus complejos han sido el primer ejemplo de simetría planar (5) .

+ EMPASTADO ACIDO (Acid Pasting):

Si bien es cierto que el procedimiento es utilizado para provocar la formación del cristal alfa, también tiene otros propósitos, como la reducción del tamaño de partícula.

Todos los pigmentos poseen un tamaño óptimo de partícula, lo que les permite desarrollar su máximo poder tintóreo y brillantez. Diversas determinaciones revelan que el mejor tamaño para tal objetivo se encuentra alrededor de 0.05 micras como diámetro promedio para los pigmentos de ftalocianina, y que

un tamaño mayor a 0.2 micras sacrifica brillantez y poder tin tóreo. Debido a que la mayoría de los procesos de obtención de ftalocianina arrojan un tamaño de partícula grande, se hace necesario efectuar la reducción, lo cual se logra disolviendo en ácido sulfúrico concentrado el pigmento, para formar el sulfato, y posteriormente vertiendo la solución de la sal sobre agua; la precipitación ocurre y el pigmento queda libre, listo para ser aplicado en forma pigmentaria.

Se ha descubierto que entre más rápida sea la dilución con el agua, más fina es la partícula última.

Otro método para disminuir el tamaño en la partícula con siste en el molido con sales. Cuando un pigmento de ftalocianina se muele con otro sólido cristalino (como sulfato de sodio, cloruros de sodio o de calcio, urea, etc.) se produce una subdivisión en el tamaño de partícula. Si el molido se lleva a cabo sin disolventes, se obtiene la forma cristalina alfa. Cuando se hace en presencia de algún líquido orgánico (acetona, o-diclorobenceno, etc.) se recupera en forma beta.

+ CLASIFICACION INTERNACIONAL:

Es importante señalar que existe una clasificación internacional, llamada Colour Index (C.I.) bajo la cual se suscriben todos los pigmentos y colo -

rantes, tanto inorgánicos como orgánicos, que son utilizados industrialmente. Los pigmentos de ftalocianina no son la excepción a ésta suscripción, y se encuentran ordenados bajo los siguientes nombres:

- Pigmento Azul 15: Se refiere al complejo pigmentario de la ftalocianina de Cu en su forma alfa, que puede cambiar a la forma beta en ciertos solventes (lo que no la hace apropiada para usarse en pinturas).

- Pigmento Azul 15:1 : Abarca a la ftalocianina de Cu forma alfa que es estable a los solventes.

- Pigmento Azul 15:2 : Se enlista aquí a la ftalocianina de Cu tratada para prevenir la floculación, y que es además estable en solventes.

- Pigmento Azul 15:3 : Es la forma beta de la ftalocianina de Cu y estable en solventes.

- Pigmento Azul 15:4 : Resulta del tratamiento especial de la forma beta para prevenir la floculación.

- Pigmento Azul 16 : Se refiere a la ftalocianina sin metal en forma de pigmento.

- Pigmento Verde 7 : Abarca al compuesto policlorado de la ftalocianina de Cu, que es verde (15 a 16 átomos de cloro por molécula).

D) PROPIEDADES QUIMICAS.

Las ftalocianinas son estables a la oxidación atmosférica a temperaturas de 100°C o más, dependiendo del derivado metálico (6).

En presencia de humedad, los agentes oxidantes fuertes las transforma en ftalimidas. Y una oxidación moderada conduce a la formación de subproductos, los cuales pueden ser reducidos al pigmento original.

Los derivados metálicos pueden ser divididos en 2 clases: electrovalentes y covalentes. Las ftalocianinas de metales electrovalentes son aquellos complejos que se forman con los metales alcalino y alcalino-térreos. Son casi completamente insolubles en solventes orgánicos comunes y no son volátiles. Cuando se tratan con ácidos minerales acuosos, y en algunos casos con alcohol o aún simplemente con agua, los átomos metálicos son removidos, generando así la ftalocianina libre de metal. Los complejos de Na, K, Ca, Ba, Cd y Hg pertenecen a ésta clase. La ftalocianina de Li es una excepción notable, ya que se solubiliza en alcohol y puede intercambiar el metal con sales de otros metales aún a temperatura ambiente.

Las ftalocianinas covalentes son más estables: no son desmetalizadas por la acción de ácidos minerales. El enlace

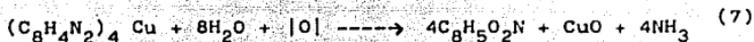
covalente le confiere a la molécula un carácter pseudoaromático. Los complejos de Cu, Ni, Zn, Co, Al, Pt, Fe y V son de este tipo. De menor estabilidad se encuentran los compuestos de Be, Pb, Mn, Sn y Mg, aunque también son covalentes. Estos últimos sí son desmetalizados por ácidos minerales. Se cree que este comportamiento resulta de la disparidad entre el radio atómico normal de los metales en cuestión, y las limitaciones espaciales de la molécula de ftalocianina.

De acuerdo a los datos de difracción de rayos X, el espacio central en la molécula de ftalocianina es de aproximadamente 1.35 \AA . Todos los metales de los complejos que resisten al ataque de los ácidos minerales poseen un radio normal efectivo (como átomos neutros) de ese orden de magnitud. En cambio los compuestos de átomos más grandes o más pequeños (manganeso, 1.18 \AA ; plomo, 1.75 \AA) resultan desmetalizados.

Existen metales trivalentes que forman los complejos de ftalocianina. En tales casos, 2 valencias se unen a los átomos de nitrógeno. La tercera valencia permanece iónica y reactiva.

Las ftalocianinas son normalmente disueltas en ácido sulfúrico concentrado, ácido etilsulfúrico, ácido clorosulfónico, y con menor grado, en ácido tricloroacético. La solubilidad se debe a la formación de las sales.

El rompimiento de una molécula de ftalocianina para formar ftalimida, requiere un átomo de oxígeno (por cada 4 unidades C_8). Bajo éste principio se cuantea la ftalocianina de Cu con sulfato cérico, de acuerdo a la reacción:



Algunos pigmentos de ftalocianina exhiben cierta actividad catalítica. El tema se tratará con más detalle en el capítulo correspondiente a usos.

A continuación se presenta la tabla 1 que resume algunas de las propiedades de la ftalocianina de Cu en 2 de sus modificaciones cristalinas:

Propiedades	Ftalocianina de Cu	
	alfa	beta
Apariencia	polvo azul oscuro	polvo azul osc.
Densidad (g/cm3)	1.54-1.74	1.53-1.75
Propiedades ópticas		
Brillantez	E	E
Poder Tintóreo	B	B
Resist. al sangrado*		
Agua	E	E
Etanol	E	E
Metiletilcetona	E	E
Xileno	E	E
Diocilftalato	E	E
Aceite de Linaza	E	E
Resistencia Química		
HCl 1%	E	E
HCl 5%	E	E
NaOH 1%	E	E
Jabón	E	E
Detergente	E	E
Parafina	E	E
Durabilidad a exteriores	E	E

TABLA 1

NOMENCLATURA:

E = Excelente

B = Bueno

M = Malo

- * **SANGRADO:** Impropiamente llamado así, ya que se refiere a la solubilidad del pigmento en el disolvente. Esta prueba se hace colocando 1g de pigmento en una bolsa de papel filtro, que se sumerge en el disolvente respectivo. Al cabo de 24 hrs. se observa qué tanto se ha coloreado el disolvente.

E) PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS.

Ningún tipo de manejo especial tienen las ftalocianinas, ya que hasta ahora no se conocen - propiedades toxicológicas que provoquen reacciones en el hombre.

En Alemania, la ftalocianina de Cu ha sido aprobada como colorante de alimentos. En Estados Unidos la insolubilidad de los pigmentos azules y verdes ha conducido a su aprobación como colorante en ciertos plásticos, por la FDA (Food and -- Drug Administration). Algunas regulaciones son en el sentido de utilizar las ftalocianinas para colorear resinas de poliuretano que están en contacto con cierto tipo de alimentos secos. Otras se refieren al uso de los pigmentos como colorantes de hule, empleado como superficie de contacto con determinados alimentos, siempre que la cantidad del pigmento no exceda el 10% en peso del plástico.

En general la manipulación de las ftalocianinas debe ser aquella necesaria para con cualquier sustancia química: evitar inhalación, contacto con ojos, piel, etc.

F) USOS.

El uso más generalizado de los compuestos de ftalocianina es en forma pigmentaria, estado en el cual pueden ser utilizados para pinturas, principalmente esmaltes acrílicos; aunque también el azul de ftalocianina ha sido encapsulado en una mezcla de ésteres de metacrilato, para su uso en recubrimientos automotivos acrílicos. Otras dispersiones de pigmento azul o verde permiten ser usadas como colorantes en plásticos, por ejemplo poliolefinas, polietileno, poliamidas, poliimididas, resinas urea-formaldehído, PVC, poliestireno y otros polímeros. Concentrados de pigmento se han usado para colorear poliuretano, dispersando ftalocianina de Cu en una resina fenólica, y el mismo pigmento ha sido usado para estabilizar poliarylatos, melaminas alcídicas y dispersiones poliméricas de caprolactama. El verde de ftalocianina se ha empleado para colorear laminados utilizados en tapicería automotriz, que son resistentes a la lluvia y sol; y el azul en pigmentación de la viscosa.

Las ftalocianinas se han incorporado también a muchos tipos de tintas de impresión. El compuesto de cobre se usa en tintas de rotograbado para sistemas de impresión por presión, así como en tintas de impresión flexográfica, de imprenta, offset, fijado por calor, fijado por vapor y tipo resina-esmalte. Se ha usado también en tintas de impresión por transferencia.

cia (p.ej. en artículos de cera).

En cuanto a otros usos colorantes, un número de derivados de la ftalocianina de Cu se ha patentado para tintas de plumas atómicas (88-90). También los azules y verdes son colorantes para cemento, detergentes y jabón, además de ser usados en lacas, esmaltes, hule, papel y cuero.

Dentro del campo del teñido, los compuestos de ftalocianina se utilizan para colorear textiles, pero no ya en forma de pigmentos, sino como colorantes. La diferencia fundamental entre un pigmento y un colorante es que el primero permanece suspendido en el vehículo de aplicación, en el que es casi completamente insoluble, o insoluble; a diferencia de los colorantes, que son generalmente solubles en agua, y sí reaccionan con la fibra sobre la que se aplican, siendo ésta una unión de tipo químico, contrastado con la primera, que es de tipo físico.

Se han preparado colorantes de ftalocianina: sales de sodio de los derivados sulfonados, por ejemplo el Azul Directo 86 y 87, Azul Acido 249. Estos colorantes tiñen textiles naturales, sintéticos y papel. La sal de sodio de la ftalocianina de cobalto sulfonada es el Azul a la Cuba 29, se usa principalmente en fibras celulósicas. Pero en general, en forma de pigmentos, las ftalocianinas se usan en estampados.

En otro orden de aplicaciones, los compuestos de ftalocianina se usan como catalizadores: los complejos de Mg y Fe catalizan la oxidación del cumeno en aire ⁽⁹¹⁾, y el de Co además de catalizar la oxidación de tolueno líquido y la de etilbenceno a alcohol bencílico ⁽⁹²⁾, favorece la oxidación por aire de mercaptanos y otros sulfuros del petróleo; el isopropanol ha sido oxidado a acetona con el uso de la ftalocianina de Cu o con la de otro metal ^(93,94). Incluso las ftalocianinas se han utilizado para catalizar la polimerización de metacrilatos, nitrilos y polimetileno ⁽⁹⁵⁾.

Como indicadores también han servido las ftalocianinas: el ácido sulfónico del compuesto de Ni se usa como indicador en cerimetría para determinar Fe(II), Mo(V) y U(IV), y en la determinación de hidroquinona (cambio púrpura al amarillo), ferrocianuro (verde a amarillo) y As(III). Los otros cambian de azul a violeta. El complejo sulfonado de Cu se ha usado como indicador redox ^(96, 97,98).

Otras aplicaciones tan variadas como increíbles se han encontrado a las ftalocianinas: generadores de ondas de alta frecuencia con gran coherencia, para uso en láser ⁽⁹⁹⁻¹⁰³⁾; lubricante en la extrusión de acero y otros metales a temperaturas de 1600 a 3500 °F ⁽¹⁰⁵⁾; grasa usada como lubricante en generadores y magnetos automotrices ⁽¹⁰⁶⁾; los compuestos de Co y Fe se han usado en filtros de cigarrillos, como cataliza

dores en la remoción de los óxidos de nitrógeno del humo del cigarro (107); como sustituto de la hemoglobina, en donde se han usado sulfonatos de sodio-hierro.

En fin, que la utilización de las ftalocianinas en la vida del hombre está íntimamente ligada al uso cotidiano.

II.- ANTECEDENTES

Este segundo capítulo se divide en 3 temas: Rutas Sintéticas, Parte Experimental y Discusión y finalmente Evaluación de Alternativas.

A) RUTAS SINTETICAS.

Se detallan aquí rutas fundamentales en la obtención de ftalocianinas. Aunque si bien es cierto que no se consideran las primeras referencias (recordar que las ftalocianinas se descubren en 1927), sí en cambio se aluden citas desde la década de los 60's hasta la actualidad, debido a que es aproximadamente hace 25 años cuando éstos pigmentos comienzan a tener un repunte industrial increíblemente acelerado, e importantes industrias no solo en el campo de la Química, dedican una considerable labor de desarrollo y mejora en formulaciones de las ftalocianinas, además de que se encuentran aplicaciones en otros campos diferentes a los pigmentos, como se mencionó en el Capítulo I.

Dentro de los textos de Química Orgánica, pocos hablan sobre ftalocianinas. Y los que abordan el tópico proporcionan una clasificación que necesariamente coincide con aquella presentada en publicaciones periódicas, referente a las vías de obtención de éstos pigmentos.

Se pueden identificar básicamente 3 caminos:

A.1) Vía Ftalonitrilo

A.2) Vía Anhídrido Ftálico

A.3) Vía 1,3-Diiminoisoindolenina.

Aunque la recopilación abarca en general a los pigmentos metálicos más conocidos, se pone especial énfasis en la ftalo cianina de cobre, por ser respecto de los demás, el compuesto comercialmente más importante y el de mayor aplicación industrial.

A.1) Vía Ftalonitrilo.

Existen básicamente 2 tipos de procesos para producir ftalocianinas: Batch o Intermitente y Continuo.

Batch:

El proceso más simple en la producción de ftalocianina de Cu consiste en hacer reaccionar en relación molar 4:1 ftalonitrilo y cobre metálico finamente dividido, y calentar a 180-250°C hasta que se complete la formación del pigmento ⁽⁸⁾, o en vez de utilizar cobre metálico se emplea sulfato o acetato de Cu ⁽³⁹⁾, o cloruro cuproso o cúprico y calentando a una temperatura menor ⁽⁹⁾. La reacción se informa que es exotérmica y eleva la temperatura hasta 310°C, completándose en pocos minutos.

Con el objeto de optimizar la producción de ftalocianinas por ésta vía, y para lograr características específicas en cuanto a la aplicación del pigmento, las investigaciones se encaminan a la modificación de múltiples variables dentro del proceso de producción, tales como molido de reactivos o productos, disolventes en los que se lleva a cabo la reacción, temperaturas manejadas, tiempos de reacción, aditivos añadidos al inicio o durante la reacción, etc.

Mejoras al rendimiento se reportan cuando se muele la mez

cia de reacción en molino de bolas, previo al calentamiento, para obtener un 89.5% de rendimiento, con una pureza del 97% (10). Generalmente durante el molido se añaden sales, por ejemplo urea (10) o alguna sal que se descomponga entre 30 y 200°C para formar amoníaco (11). Existen procesos que integran la molienda durante la reacción, un ejemplo es la mezcla de glicol, ftalonitrilo, hidróxido cúprico e hidróxido de sodio en molino de bolas a 150°C por 10 hrs para producir beta-ftalocianina de Cu (12). Existe otro tipo de molienda, en la que después de terminada la reacción se obtiene alfa-ftalocianina de Cu (muy resistente a la cristalización) por acción de 50 horas en molino de bolas, de 240g de ftalocianina de Cu con sulfato de sodio y 4g de butanol (13).

Usualmente la reacción se lleva a cabo en seco, pero han sido usados diferentes disolventes en condiciones diversas: en naftaleno a 210-230°C (14,15), ftalonitrilo y cobre en polvo en nitrobenceno (16), ftalonitrilo, cloruro cuproso y cloruro de bencilo en nitrobenceno conteniendo pequeñas cantidades de piridina, para dar un rendimiento del 90% de alfa-ftalocianina (17), ftalonitrilo y cloruro cuproso en disolvente inerte (18), o nitrobenceno (19), en metanol (20,21), glicol (22), trietilénglicol (23), glicerol (24), fenol a veces con etanolamina y cáusticos presentes (21,25).

La temperatura es una de las variables que tiene un amplio rango dentro del que se maneja la reacción: por ejemplo la reacción en seco eleva la temperatura hasta 310°C (10), sin embargo en nitrobenzeno se lleva a cabo entre 210-230°C (14,15) al igual que cuando se calienta o-ftalonitrilo y cloruro cúprico o mezcla de cloruros cuproso y cúprico, quinolina y triclorobenceno en presencia de ftalocianina de Cu finamente dividida, para después calentar a 210°C por 3 hrs., filtrar, lavar con metanol, verter en HCl al 1%, filtrar, lavar, secar para obtener buen rendimiento con un 99% de pureza (26,27). Si se efectúa la reacción en seco y en molino de bolas, calentando la mezcla a 155°C, la reacción eleva la temperatura a 200-220°C; finalmente se obtiene la ftalocianina (13). Otra patente menciona la reacción entre ftalonitrilo, hidróxido cúprico y de sodio también en molino de bolas, pero 10 hrs. a 150°C.

Una serie de patentes cubren la formación de ftalocianina de Cu a bajas temperaturas. Por ejemplo, se ha obtenido de ftalonitrilo, cloruro cuproso, hidróxido de sodio y etanol, mezclados a temperatura ambiente 25 hrs, para tener un rendimiento del 55.6% (28). Un método similar usa sólo NaOH y dimetilglioxima; se mantiene además a 25-30°C una hora, y se refluja luego una hora, para obtener un rendimiento excelente (29).

Importante es desde luego el rendimiento, que es variable

de acuerdo a los métodos de obtención, pero bueno en general. Y va desde el 55.6% de la reacción a temperatura ambiente, hasta el 100% del teórico (29), pasando por 89.5% (10), 90% (17), 97% (30), 97.2% (31) y 99% (19,32).

Frecuentemente se añaden aditivos a la reacción, con el propósito de mejorar la conversión, favorecer la separación, aumentar la velocidad de reacción, etc., para lo cual se adicionan: ácidos inorgánicos sulfónicos o carboxílicos junto con óxido molíbdico (33), bases aromáticas terciarias (34), urea (30), NaOH (35), butanol (13), sosa y dimetilglioxima (29), una sal de amonio, un agente quelante y un agente dispersante (36,37) y metilato de sodio (31).

En ocasiones la ftalocianina misma puede servir como aditivo para inducir la cristalización o moderar la reacción, como cuando se agrega ftalocianina de Cu cruda y finamente dividida (18,26,27,32) o en su forma alfa (31,38).

La pureza en general es buena: 97% (10), 99% (26,27); tanto mejor será cuanto más se hidrolicen los subproductos de reacción, lo que generalmente se hace calentando en HCl al 1% (10,26,27,32), para después disolver el pigmento en H₂SO₄ y reprecipitar en agua.

Se ha obtenido ftalocianina de diversos metales en gran

pureza; calentando o-ftalonitrilo, hidróxido cúprico y ftalocianina de Cu en etilénglicol a 100°C por 2 hrs, y a 160°C por 5 hrs; el producto se dispersa en HCl diluído al 1% y calentado 1 hr. a 90°C, para dar rendimiento del 99%. Lo propio se hace con la ftalocianina del metal deseado usando $TiCl_4$, VCl_5 , $CrCl_3$, MnO_2 , $FeCl_2$, $CoCl_2$, $NiCl_2$ ó $ZnCl_2$ (32).

Continuos:

Varios procesos han sido propuestos para la producción continua de ftalocianina a partir de ftalonitrilo. Cloruro cuproso o cúprico se vaporiza en nitrógeno a 950°C y luego se enfría a menos de 100°C con nitrógeno adicional para formar una suspensión en aerosol. Esta se trata con una mezcla de nitrógeno/ftalonitrilo a 200-300°C para formar beta-ftalocianina de Cu. Amoníaco gaseoso puede ser utilizado como catalizador.

Otro proceso continuo utiliza cloruro cuproso y ftalonitrilo en nitrobenzeno como medio de reacción. Esta ocurre en 3 recipientes en serie: el primero mantenido a 180-185°C, el segundo a 240°C y el tercero a 260-270°C. Todos se mantienen bajo presión de 20 atm. La mezcla de reacción permanece 25 min. en cada vasija. Después se filtra, lava con nitrobenzeno, se seca y acondiciona de la manera acostumbrada (41).

Se han llegado a producir 40 kg/hr de ftalocianina de Cu a través de la reacción del ftalonitrilo y cloruro cuproso

alimentados a un extrusor continuo operando a 230-240°C (42). En la misma reacción una gran cantidad de producto se recicla para moderar la reacción (43). La misma reacción se ha efectuado en un molino de bolas a 270°C (44).

La tabla 2.1 muestra un resumen conteniendo las principales variables manejadas en el proceso y las referencias citadas correspondientes.

VARIABLE	REFERENCIAS
Procesos Batch	
- molienda (molino)	10, 12, 13
- molienda (sales)	10, 11, 12, 13
- disolventes	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 21, 22, 23, 24, 25, 31, 32
- temperatura	10, 12, 13, 14, 15, 26, 27 28, 29, 32
- aditivos	13, 18, 26, 27, 29, 30, 31 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
- tiempo	12, 26, 27, 30, 31, 32
- catalizador	19
- metales o sales añadidos	8, 32, 39
Procesos Continuos	40, 42, 43
- presión	41
- molinos	44

TABLA 2.1

A.2) Vía Anhídrido Ftálico.

A diferencia del proceso de ftalonitrilo, en la síntesis de ftalocianinas por anhídrido ftálico se requiere una fuente de amoníaco (generalmente urea) y un catalizador, además de la respectiva sal del metal.

En un principio el método fue desarrollado por la Imperial Chemical Industries, y consiste en fundir urea y ácido bórico (catalizador) agitando; cuando la temperatura alcanza los 150°C se añade una mezcla de anhídrido ftálico y cloruro cúprico anhidro. Se llega a una temperatura de 200°C, hasta finalizar la reacción; entonces el producto se enfría, se muele y lava en caliente con ácido clorhídrico y luego con sosa. Para lograr la reducción de partícula, se disuelve el pigmento en ácido sulfúrico concentrado, para después verterse sobre agua fría (45).

Desde entonces, el proceso ha sufrido ciertas modificaciones, pero en esencia es el mismo. Y al igual que en vía ftalonitrilo, se pueden distinguir 2 tipos de procesos en general: batch y continuos.

Batch:

Además de vía seca, ésta reacción se ha corrido en una serie de disolventes. En uno de los procesos descritos se añade una pequeña cantidad (10-60% en peso del anhídrido) de di-

solvente (nitrobenzono, naftaleno o dodecilbenzono) a la mezcla de reacción. El rendimiento es bueno, y cuando la reacción se efectúa con agitación el rendimiento mejora hasta el 88% (46). En vez de disolvente se puede usar cloruro de amonio como medio de reacción (47), o reemplazando el disolvente con cuatro veces el peso del anhídrido ftálico por cloruro de sodio (48), o por una mezcla 50/50 de cloruro de sodio/cloruro de magnesio (49). Otros disolventes reportados son: triclorobenzono (50,51), con triclorobenzono a presión (52), presurizado con amoníaco (53), usando diisopropil o-xileno o disolventes similares (54), diisopropiltolueno (55), defenilmetano o bifenilo (56), o algún otro disolvente aromático, parafínico o naftalénico de alto punto de ebullición (57). Se ha preparado ftalocianina de Cu en benzoato de etilo en buen rendimiento, y con mejor poder tintóreo que la preparada en nitrobenzono (58).

Similarmente al proceso vía nitrilo, en la vía anhídrido ftálico se ha introducido la molienda de reactivos y en seco, por ejemplo: de urea, cloruro cuproso y molibdato de amonio molidos por 4 hrs. en molino de bolas, para después añadir el anhídrido ftálico, seguir moliendo y posteriormente llevar a cabo la reacción a 195 °C por 8 hrs. (46). El catalizador es el molibdato de amonio, pero se ha encontrado que un agitador de molibdeno o bien de aleación de molibdeno puede susti-

tuir al molibdato de amonio en la reacción en seco (59).

Múltiples aditivos han sido añadidos para obtener óptimos resultados. La adición de trióxido de azufre al proceso anhídrido-urea en nitrobenzono mejora el rendimiento (60), así como también la adición de NaOH (72). Han sido añadidos al proceso sulfato de sodio o de amonio (61). Y se ha incrementado la estabilidad de la ftalocianina de Cu a los solventes reemplazando parte del anhídrido ftálico con otro ácido sulfo-, bromo-, cloro-, carboxi-, nitro-, ciclohexil-, ó metil ftálico, o sus anhídridos (62-68). Se logra también estabilidad si se añade ftalocianina de cobre clorometilada o alguna resina fenol-formaldehído a las 3 hrs. de comenzada la síntesis (69). También se puede mejorar añadiendo algún siloxano, como el metilfenilsiloxano (70).

Otras adiciones comprenden al anhídrido 4-bromoftálico y ácido quinolínico en varias proporciones molares (71).

Otros derivados, como la ftalocianina de Fe, se han preparado por la reacción del anhídrido ftálico con $FeBr_2$, catalizador y aditivos (61).

Una variable en las condiciones de reacción es la presión: se ha producido ftalocianina de Cu en rendimiento del 85.4% y buena pureza colocando anhídrido ftálico, urea, óxido cuproso y molibdato de sodio en un reactor presurizado a 150 psi; agitando vigorosamente a 250°C por 2 hrs. se desalojan gases para

mantener una presión de 175 psig ⁽⁷³⁾; o agitando con cloruro cuproso y molibdato de amonio 3-5 hrs. a 140-210°C y 2-7 kg/cm² de presión, y después purificando en la manera acostumbrada ⁽⁵³⁾. Otra preparación involucra el uso de anhídrido ftálico, cloruro cuproso, urea y molibdato de amonio calentados en autoclave a 195°C y 3 kg/cm² durante 4 hrs ⁽⁷⁴⁾.

Se reporta otro método alternativo de purificación de ftalocianina de Cu diferente a la hidrólisis de impurezas: calentando el producto crudo a 350-400°C en presencia de un gas inerte; dióxido de carbono y amoniaco pueden ser usados como inertes por encima de los 300°C ^(75,76).

Continuos:

La vía urea-anhídrido también se ha realizado en proceso continuo. La mezcla de reacción pulverizada y seca se alimenta a un cilindro de reacción rotando a 11 rpm. El cilindro se mantiene a 180°C y el producto seco, en forma granular o de polvo, se descarga directamente a un tambor. El rendimiento puede ser 96% del teórico, y la cantidad de urea en el proceso se puede reducir en un 20% ⁽⁷⁷⁾. Se ha descrito otro reactor, en el que su último tercio se encuentra a 225-240°C; el rendimiento es 75% ⁽⁷⁸⁾.

En otro proceso continuo con disolvente se utilizan 4 reacto

res en serie; así se reduce el consumo de urea en casi un mol y se suprimen cerca del total de subproductos en el disolvente, lo que permite recircular sin purificación el nitroben - ceno (79). Empleando un reactor equipado con mezclador rotato rio lento, a 200°C se ha obtenido ftalocianina de Cu, refl u - jando el anhídrido ftálico, urea, cloruro cúprico y molibdato de amonio en triclorobenceno seco. El rendimiento ha sido del 90.5% (80).

La tabla 2.2 muestra el resumen de variables más importan tes y referencias respectivas:

VARIABLE	REFERENCIAS
Procesos Batch	
- molienda	46
- disolventes	46 - 58
- temperatura	45, 46
- catalizador	59, 80
- aditivos	60, 61, 62-68, 69, 70, 71, 72
- presión	53, 73, 74
- purificación	75, 76
Procesos continuos	77 - 80
- temperatura	77, 78, 80

TABLA 2.2

A.3) Vía 1,3-Diiminoisoindolenina.

Moliendo 145g de dimino isoindolenina, 28.4 g de cloruro cuproso, 700 g de sulfato de sodio anhidro y 145 g de etilénglicol durante 3 hrs. a 100 - 110°C se obtuvo ftalocianina de cobre. El sulfato de sodio se extrae de la mezcla, vertiendo ésta en agua y filtrando. Después se revierte en HCl al 1% y posteriormente en hidróxido de sodio diluido. El producto es apropiado para uso pigmentario, pero no en sistemas con solvente (81).

Otros solventes se pueden usar en la misma reacción (82).

Aditivos tales como el cresol, 2-dimetilaminoetanol y alcohol bencílico se emplean para formar un pigmento metaestable finamente dividido (83,84,85).

La 1,3-diiminoisoindolenina puede formarse in situ haciendo reaccionar anhídrido ftálico y amoníaco. Esta isoindolenina y acetato de Cu en etilénglicol reaccionan en presencia de adiponitrilo o 2-clorobenzonitrilo a 60-70°C por 1 hr., y a 120°C 2 hrs, para formar un pigmento finamente dividido de ftalocianina de cobre (86).

La presencia de cianuro de bencilo se utiliza para demostrar la estabilidad del pigmento cuando hierve 1 hr. en tolueno (87). La tabla 2.3 es un cuadro sinóptico de otras ftalocianinas metálicas, incluyendo algunas menos comunes:

COMPLEJO FTALOCIANINA DE	P R E P A R A C I O N	PROPIEDADES
Antimonio	Antimonio metálico y o-cianobenzamida ó ftalónitrilo	Inestable
Bario	Oxido de Ba y ftalónitrilo; rendimiento bajo.	Verde opaco; inestable
Cadmio	Cd metálico y ftalónitrilo.	Inestable, intercambia el metal c/sales solub. en alcohol.
Calcio	CaO ó amilato y ftalónitrilo; ftalocianina sin metal con CaO, ftalónitrilo y formamida.	Verde opaco; inestable
Cobalto	Co metálico y o-cianobenzamida ó ftalónitrilo; CoCl + anhídrido ftálico + urea + catalizador	Azul rojizo, estable en ac. sulfúrico, buen poder tintóreo.
Litio	Amilato de Li y ftalónitrilo.	Inestable, deg metalizada con ac. minerales a T ambiente.

TABLA 2.3

*Fuente:

Lubus, H.A.

COMPLEJO FTALOCIANINA DE	PREPARACION	PROPIEDADES
Magnesio	Mg metálico y ftalonitrilo u o-cianobenzamida	Azul; inestable
Manganeso	Mn y o-cianobenzamida; MnO ₂ y ftalonitrilo	Café verdoso, opaca, desmetalizada con ac. minerales.
Molibdeno	Trióxido de molibdeno y ftalonitrilo	Azul verdoso opaco
Níquel	Ni ó NiO con o-cianobenzamida; vía urea-anhidrido ftálico; vía ftalonitrilo	Verde azulado; estable en ac. sulfúrico; similar a la de Cu vercosa y opaca.
Paladio	Hexadecahidroftalocianina + Pd en o-diclorobenceno hirviendo	-
Platino	Cloruro de Pt y ftalonitrilo.	Estable

TABLA 2.3 (cont.)

COMPLEJO FTALOCIANINA DE	P R E P A R A C I O N	PROPIEDADES
Plomo	Pb metálico y ftalonitrilo; ftalocianina sin metal y sales de Pb en quinolina.	Verde brillante; inestable y fácilmente desmetalizable.
(di)Potasio	Amilato de K y ftalonitrilo; rendimiento bajo	Inestable; desmetalizable.
Plata	Ftalocianina de Li y nitrato de Ag en alcohol	Inestable, desmetalizable
(di)Sodio	Na ó amilato de Na y ftalonitrilo	Inestable, desmetalizable

TABLA 2.3 (cont.)

B) PARTE EXPERIMENTAL. DISCUSION.

La primera parte del Capítulo II, es decir la reseña de las principales rutas sintéticas y modificaciones, sirve como base para definir el diseño experimental del laboratorio, ya que es posible la síntesis a partir de 3 materias primas, que son: anhídrido ftálico, ftalonitrilo y 1,3-diiminoisoindolenina. Para ello se priorizó de acuerdo a la importancia de cada una de ellas.

El uso de ftalonitrilo como reactivo inicial de ésta síntesis presenta la ventaja de no utilizar catalizador. Por otro lado, el ftalonitrilo no existe en México. Hay que obtenerlo. Y en su preparación se sintetizan intermediarios que son de importancia comercial e industrial, que pueden ser aplicados en industrias diferentes a los pigmentos (por ejemplo en la industria de los plaguicidas).

El anhídrido ftálico es un material relativamente barato y del que se parte para preparar ftalonitrilo. Se pensó entonces en la preparación directa hasta el pigmento, sin tocar el paso intermedio, por lo que también fue seleccionada ésta ruta.

La tercera opción, la 1,3-diiminoisoindolenina, es un intermediario que parte también del anhídrido ftálico. Sin

embargo, la literatura no reporta una preparación formal, en que se le separe propiamente para de ahí formar el pigmento, sino que se prepara "in situ" a partir de anhídrido ftálico, por lo que es equivalente a comenzar del mismo anhídrido. Dado lo anterior, ésta ruta no fue seleccionada para la síntesis experimental de ftalocianinas.

Ahora bien, se pone especial énfasis en la ftalocianina de Cu por ser el complejo de mayor aceptación comercial. Se decidió entonces iniciar la síntesis de éste compuesto, no sin por ello dejar de lado la síntesis de complejos de otros metales. Concretamente, también se realizó la preparación de la ftalocianina de níquel.

Siendo ftalonitrilo y anhídrido ftálico los materiales seleccionados, se distingue en la literatura la existencia de 2 tipos de procesos para la reacción: continuos y batch. El proceso de producción continua requiere de equipo sofisticado, el cual no se dispone en el laboratorio. También, a éste nivel, una reacción batch es mucho más manejable que una continua. Por lo tanto, se seleccionó el proceso batch para efectuar la síntesis de las ftalocianinas de Cu y Ni, paratiendo para ambas de anhídrido ftálico y de ftalonitrilo.

FTALONITRILO.

La preparación de ftalonitrilo a partir de anhídrido ftálico es una reacción que no se lleva a cabo en un solo paso. Requiere de la formación de 2 derivados intermedios : Ftalimida y Ftalamida respectivamente (Fig. 9):

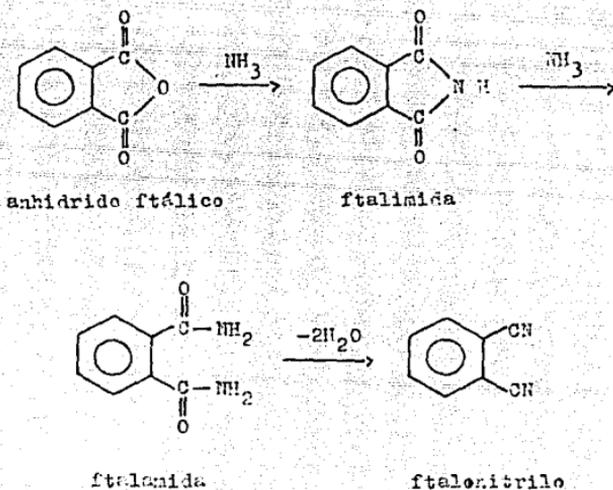


Fig. 9

+ Preparación de Ftalimida (108) :

"En un matraz redondo de 1 lt. se colocan 99g de anhídrido ftálico y 20g de urea. Se calienta la mezcla con baño de aceite a 130-135°C. Cuando ésta funde, el volumen incrementa rápidamente por la formación de gases (CO₂ y NH₃). Después de 10-20 min, la mezcla ocupa el triple del volumen original y se vuelve casi sólida. Se quita el calor y se deja enfriar. Se añaden 80ml de agua para fluidizar el sólido, se filtra al vacío, se lava con poca agua y se seca a 100°C. El rendimiento (PF=238°C) de ftalimida es 86 g (87.5%)."

La reacción es:

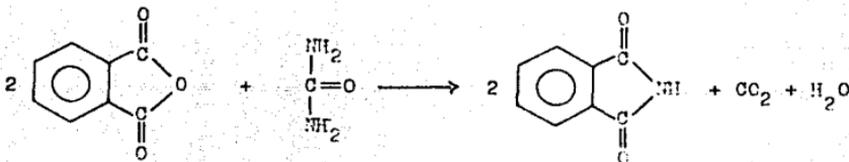


Fig. 10

Se hicieron ensayos con NH_3 /acuoso y NH_3 /gas en etanol, observándose serios problemas del manejo de la reacción, debido a la precipitación de productos: ácido ftalámico y la ftalimida misma, ocasionando oclusión de reactivos y productos.

+ Preparación de Ftalamida:

En un matraz Erlenmeyer de 500ml con tapón de hule, se ponen 500g de ftalimida y se agregan 1200ml de NH_3 /acuoso. La reacción se dejó a temperatura ambiente con agitación por 20 horas, al término de las cuales se filtra y se lava el producto con agua hasta pH neutro, se seca y se determinan constantes físicas: PF = 227-233°C. Rendimiento de 450g (81%). Resonancia Magnética Nuclear (RMP) 2 señales anchas a 7.37 y a 7.7 ppm, que desaparecen con D_2O (CO- NH_2); una señal simple a 7.5 ppm (C-H) anillo aromático. La integración con D_2O es la mitad de la integración original.

También se ensayó la preparaci3n con NH_3 /líq : se puso la ftalimida en un matraz redondo y se agregó NH_3 /líq, dejándose durante 24 hrs en un sistema que permitía la condensaci3n de los gases y retorno del líquido a la reacción (tipo "reflujo") con un Dewar. Se observó por cromatografía de capa fina una pequeña mancha de producto, debido a que debería dejarse

reaccionando un tiempo muy prolongado. Se desechó ésta ruta. Un caso similar ocurrió con la misma reacción en un sistema cerrado.

La reacción de obtención de ftalamida es la siguiente:

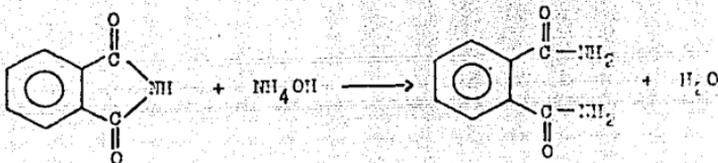


Fig. 11

+ Preparación de ftalonitrilo:

Para prepararlo se ensayaron 2

técnicas:

a) Con anhídrido acético:

En un matraz redondo de 250 ml con refrigerante en posición de reflujo y trampa de humedad

con CaCl_2 se colocan 20 g de ftalamida y 60 ml de anhídrido acético, se calienta a reflujo por 4 hrs., al término de las cuales se pone el refrigerante en posición de destilación simple y se separa la fracción que destila a $110-115^\circ\text{C}$ (para eliminar al ac. acético formado), a continuación la mezcla de reacción se agrega sobre hielo y luego se neutraliza el ácido con NaHCO_3 hasta pH neutro. El precipitado obtenido se filtra, seca y se le determinan constantes físicas: PF = $130-140^\circ\text{C}$ quedando una parte sin fundir (materia prima), se recrystalizó de tolueno y se obtuvo un producto de PF = $139-142^\circ\text{C}$.

RMP: 1 singulete a 7.85 ppm.

b) Con Cloruro de Tionilo:

En un matraz redondo de 100 ml con refrigerante en posición de reflujo y trampa de humedad se colocan 100 g de ftalamida y 120 ml de SOCl_2 , se calienta a reflujo por 14 hrs, al término de las cuales se evapora a sequedad a presión reducida el SOCl_2 que quedó sin reaccionar. El sólido obtenido se lava con agua y solución de NaHCO_3 al 5% y luego nuevamente con agua hasta pH neutro. El producto se seca y se determina punto de fusión: $132-139^\circ\text{C}$. Recrystalizando de tolueno se obtuvo un producto cristalino color blanco de PF = $137-140^\circ\text{C}$, con un rendimiento del 50-55% (40.5g).

+ Obtención de ftalocianina de Cu:

a) Vía Ftalonitrilo:

En un matraz erlenmeyer de 50 ml se colocan 5 g de ftalonitrilo y 1 g de Cu_2Cl_2 , se calienta en baño de aceite a $150^{\circ}C$ por 30 minutos, al término de los cuales se enfría y se lava con tolueno, se seca y se obtiene un rendimiento del 26% (se recupera ftalonitrilo sin reaccionar).

b) Vía anhídrido ftálico, sin disolvente:

En un reactor de 1 lt. se colocan 40 g de anhídrido ftálico, 60 g de urea, 6.8 g de Cu_2Cl_2 y 0.12 g de molibdato de amonio. La mezcla se calienta en sistema cerrado a $180^{\circ}C$ por 8 hrs, al término de las cuales se enfría, se raspa el producto y se vierte sobre 100 ml de HCl al 1% y se calienta una hora. Luego se filtra en caliente; el pigmento se vierte sobre 100 ml de NaOH al 1% y se calienta una hora más, se filtra nuevamente y el pigmento se seca y luego se recrystaliza de H_2SO_4 conc : se solubiliza en éste y se vierte sobre agua fría. El producto obtenido se seca. Se obtiene un rendimiento del 65% (25.3g).

c) Vía anhídrido ftálico, con nitrobenzeno como disolvente.

Se siguió un procedimiento similar al anterior, pero agre

gando 150 ml de nitrobenzono como disolvente. El tratamiento después de calentar se modificó filtrando el pigmento para separarlo del nitrobenzono y lavando con etanol; posteriormente se siguió la purificación indicada en el inciso (b). Rendimiento de 36.1 g (92.8%).

+ Obtención de ftalocianina de Ni:

d) Vía ftalonitrilo:

En un matraz erlenmeyer de 50 ml se colocan 5 g de ftalonitrilo y 1.25 g de NiCl_2 , se calienta a 150°C en baño de aceite por 30 min, al terminar se sigue el procedimiento señalado en la parte (a), obteniéndose 2.7 g (48.5%) de producto.

e) Vía anhídrido ftálico:

Se siguió un procedimiento similar al señalado en (c) con las siguientes sustancias: 40 g de anhídrido ftálico, 60 g de urea, 8.7 g de NiCl_2 y 0.12 g de molibdato de amonio con 150 ml de nitrobenzono. Se obtienen 33.8 g (87.65%) de producto.

A los productos obtenidos en b, c y e se les efectuaron pruebas de pigmentación y floculación, obteniéndose los siguientes resultados:

	Muestra Num.
b = ftalocianina de Cu sin disolvente	2
c = ftalocianina de Cu con nitrobenzono	1
e = ftalocianina de Ni con nitrobenzono	3

Prueba	b	c	e
Pigmentación en esmalte acrílico	bien	bien	bien
Transparencia	bien	regular	regular
Floculación en esmalte acrílico	regular	bien	regular
Pigmentación en barniz litográfico	bien	bien	--
Transparencia	bien	regular	--

TABLA 2.4

C) EVALUACION DE PROBABILIDADES. SELECCION DE ALTERNATIVA.

Los resultados de la parte experimental se sintetizan en la tabla 2.5 en la cual se ha asignado una escala relativa por cada condición y por ruta química, para seleccionar el proceso más viable en la producción de ftalocianinas; entre mejor sea la condición o variable manejada, mejor escala relativa tiene.

Ruta Concepto	a	b	c	d	e
Presión	10	5	5	10	5
Temperatura	10	7	7	10	7
Rendimiento	3	7	10	4	8
Tiempo	8	2	2	8	2
Catalizador	10	8	8	10	8
Fase	3	3	8	3	8
Disponibilidad Mats. Primas.	1	10	10	1	10
TOTAL	45	42	50	46	48

TABLA 2.5

De la tabla anterior se concluye que la mejor ruta es la de anhídrido ftálico con Cu_2Cl_2 y NiCl_2 respectivamente, y utilizando nitrobeneno como disolvente.

III.- ESTUDIO DE MERCADO

A) GENERALIDADES.

Siempre que se planea establecer una industria de cualquier tipo, no se puede estar ajeno al entorno económico que rodea a la futura nueva empresa. Es indispensable tener presente en qué mercado será vendido aquel producto que se desea fabricar, contra quién se compite, cómo se encuentra el mercado internacional, cuál es la situación respecto de importaciones y exportaciones, qué industrias se encuentran íntimamente relacionadas al producto, etc. Es decir, necesariamente se debe elaborar un estudio de carácter preliminar que contenga el tamaño aproximado del mercado y su tendencia (crecimiento o decrecimiento), producción interna en volumen, importaciones y exportaciones en volumen, principales industrias consumidoras y usos del producto.

Posterior al estudio preliminar y antes del establecimiento de la empresa, debe existir un análisis más profundo que abarque puntos tales como inversión aproximada, estados financieros proforma, rentabilidades esperadas, además del establecimiento de alternativas tecnológicas, ventajas y desventajas de dichas alternativas, distribución geográfica del consumo (referencias comerciales), productos sustitutos, análisis de productos con los que se puede competir ventajosamente, producción interna de los productos sustitutos, análisis de los precios de productos competitivos y estudio

sobre posibilidades de exportación.

El presente capítulo tiene como objetivo la ubicación de las ftalocianinas dentro de un contexto económico actual a través de un estudio de mercado preliminar.

B) PRODUCCION, MERCADO Y CONSUMO.

La Industria de los Pigmentos puede dividirse en 2 grandes grupos: Orgánicos e Inorgánicos.

Existen a nivel nacional 8 empresas que constituyen el sector de los pigmentos en general:

- 1.- Bayer de México, S.A. de C.V.
- 2.- Basf Mexicana, S.A. de C.V.
- 3.- Colorquim, S.A. de C.V.
- 4.- Ferromexicana, S.A. de C.V.
- 5.- Hako Mexicana, S.A.
- 6.- Pigmentos y Oxidos, S.A.
- 7.- Pigmentos y Productos Químicos, S.A. de C.V.
- 8.- Química Hoechst de México, S.A. de C.V.

La producción se proyecta fundamentalmente a la industria de las Pinturas y las Tintas.

Respecto del segmento de los Pigmentos Orgánicos, en la tabla 3.1 se muestran datos a partir de 1978 de Producción, Importación, Exportación, Consumo Aparente^{*}, % de Incremento y Capacidad Instalada.

* Consumo Aparente = Producción + Importación - Exportación

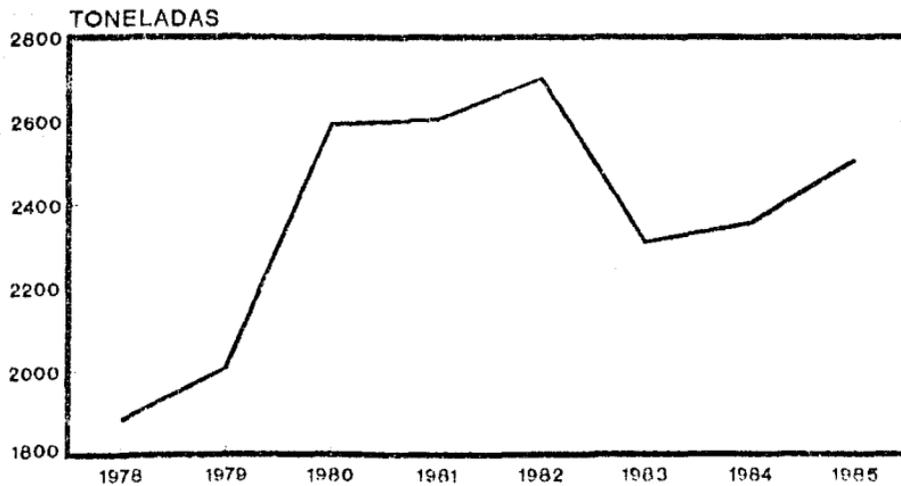
tons	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Producción	1883	2008	2592	2606	2702	2310	2356	2506
Importación	92	420	103.4	126	129	27.4	95.1	150
Exportación	99	78.5	49	27.4	35	33	42	85.5
Cons. Ap.	1876	2350	2646	2705	2796	2304	2409	2570
% Incr.	(12.1)	25.2	12.6	2.2	3.4	(17.6)	4.5	6.6
Cap. Inst.	2638	2910	2910	2910	2910	2910	3650	3650

TABLA 3.1

Producción nacional de Pigmentos Orgánicos

La Gráfica 1 muestra los datos anuales de Producción Nacional de Pigmentos Orgánicos.

PRODUCCION ANUAL NACIONAL PIGMENTOS ORGANICOS



GRAFICA 1

Respecto de la producción internacional, Estados Unidos es uno de los más importantes productores de ftalocianina. Desde el año de 1940, en que comenzaron a producirse en ese país, han tenido tendencia de crecimiento.

Simplemente en Estados Unidos las ftalocianinas ocupan más del 20% del consumo total de pigmentos orgánicos.

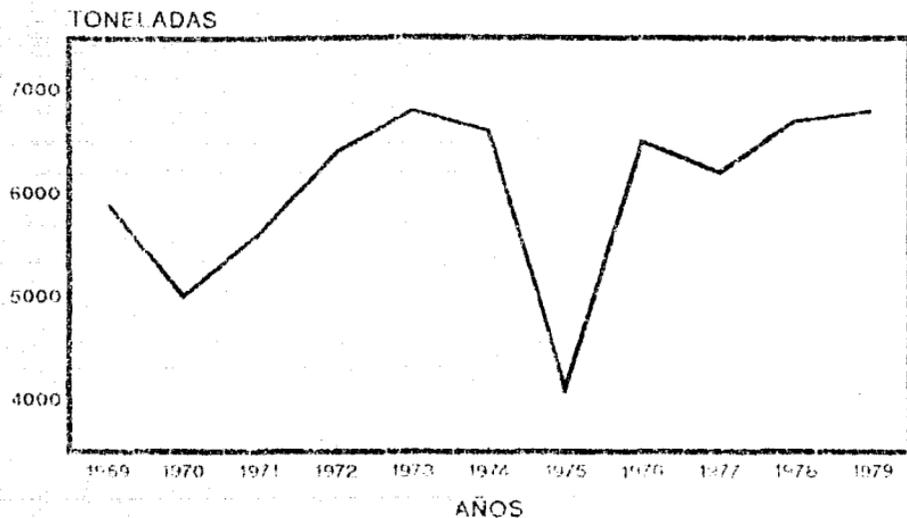
La tabla 3.2 muestra producciones de los años comprendidos entre 1969 y 1979. También se muestran en la gráfica 2.

Año	Producción (tons)
1969	5,900
1970	5,000
1971	5,600
1972	6,400
1973	6,800
1974	6,600
1975	4,100
1976	6,500
1977	6,200
1978	6,700
1979	6,800

TABLA 3.2

Producción de Ftalocianinas en USA

PRODUCCION ANUAL EN ESTADOS UNIDOS AZUL Y VERDE DE FTALOCIANINA



Gráfica 2

En México, la producción anual de ftalocianinas (incluidos los Pigmentos Azul 15 y Verde 7) ha seguido desde el año 1978 la tendencia mostrada en la Gráfica 3, según datos de la tabla 3.3

Año	Producción (tons)	% crecimiento
1978	363	
1979	497	+ 37
1980	527	+ 6
1981	569	+ 8
1982	535	- 6
1983	444	- 17
1984	533	+ 20
1985	634	+ 19
1986	507	- 20
1987 *	530	+ 5
1988 *	551	+ 4

TABLA 3.3

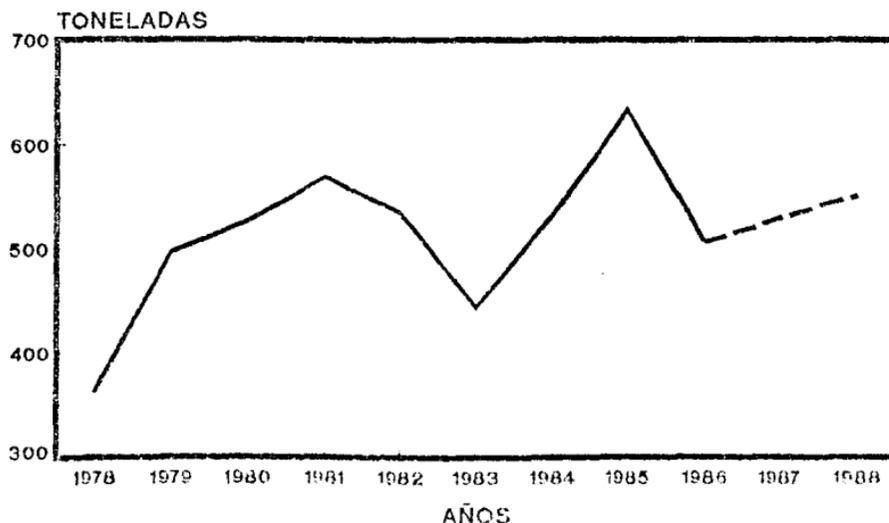
Producción Nacional de Ftalocianinas

* Estimado

PRODUCCION ANUAL DE FTALOCIANINAS PIGMENTOS AZUL 15 Y VERDE 7

REAL

ESTIMADO

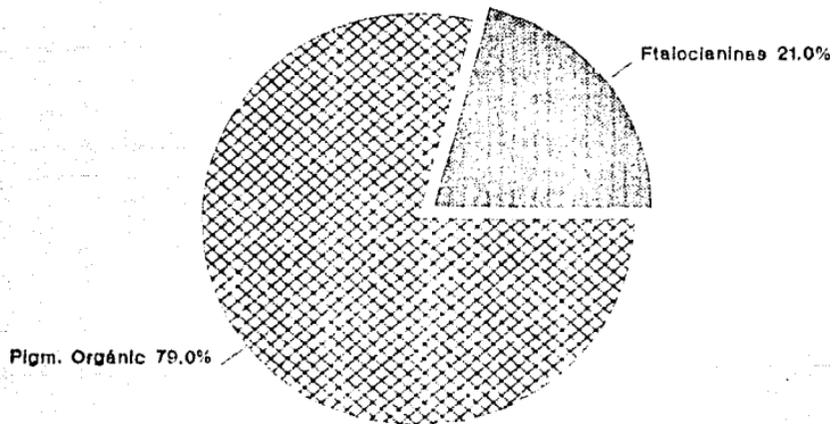


GRAFICA 3

De gran importancia a nivel nacional son las ftalocianinas, ya que dentro de la producción total de pigmentos orgánicos ocupan el 21% en promedio anual (ver Gráfica 4).

Se puede observar cierta similitud en cuanto a la distribución porcentual de los pigmentos de ftalocianina aquí en México y en Estados Unidos: poco más o menos el 20% para ambos países, lo cual es una cifra significativa, puesto que en aproximadamente 50 años desde su creación, han tenido una tendencia creciente, hasta llegar a ocupar en promedio la quinta parte de la producción total de pigmentos orgánicos en ambos países.

SEGMENTO DE FTALOS DENTRO DE PIGM. ORG.
PORCENTAJES

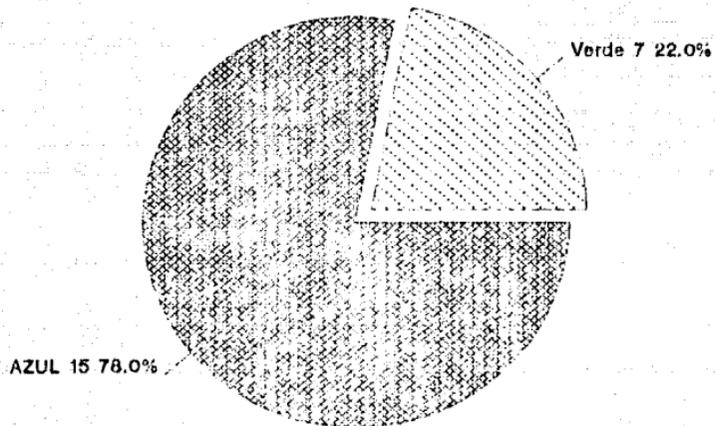


GRAFICA 4

El verde de ftalocianina, es decir la ftalocianina de Cu policlorada, se obtiene a partir de la cloración del azul de ftalocianina. Su producción es considerablemente menor comparándose con ésta última.

Del total de ftalocianinas, el verde abarca el 22% del mercado (Gráfica 5).

PORCIENTO DE VERDE DENTRO DE FTALOS PORCENTAJES



GRAFICA 5

Actualmente en México, la producción de ftalocianinas está centralizada en 2 grandes empresas:

- Colorquim, S.A. de C.V.
- Pigmentos y Oxidos, S.A.

La distribución del mercado es aproximadamente el 55% del total para PYOSA, y el 45% restante para COLORQUIM.

Ambas producen los Azules 15, 15.1, 15.2, 15.3, 15.4 y verde 7.

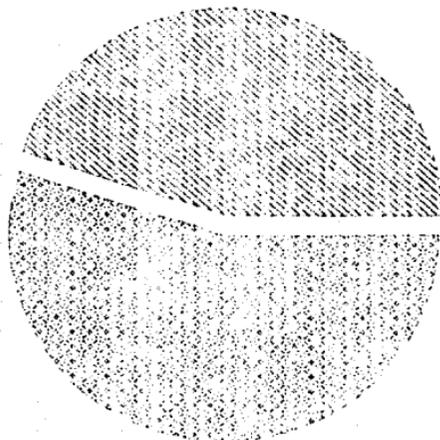
La distribución se muestra en la Gráfica 6.

De acuerdo al Código de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos, en lo referente a importaciones, la fracción arancelaria en la que se clasifican las ftalocianinas es la 3205-B-0018.

Las importaciones de éste rubro en volumen y valor se muestran en las tablas 3.4 y 3.5 respectivamente.

DISTRIBUCION DE LA PRODN. DE FTALOS
PIGMENTOS AZUL 15 Y VERDE 7

COLORQUIM 45.0%



PYOSA 55.0%

GRAFICA 6

PAIS	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Alem. Occ.	--	--	2048	8284	4905	--	2803	--	3795
Argentina	--	--	--	--	--	--	--	--	4
E.E.U.U.	44134	38939	38782	29967	30779	12792	33093	12443	12441
Francia	--	--	--	--	--	--	--	--	27
Japón	--	--	--	--	--	--	1140	--	8
Inglaterra	--	--	--	--	--	--	--	--	1574
Suiza	--	20	--	--	--	--	--	--	198
TOTAL	44134	38959	40830	38251	35684	12792	37036	12443	18229

TABLA 3.4

Volumen de Importaciones AZUL 15 (kgb)

PAIS	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Alem. Occ.	--	--	12.2	49.9	35.3	--	20.5	--	88.5
Argentina	--	--	--	--	--	--	--	--	.38
E.E.U.U.	447.1	381.0	237.5	201.5	251.9	97.1	266.8	106.8	157.3
Francia	--	--	--	--	--	--	--	--	.547
Japón	--	--	--	--	--	--	9.85	--	.02
Inglaterra	--	--	--	--	--	--	--	--	10.7
Suiza	--	.262	--	--	--	--	--	--	14.6
TOTAL	447.1	381.3	240.6	251.5	287.3	97.1	297.2	106.8	271.8

TABLA 3.5

Valor de Importaciones AZUL 15 (miles dls.)

Respecto de las exportaciones, Pigmentos y Oxidos es la única de las 2 empresas productoras en México que vende ftalocianinas en el mercado internacional. Desde el año de 1982 comenzó sus operaciones en el exterior, con ventas a países como Estados Unidos, Ecuador, Venezuela, Perú, Colombia, Guatemala, Chile y Australia, entre otros, y con cifras aproximadas a las presentadas en la tabla 3.6 :

Año	Volumen (tons)
1982	53
1983	20
1984	80
1985	127
1986	76
1987	159

TABLA 3.6

Exportación en Volumen de
Ftalocianinas

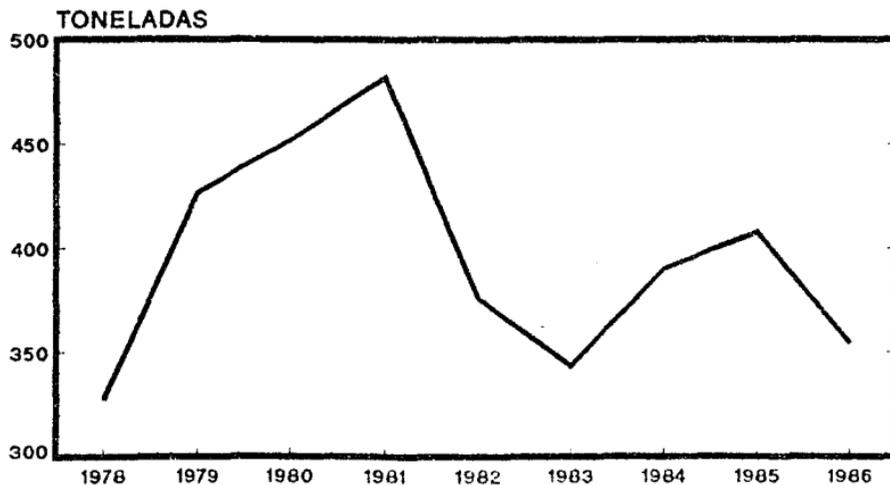
El consumo aparente total por años y para el pigmento Azul 15 es el que se presenta en la tabla 3.7 y Gráfica 7.

Año	Cons. Aparente (tons)
1978	327.3
1979	426.6
1980	451.9
1981	482.1
1982	376.0
1983	343.5
1984	390.3
1985	407.9
1986	354.4

TABLA 3.7

Consumo Aparente Anual de Azul 15

CONSUMO APARENTE ANUAL AZUL 15



AÑOS
GRAFICA 7

El ajuste de la curva de la Gráfica 7 muestra la tendencia de crecimiento en el consumo aparente; se presenta en la Gráfica 8.

Curva ajustada: $R^2 = 0.711$
 $y = -20038.83 + 10.29 x$

Por otro lado, la distribución del mercado de ftalocianinas de acuerdo a su consumo y usos, expresado en porcentajes y por sectores industriales, es el siguiente: (ver Gráfica 9)

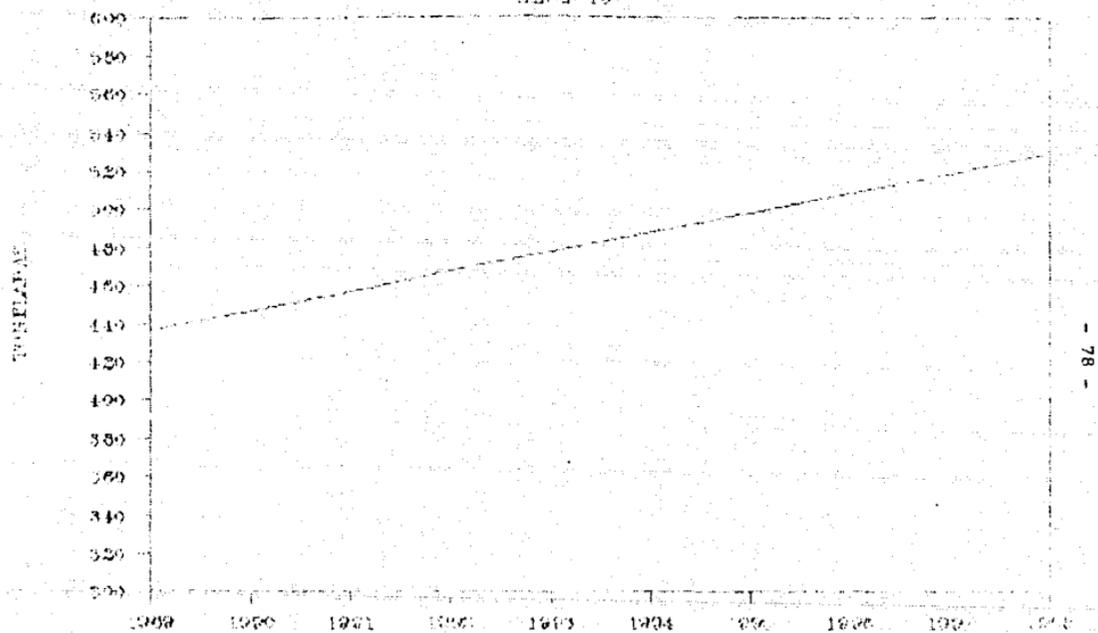
INDUSTRIA	% DEL MERCADO
Tintas	40
Pinturas	28
Plásticos	10
Detergentes	10
Cemento	4
Escolares	3
Cuero	3
Textil	2

TABLA 3.8

Distribución del consumo de ftalocianinas

TENDENCIA CONSUMO APARENTE

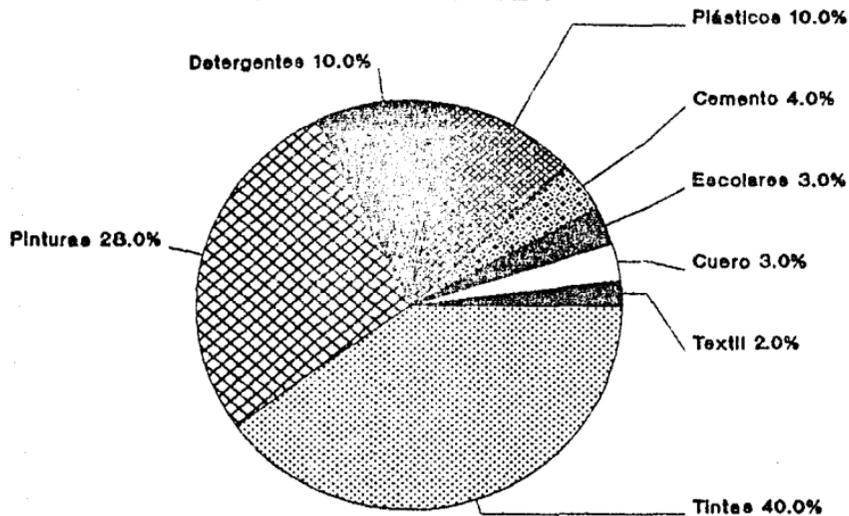
ANEXO 13



ANEXO

GRÁFICO 3

DISTRIBUCION DEL MERCADO DE FTALOS AZUL 15 Y VERDE 7



GRAFICA 9

C) INDUSTRIAS RELACIONADAS.

A continuación se presentan datos y tendencias de las principales industrias en las que se emplean las ftalocianinas, con el objeto de correlacionar la producción de dichos pigmentos a esas industrias consumidoras.

PINTURAS:

La Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas ha hecho la estimación del mercado mexicano de pinturas, dividiendo a ésta industria en 3 sectores principales:

- Doméstico: abarca a las pinturas vinílicas, esmaltes y otras pinturas y barnices.
- Industrial: comprende a las pinturas de uso automotriz, electrodoméstico, envases metálicos, madera, fabricaciones metálicas, pinturas en polvo e industrial misceláneo.
- Mantenimiento Industrial y Marino.

Una clasificación más general se presenta en la tabla 3.9, con su evolución en volumen a partir de 1975.

SEGMENTO	producción anual (MM lts)										
	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Barnices	4.25	4.63	5.38	5.86	5.89	6.08	6.32	7.85	6.87	6.80	6.84
Esmaltes	45.60	52.13	64.37	75.10	72.39	70.79	79.68	70.72	58.70	65.78	70.32
Lacas	8.52	9.11	8.70	9.53	9.85	10.21	10.72	13.83	7.03	7.59	9.89
Pinturas Vinificas	38.3	44.19	44.55	48.28	54.37	57.20	65.22	70.02	52.61	52.52	63.53
Otras Pinturas	18.98	21.20	21.88	22.08	22.94	23.64	23.21	28.75	25.06	26.94	31.23
TOTAL	115.6	131.2	144.9	160.8	165.4	167.9	185.1	191.1	150.2	159.6	181.8

TABLA 3.9

Producción Anual. Pinturas.

Curva Ajustada: $R^2 = 0.771$

$$y = -13211693.12 + 6755.5 x$$

TINTAS:

Al igual que con la industria de las pinturas, la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas ha hecho la estimación del mercado mexicano de tintas para impresión, y los datos son mostrados en la Tabla 3.10 :

Segmento	Producción anual (tons. métricas)					
	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Offset	525	650	800	960	1150	1495
Grabado y Tipografía	5	6	7	9	10	12
Rotograbado	235	320	425	553	740	970
Flexografía	109	145	200	250	340	460
Serigrafía	22	31	43	56	76	99
Otros	84	123	185	247	384	614
TOTAL	980	1275	1660	2075	2700	3650

TABLA 3.10

Producción Anual. Tintas.

Curva ajustada: $R^2 = 0.9509$

$$y = -1.019 \text{ E}+06 + 512.42 x$$

PLASTICOS:

La industria de los polímeros provee las materias primas que utiliza la industria del plástico. El mayor porcentaje de polímeros es destinado a ésta industria, que los formula y mezcla con aditivos, y los somete a procesos de transformación para obtener el producto final.

Dado lo anterior, el consumo de plástico está correlacionado directamente a la producción de resinas sintéticas.

En la tabla 3.11 se muestran datos referentes a Resinas Sintéticas, según ANIQ.

(miles tons)	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Producción	591.2	641.7	643.5	647.4	770.6	855.9	906.1
Importación	239.3	309.6	265.1	305.6	188.7	299.3	285.9
Exportación	2.53	2.10	18.45	77.38	143.3	135.1	177.4
Consumo Ap.	828.0	949.2	890.1	875.6	816.0	1020	1017
% Incr. C.A.	19.9	14.6	(6.2)	(1.6)	(6.8)	25.0	(0.3)

TABLA 3.11

Producción Anual. Resinas Sintéticas.

Dentro de los datos que se manejan en la tabla 3.11, se incluyen las siguientes resinas: Polietileno B.D., Policloruro de Vinilo, Poliestireno, Polietileno A.D., Poliacetato de Vinilo, Polipropileno, Urea-formaldehido, Alcídicas, Poliuretanos, Poliester no saturado, Fenólicas, Copolímeros VCM/VAM, Polimetacrilato de metilo, Breas Esterificadas, Maleicas, Melamina-Formaldehido, Epóxicas, Poliamidas ac. dimérico, Sili-

cones y Fumáricas.

No se incluyen Tereftalato de Polietileno, Poliacrilo - nitrilo ni policaprolactama por destinarse a la producción de fibras textiles. Tampoco se incluye DOP. Se incluyen emulsiones acrílicas.

La regresión lineal del consumo aparente presenta los siguientes datos:

Curva ajustada: $R^2 = 0.9197$

$$y = -6.803 E+07 + 34771 x$$

DETERGENTES:

Como se ha mencionado en el Capítulo I, las ftalocianinas se utilizan para colorear jabón y detergente.

Volumenes de producción de ésta industria se reportan en la tabla 3.12, por segmentos y totales anuales. Dicha tabla muestra los segmentos de la industria de jabones y detergentes en donde es posible utilizar ftalocianinas, ya que el total de segmentos es el siguiente: blanqueadores líquidos, detergentes en polvo, detergentes líquidos, dentífricos, jabón corriente para lavar, jabón de tocador, otros jabones y detergentes, y finalmente polvos limpiadores.

	Producción anual (miles tons)										
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Deterg. en polvo	380.3	445.1	419.7	487.7	519.9	561.1	629.5	609.2	601.1	573.1	653.2
Polvos limpiadores	13.34	15.05	13.38	12.75	13.37	13.09	16.19	10.15	9.94	8.72	9.12
Jabón de tocador	52.58	59.39	61.51	62.24	63.83	75.71	69.07	77.81	88.80	81.30	87.28
Otros jabones y detergentes	22.56	23.58	30.81	31.98	32.34	33.72	40.68	43.41	33.49	31.60	10.38
T O T A L	468.8	543.1	525.4	594.7	629.5	683.6	755.5	740.6	733.3	694.7	760.0

TABLA 3.12

Producción Anual. Detergentes.

Curva ajustada: $R^2 = 0.8586$

$y = -3.991 E+07 + 20484 x$

D) PRONOSTICO DEL MERCADO.

Con base en los datos presentados en el inciso anterior, se observa que la curva de demanda del pigmento Azul 15 está relacionada con las industrias que utilizan a las ftalocianinas como pigmentos.

De hecho tienen mayor incidencia sobre el consumo de éstos pigmentos las industrias de Pinturas y Tintas, ya que entre ambas abarcan el 68% del mercado total.

La planeación del consumo futuro de las ftalocianinas se puede conseguir mediante la proyección de la curva ajustada del consumo aparente, cuyos datos son presentados en la tabla 3.13

Año	Cons. Aparente (tons)
1989	436.96
1990	447.26
1991	457.55
1992	467.85
1993	478.14
1994	488.44
1995	498.73
1996	509.02
1997	519.32
1998	529.61

TABLA 3.13

Proyección del Consumo Aparente

Sin embargo, ésta proyección proporciona únicamente números fríos, sin tomar en cuenta factores externos e internos íntimamente ligados a cualquier industria, tales como economía internacional, situación económica interna, surgimiento de nuevas empresas competidoras, factores humanos, etc. Además, muestra el total del mercado centralizado en las actuales empresas

productoras: Colorquim y PYOSA.

En éste trabajo se considera que el mercado objetivo, para una futura empresa productora de ftalocianinas, puede ser el 25% del total. Este segmento es posible abarcarlo a través de una incursión paulatina en el transcurso de un período razonable, como lo son 10 años, y siendo aún éste un período amplio para efectuar pronósticos económicos en cualquier campo, dada la incertidumbre económica existente a nivel nacional e internacional.

En la tabla 3.14 se muestra el pronóstico del mercado objetivo.

El Mercado Potencial hacia el que estará dirigida la producción de ftalocianinas son las industrias de las Pinturas y Tintas. El Capítulo II arrojó los resultados de las pruebas efectuadas sobre el pigmento, para ser empleado en esmaltes acrílicos y barnices litográficos. Dichos resultados mostraron que la calidad de la ftalocianina de cobre, sintetizada en nitrobenzeno como disolvente, es de un nivel aceptable, y puede aplicarse en pinturas y tintas, aunque es posible mejorar la transparencia y resistencia a la floculación del pigmento.

En cuanto a su aplicación en plásticos, no es posible el uso del pigmento sintetizado en éste trabajo en dicha industria, dadas las características que se requieren de él: se usa "encapsulado" o bien "empastado". Una opción es distri -

No. años	AÑO	% del mercado	tons.
0	1988	-	-
1	1989	5	21.85
2	1990	5	22.36
3	1991	7	32.03
4	1992	10	46.78
5	1993	13	62.16
6	1994	15	73.26
7	1995	18	89.77
8	1996	20	101.8
9	1997	22	114.25
10	1998	25	132.4

TABLA 3.14

Pronóstico de Ventas

buir el pigmento sólido como materia prima a una industria in-
termedia que lo encapsule o empaste.

Respecto a la industria de los detergentes, aquí los
pigmentos Azul 15 y Verde 7 se emplean como sal, generalmente
como sulfonatos, por lo que tampoco pueden tener una aplica-
ción directa tal y como se derivan del proceso propuesto.

Sabiendo que las Pinturas y Tintas son el mercado hacia el que debe dirigirse el producto, hay que tener en cuenta la forma como se venderá y su comercialización respecto de empaque, tamaño, forma, etc. Para promocionar el pigmento, que se encontrará en forma de polvo fino, puede envasarse en pequeños frascos muestrarios de PET (polietiléntereftalato) que es plástico transparente, con tapa, etiqueta, y de aprox. 200 ml de capacidad. En la distribución a gran escala, el pigmento puede ser envasado en tambos metálicos de 180 kg de capacidad.

En relación a la distribución, los volúmenes a manejar no son muy grandes, si se considera que el primer año se manejan alrededor de 20 toneladas, y un transporte particular puede cubrir las necesidades. Dicha distribución deberá hacerse sobre pedido, por lo cual será necesario dar a conocer el producto. Primeramente a través de anuncios publicitarios en directorios industriales, anuario de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), en la Asociación Nal. de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT), etc. Será necesaria también promoción personalizada, con muestras físicas a los fabricantes de pinturas y tintas que puedan estar interesados en el pigmento.

E) PRECIOS.

Internacionalmente, el precio de venta del pigmento Azul 15 no ha sufrido cambios drásticos. Desde el año de 1980 y hasta 1986, mantuvo su costo FOB en 8.10 usdl1s/lb. En 1987 el precio se incrementó a 9.45 USD11s/lb.

En México la evolución de los precios ha sido distinta, dada la situación económica del país. La tabla 3.15 muestra la historia de precios a valor constante (dic. 1987) y a valor corriente (valor promedio anual) del pigmento Azul 15.

La falta de un pronóstico seguro en las tasas de inflación futuras, hace necesario proyectar las ventas de los pigmentos en precios constantes de dic. 1987, y siendo anualmente adicionado un porcentaje por el costo de oportunidad en dicha venta. Adicionalmente a ese precio tendrá que sumarse el valor anualizado de la inflación. Un costo de oportunidad del 12% es razonable para el pigmento.

El pronóstico de los precios de venta se presenta en la Tabla 3.16 .

AÑO	Tasa de inflación anualizada (1970=0) en % (*)	PRECIOS	
		Pesos constantes (£)	Pesos corrientes
1978	16.17	173.8	262
1979	20.04	208.6	298
1980	29.78	270.7	364
1981	28.68	348.4	433
1982	98.87	692.8	769
1983	80.16	1248.2	1602
1984	59.17	1986.7	2570
1985	57.75	3134.0	3878
1986	105.7	6446.7	5497
1987	159.2	16710	16710

TABLA 3.15

Historia de precios. Azul 15.

(*) Fuente: Banco de México

(£) Valores constantes de dic. 1987

AÑO	Precio de venta (*) (pesos/kg)
1989	20,961
1990	23,476
1991	26,293
1992	29,449
1993	32,982
1994	36,940
1995	41,373
1996	46,338
1997	51,899
1998	58,126

TABLA 3.16

Pronóstico de Precios de Venta.

Azul 15

(*) Valores constantes dic. 1987 + costo de oportunidad

IV.- ESTUDIO MACROECONOMICO Y MICROECONOMICO

Un estudio Macroeconómico es de vital importancia en todo proyecto industrial, ya que tiene por objeto la ubicación de dicho proyecto dentro del universo económico que lo rodea.

A continuación se desarrolla un breve estudio Macro y Microeconómico, tratando factores económicos trascendentes para México: Producto Interno Bruto, Inflación y Movimientos Político-Económicos.

A) PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB).

El producto Interno Bruto se define como el monto global de bienes y servicios de uso final, generados en un cierto período de tiempo. Por lo general se maneja en períodos anuales.

La crisis económica que afecta al país ha repercutido en la planta productiva nacional, causando una sensible contracción. Esta situación se refleja en el nivel de vida de la población, ya que la oferta de bienes que produce el sector industrial prácticamente no se ha incrementado notablemente durante los últimos años. Lo anterior provoca problemas tales como desequilibrio en la demanda de bienes y servicios, reducción en la generación de empleos, debilitamiento económico frente al exterior, alza general de precios y, por lógica, una mayor presión social.

La caída en el P.I.B. y los niveles de inflación sin precedentes alcanzados a partir de 1982 han repercutido negativamente en las utilidades de las empresas y en el poder adquisitivo de los salarios. La crisis agudizada a fines de 1987 no ha hecho posible el compensar ese deterioro.

La tabla 4.1 muestra el comportamiento del P.I.B. desde 1976, a pesos constantes de 1970.

AÑO	PIB MMPs (1)	INC %	PIB MMPs (2)	INC %	Población miles	PIB/ capita \$/hab (1)	INC %	PIB/ capita \$/hab (2)	INC %
1976	635831	4.2	1370968	24.6	61979	10259	1.2	22120	20.9
1977	657721	3.4	1849263	34.8	63813	10307	4.7	28979	31.0
1978	711983	8.2	2337398	26.4	65658	10844	5.2	35600	22.8
1979	777163	9.2	3067526	31.2	67518	11510	6.1	45433	27.6
1980	841855	8.3	4276490	39.4	69393	12132	5.4	61627	35.6
1981	908765	7.9	5874366	37.4	71249	12755	5.1	82449	33.8
1982	903839	(0.5)	9417089	60.3	73122	12361	(3.1)	128786	56.2
1983	856174	(5.3)	17141694	82.0	74980	11419	(7.6)	228614	77.5
1984	887647	3.5	28748889	67.7	76791	11559	1.2	374378	63.8
1985	912334	2.8	45419841	58.0	78524	11619	0.5	578419	54.5
1986	878085	(3.8)	77778086	71.2	80300	10935	(5.9)	968594	67.5

TABLA 4.1

Producto Interno Bruto Nacional

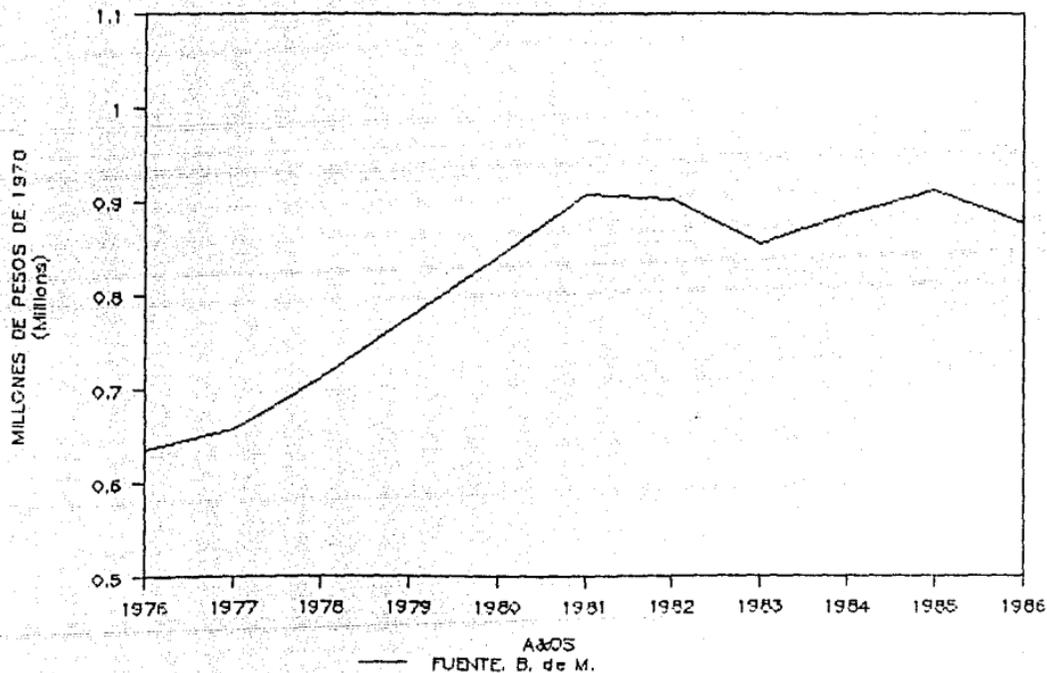
- Fuente: Banco de México, Informe Anual 1986

- 1986 es preliminar

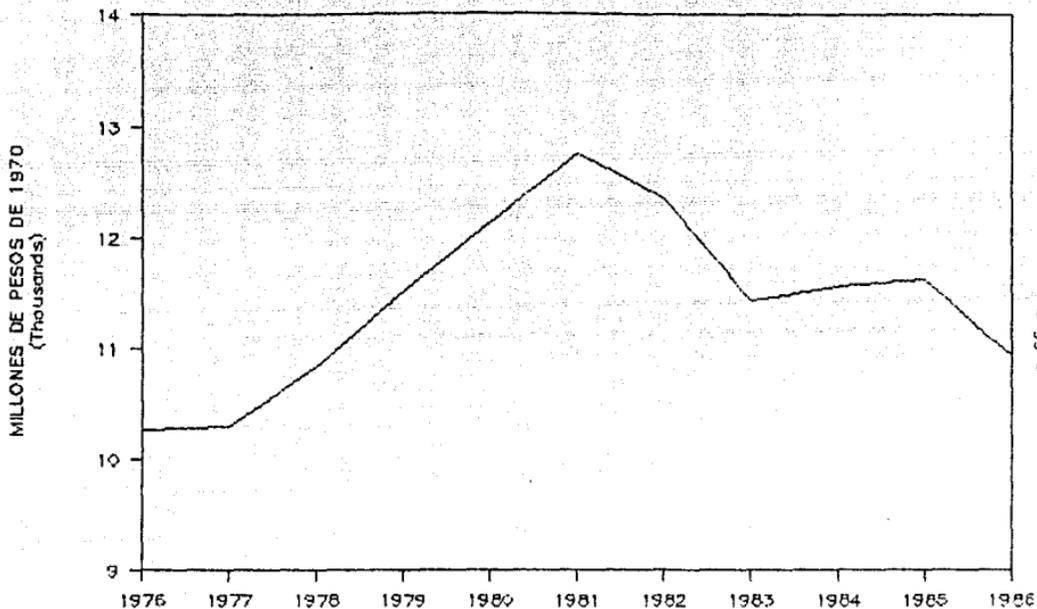
- (1) Precios de 1970

- (2) Precios corrientes

PRODUCTO INTERNO BRUTO NACIONAL



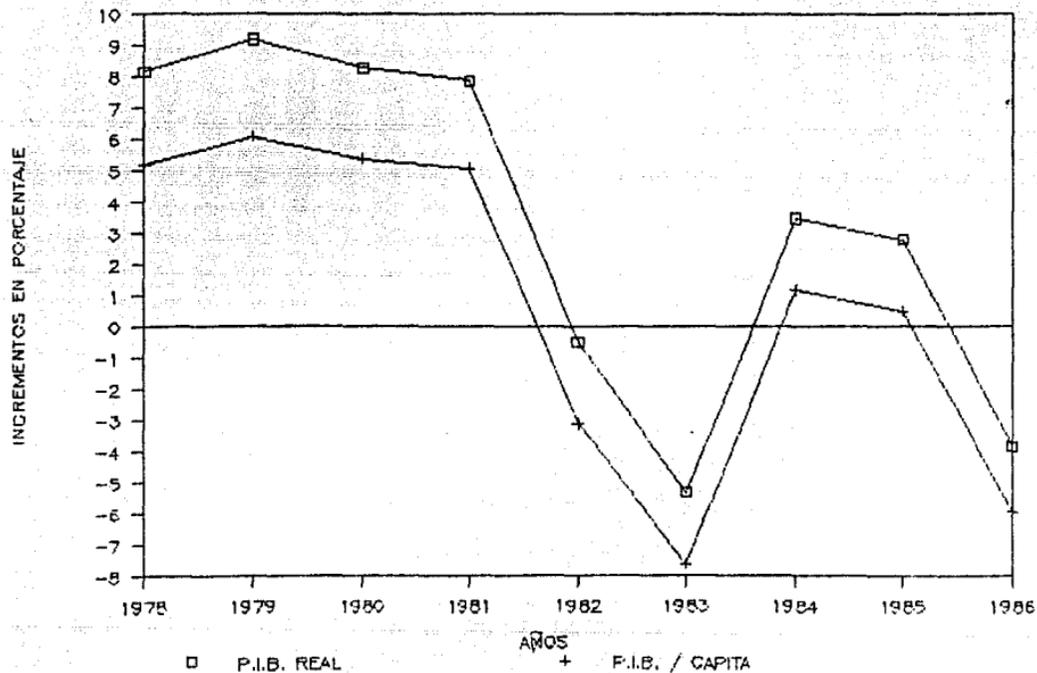
PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CAPITA



AÑOS
FUENTE: B. de M.

- 66 -

TENDENCIA DE CRECIMIENTO DEL P.I.B.



GRAFICA 12

La Industria Química, aún en tiempos difíciles, ha registrado casi siempre un índice de crecimiento mayor al de la Industria Manufacturera en general, como lo muestra la Tabla 4.2:

AÑO	INDUSTRIA (£) MANUFACTURERA*	INCR. %	INDUSTRIA QUINICA*	INCR. %
1976	148117	4.9	25121	10.2
1977	153275	3.5	26688	6.2
1978	168382	9.5	29062	8.9
1979	186016	10.5	31781	9.4
1980	198969	7.0	34607	8.9
1981	213423	7.2	39698	14.7
1982	206983	(3.0)	40778	2.7
1983	194934	(5.8)	40762	(0.03)
1984	205309	5.3	43332	6.3

TABLA 4.2

Participación en el P.I.B. Nal.

Fuente: INEGI, SPP

£ = No incluye Petróleo y derivados

* = millones de pesos de 1970

El grupo de Pigmentos y Colorantes, del que forman parte las Ftalocianinas, tiene relación directa con el P.I.B., al igual que las industrias en que se aplican éstas. Ver tablas 4.3 y 4.4 .

Dicho grupo ha mantenido casi constante su porcentaje anual de participación dentro del P.I.B., y teniendo un crecimiento en volumen positivo.

Las Industrias de Pinturas y Artículos de Plástico han reducido sensiblemente su participación en el PIB, siendo su tendencia de crecimiento en volumen también positiva.

La Industria de las Tintas se ha mantenido prácticamente constante en su participación en el P.I.B., no así la de Jabones y Detergentes, la cual ha tenido un crecimiento francamente positivo en participación y volumen.

GRUPO	1980		1981		1982		1983		1984	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Colorantes y Pigmentos	1931	2.3	1887	2.1	1721	1.9	1631	1.8	1752	1.8
Pinturas, Barnices y Lacas	2966	3.6	3117	3.5	3058	3.3	2510	2.7	2729	2.8
Tintas y Pulimentos	915	1.1	983	1.1	1006	1.1	916	1.0	1027	1.1
Jabones, Detergentes y Similares	6197	7.5	6846	7.7	7531	8.2	7441	8.1	7708	7.9
Artículos de Plástico	8672	10.5	9515	10.6	9725	10.6	8070	8.8	8435	8.6

TABLA 4.3

A=Valor de la producción Bruta.- millones de pesos de 1970 y

B=Porcentaje dentro de la Industria Química *

* Se excluye Petróleo y derivados
Fuente: INEGI, SPP

GRUPO	1980		1981		1982		1983		1984	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Colorantes y Pigmentos	659	1.8	645	1.6	588	1.4	556	1.4	598	1.4
Pinturas, Barnices y Lacas	1098	3.0	1154	2.9	1132	2.8	929	2.3	1011	2.3
Tintas y Pulimentos	386	1.0	414	1.1	426	1.0	386	0.9	431	1.0
Jabones, Detergentes y Similares	2102	5.7	2322	5.8	2554	6.3	2524	6.2	2615	6.0
Artículos de Plástico	3868	10.5	4243	10.7	4337	10.6	3599	8.8	3762	8.7

TABLA 4.4

A=Valor de Producto Interno Bruto.- Millones de pesos de 1970 y

B=Porcentaje dentro de la Industria Química *

* Se excluye Petróleo y Derivados

Fuente: INEGI, SPP

B) INFLACION.

La inflación se define como un período prolongado de tiempo, caracterizado por un aumento de precios elevados y sostenidos. La causa de la inflación es el desequilibrio entre la cantidad de dinero en circulación y la cantidad de bienes y servicios disponibles.

Durante 1984 y 1985 el Gobierno Federal prosiguió con el ajuste económico iniciado a fines de 1982, tendiente a corregir los graves desequilibrios que sumieron a la Economía Mexicana en la que se suponía era su más severa crisis. Ya desde entonces se tuvo una tasa de inflación superior a la prevista, pero también una tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto moderadamente superior a lo esperado. Durante 1984 la inflación se redujo en cerca de 20 puntos porcentuales en relación a la registrada el año anterior. No obstante, el nivel inflacionario para 1985 se mantuvo relativamente constante, registrando una tasa inflacionaria del 57.75%. Para 1986 se incrementó a 105.7%, y en 1987 ha registrado el índice más elevado en la historia nacional, con 159.2%.

Las tasas de inflación se reflejan en lo que se conoce como "Índice Nacional de Precios al Consumidor", del que se presenta una historia en la tabla 4.5 .

AÑO	Índice de precios (promedio anual)	Tasa de inflación (promedio anual, %)
1970	32.3	- -
1976	66.0	27.18
1977	85.1	20.71
1978	100.0	16.17
1979	118.2	20.04
1980	149.3	29.78
1981	191.1	28.68
1982	303.6	98.87
1983	612.9	80.16
1984	1014.1	59.17
1985	1599.7	57.75
1986	3290.6	105.7
1987	8529.4	159.2*

TABLA 4.5

Índice de precios al consumidor (base: 1978=100)
y tasa de inflación anual (base: 1970 = 100)

Fuente: Banco de México

* preliminar

El aumento en el índice inflacionario repercute directamente en el poder adquisitivo del salario, además de acarrear consecuencias negativas, tales como desalentar el crecimiento, reducir la inversión, generar déficit en el gasto e ingreso públicos, entre otras.

Como resultado de la inflación registrada al cierre de 1987, y ante el temor de generarse una hiperinflación, el Gobierno de la República, conjuntamente con Sindicatos y Empresarios, firmaron el 15 de diciembre del mismo 1987 el Pacto de Solidaridad Económica (PSE), que no es otra cosa sino un conjunto de medidas encaminadas a establecer un control sobre la inflación y al saneamiento de las finanzas públicas.

C) MOVIMIENTOS POLITICO/ECONOMICOS. BALANZA COMERCIAL.

Teniendo un entorno económico adverso, el Pacto de Solidaridad Económica se ha generado con el objetivo común de erradicar la inflación y hacer crecer la economía sobre bases sanas, para preservar la estabilidad social.

Han sido una serie de condiciones concertadas las que originaron la formulación de dicho pacto:

- 1.- Una crisis financiera mundial, provocando la caída de los mercados internacionales (p.ej. el petróleo), que repercute de manera decisiva sobre nuestra economía. Lo anterior, aunado a la especulación con que fue manejada la Bolsa Mexicana de Valores, provocó la peor caída registrada del mercado bursátil mexicano.
- 2.- Un rezago importante de los precios y tarifas del sector público.
- 3.- El crecimiento significativo de la inflación.
- 4.- Una situación inestable en el mercado cambiario, que obligó al Banco de México a retirarse primero del mercado libre de divisas, dando lugar a una devaluación.

ción de nuestra moneda en casi 33%, y después determinando un aumento del cambio controlado en 22%, habiendo disminuído previamente las tarifas arancelarias en la misma proporción.

A su vez, destacan algunos elementos positivos en la situación económica nacional: Un nivel satisfactorio de reservas internacionales del país, un fortalecimiento de la posición financiera de la mayoría de las empresas privadas y una sólida situación de balanza de pagos, con superávit en cuenta corriente, resultado en gran medida de las exportaciones no petroleras (ver tabla 4.6)

La Política Económica para 1988 se basa en los siguientes componentes generales:

- 1.- El fortalecimiento sustancial de las finanzas públicas, mediante una disminución significativa del gasto público programable, la eliminación de los rezagos de los precios y tarifas del sector público. El superávit fiscal primario (que es la diferencia entre los ingresos públicos y el gasto público excluyendo pagos de interés) se elevará a 8.3% del PIB frente al 5.4% previsto con anterioridad.
- 2.- Negociaciones salariales congruentes con los inte -

reses de la clase trabajadora y con el combate a la inflación.

- 3.- El reforzamiento de la política de racionalización protección comercial, basado en la adopción inicial de aranceles más bajos.

La intensidad inicial del conjunto de medidas adoptadas producirá, en el primer trimestre de 1988, un superávit fiscal primario mucho mayor que el previsto para todo el año fiscal en su conjunto, derivado del importante ajuste inicial de precios y tarifas y de una reducción del gasto público programable especialmente fuerte en dicho trimestre. Se espera que para el segundo semestre del año las tasas de interés estarán sensiblemente más bajas. Se estima que para 1988 la inflación no superará la de 1987. Asimismo se proyecta una fuerte disminución de las tasas de interés a partir del segundo trimestre.

Con el fin de reducir el gasto público, el Plan contempla la disminución del gasto programable de 22% del PIB a 20.5% del mismo, además de la ampliación del programa de desincorporación de empresas paraestatales no estratégicas y reducción de subsidios no justificables. En cuanto a la política monetaria, se aplicarán políticas crediticias restrictivas en la banca comercial y en la de desarrollo, salvo en los casos de los sectores agropecuario y de mediana y pequeña industrias.

MM Dls	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986*
Importación (FOB)	11986	18486	23104	14437	8551	11254	13212	11432
Exportación (FOB)	8798	15307	19420	21230	22312	24196	21664	16031
Saldo	(3187)	(3179)	(3685)	6793	13761	12942	8452	4599
Incremento % Importación	51.4	54.2	25.0	(37.5)	(40.8)	31.6	17.4	(15.1)
Incremento % Exportación	45.1	74.0	26.9	9.3	5.1	8.4	(10.5)	(26.7)
Relación I/E	1.36	1.21	1.9	0.68	0.38	0.45	0.61	0.71

TABLA 4.6

Análisis de la Balanza de Mercancías

Fuente: Banco de México.

* 1986 es preliminar

Ciertamente el panorama que se vislumbra en el terreno económico para los siguientes años resulta incierto, tanto en lo interno como en el ámbito exterior. El éxito de toda empresa está ligado a la evolución positiva que tenga la economía nacional, sobre la que influyen múltiples factores externos. Es preciso tener confianza en la superación de la crisis por la que atraviesa México, y ser optimistas, pues circunstancias como las que vivimos ahora son estímulo para salir adelante.

D) EXPECTATIVAS.

La situación económica real generalmente hace modificar la proyección que en el Estudio de Mercado se tiene. En éste inciso se presenta la tabla 4.8, que muestra unas expectativas personales de cómo puede ser el PIB por sector dentro de los próximos 10 años.

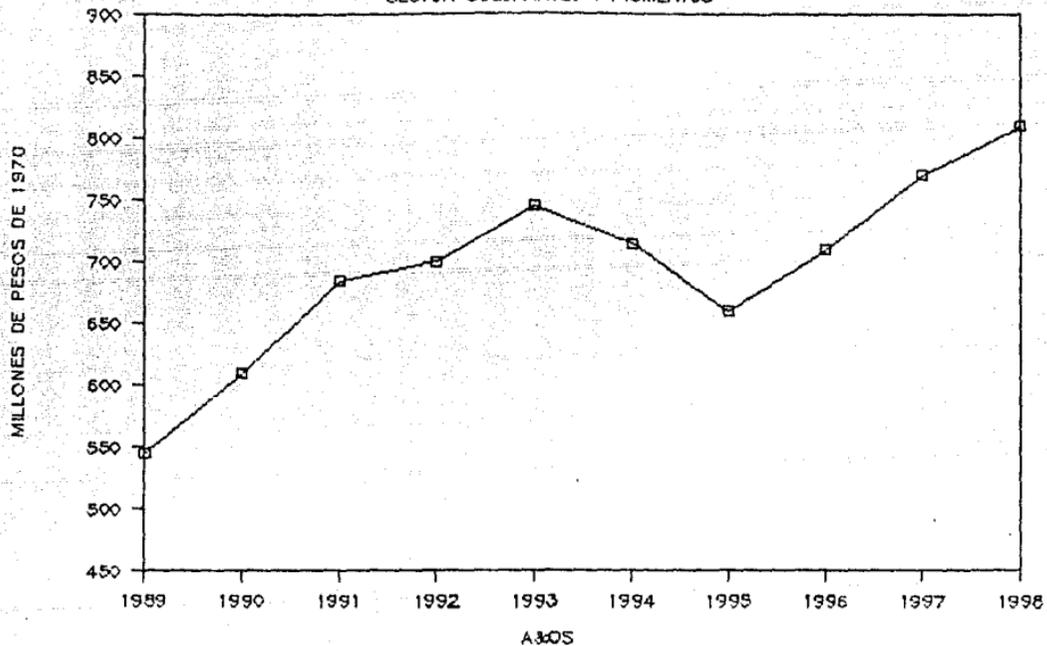
GRUPO	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Colorantes y Pigmentos	545	610	685	700	745	715	660	710	770	810
Pinturas, Barnices y Lacas	950	1100	1220	1285	1250	1245	1235	1295	1360	1410
Tintas y Pulimentos	440	495	520	555	600	585	560	595	630	650
Jabones y Detergentes	2550	2620	2760	2730	2840	2815	2750	2830	3010	3120
Artículos de Plástico	3500	3720	3840	4120	4000	3950	4050	4250	4400	4580

TABLA 4.8

Pronóstico del PIB/Sector.- Millones de pesos de 1970

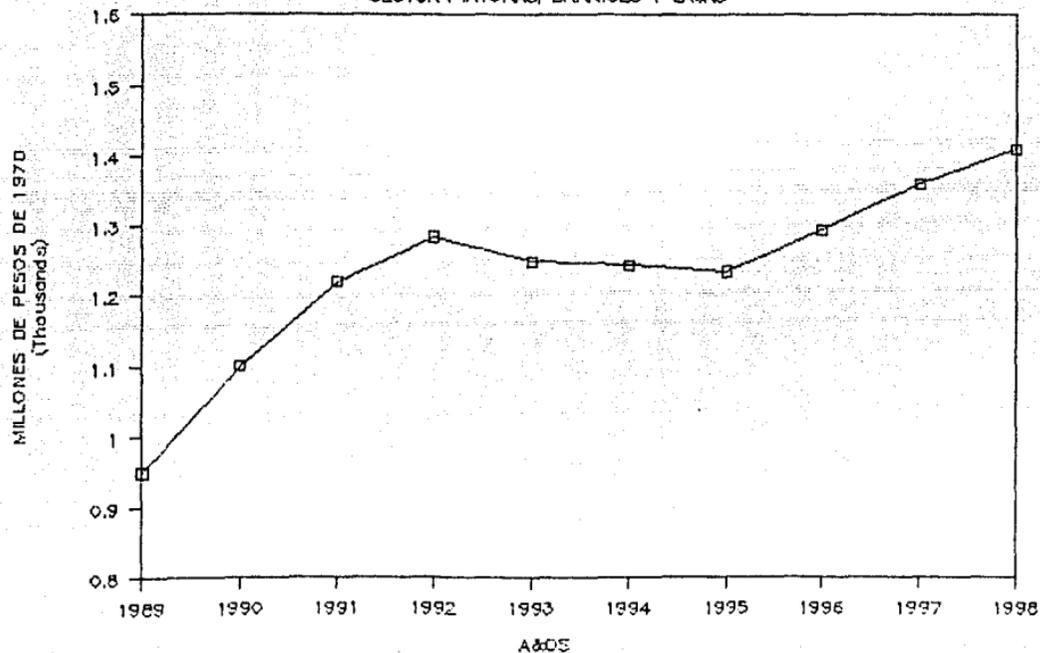
PRONOSTICO DEL P.I.B.

SECTOR COLORANTES Y PIGMENTOS



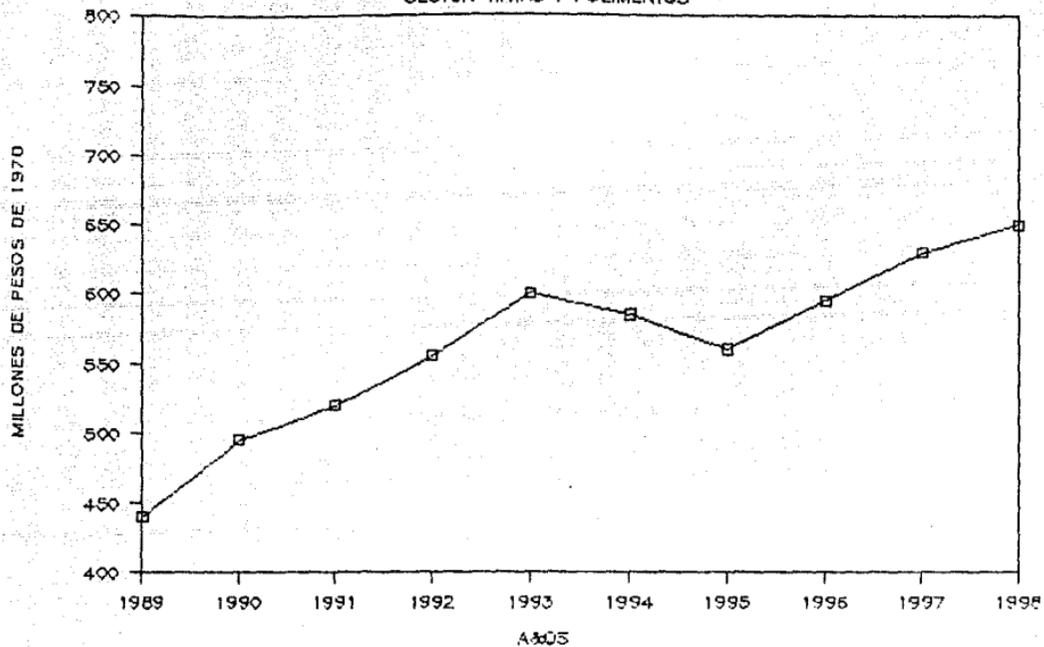
PRONOSTICO DEL P.I.B.

SECTOR PINTURAS, BARNICES Y LACAS



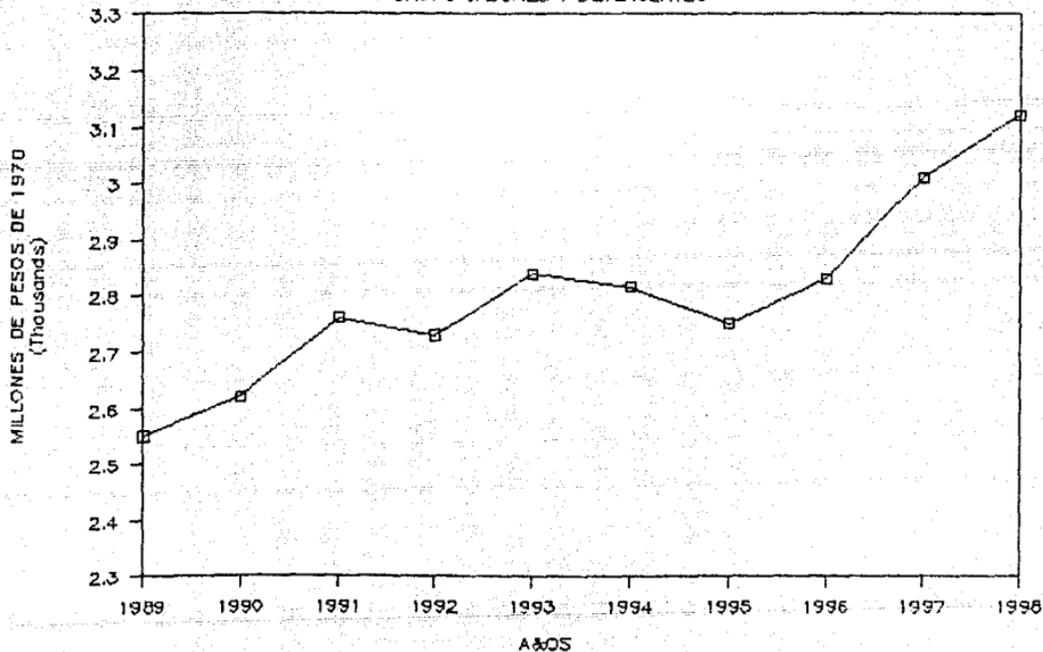
- 115 -

PRONOSTICO DEL P.I.B. SECTOR TINTAS Y PULIMENTOS



PRONOSTICO DEL P.I.B.

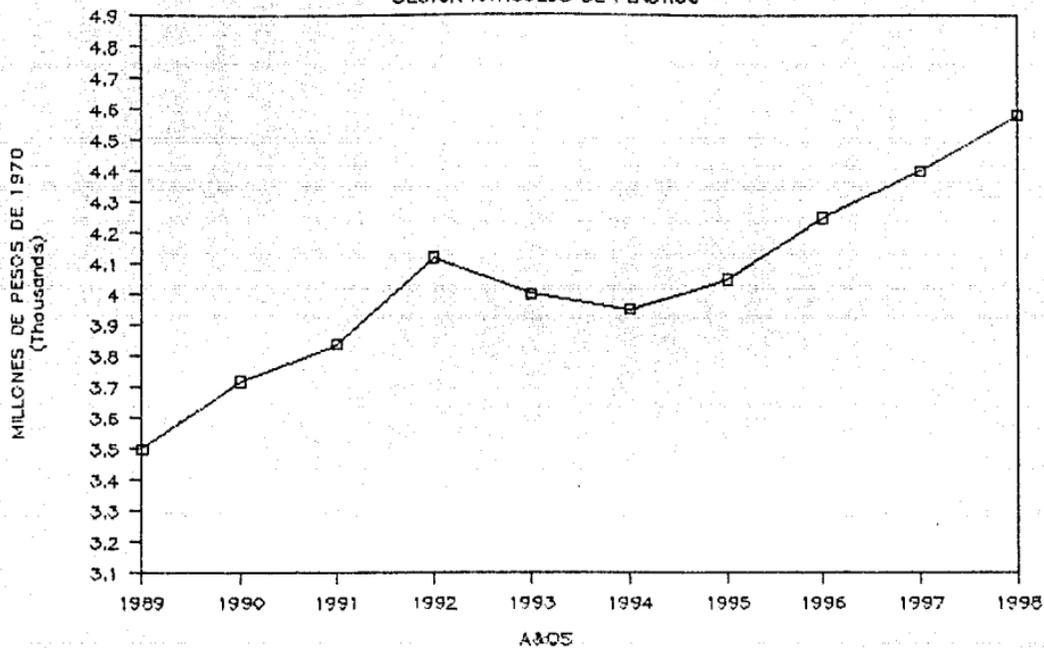
GRUPO JABONES Y DETERGENTES



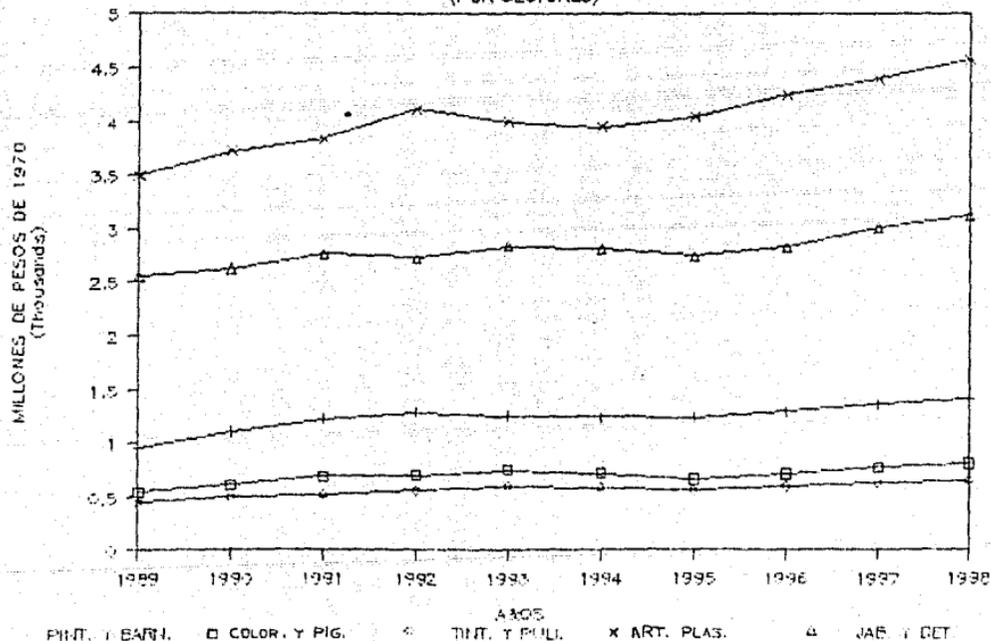
GRAFICA 16

PRONOSTICO DEL P.I.B.

SECTOR ARTICULOS DE PLASTICO



PRONOSTICO DEL P.I.B. (POR SECTORES)



GRAFICA 18

Las ventas pronosticadas en el Capítulo III se modifican en cuanto a que la proyección del PIB, de éste inciso, presenta una sensible disminución en el período 1993-1996, dado el cambio de sexenio. Pero, como la historia económica lo demuestra, los sectores antes mencionados han tenido, temporalmente hablando, una tendencia creciente en forma global.

Por lo anterior, los pronósticos de venta del capítulo que antecede se modifican previendo dicha contracción:

No. años	AÑO	% del mercado	tons.
0	1988	-	-
1	1989	5	21.85
2	1990	5	22.36
3	1991	7	32.03
4	1992	10	46.78
5	1993	11	52.60
6	1994	12	58.61
7	1995	13	64.83
8	1996	18	91.62
9	1997	22	114.25
10	1998	25	132.4

TABLA 4.9
Pronóstico Final de Ventas

V.- ESTUDIO TECNICO

A) DESCRIPCIÓN DEL PROCESO. BALANCE DE MATERIALES.

El proceso propuesto para la fabricación de ftalocianinas se presenta en la Fig. 12. Consiste en la alimentación a un reactor de los siguientes materiales: anhídrido ftálico, urea, cloruro cúprico, catalizador y nitrobenzeno como disolvente. El reactor tiene chaqueta de calentamiento externo y agitador. Concluida la reacción, se separa la fase sólida y líquida; el disolvente se recircula al reactor principal, y el material sólido se alimenta a un acidificador con agitación y calentamiento, en donde se hidrolizan impurezas básicas. La mezcla en conjunto se transfiere a otra etapa de separación, en donde son separados subproductos líquidos, y el material sólido es transferido ahora a un tanque neutralizador con agitación y calentamiento, donde son hidrolizadas impurezas ácidas. Posteriormente, en otro acidificador se verifica la disolución del pigmento en ácido sulfúrico. De ahí se alimenta la solución a un precipitador, para después pasar a otro separador sólido - líquido de donde se deriva el producto final en forma de sólido.

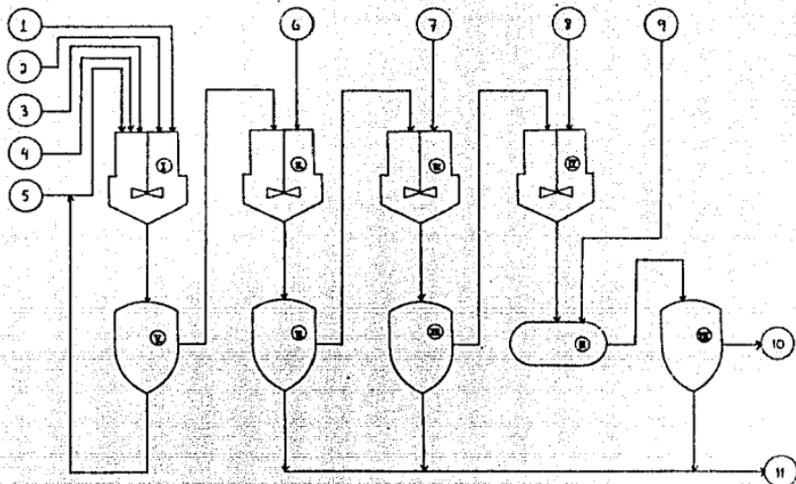


FIG. 12

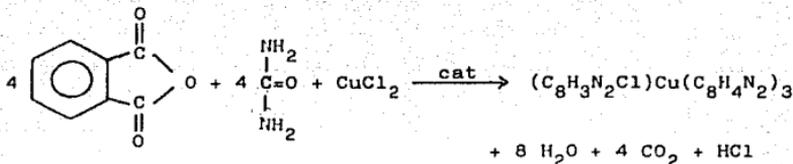
No	CORRIENTE	GASTO A MAX. CAP (kg/día)
1	Anhidrido Fóalico	536.9
2	Urea	650.8
3	Catalizador	0.992
4	Sal de Metal	121.3
5	Nitrobenzenc	224.3
6	HCl al 1%	1.246
7	NaOH al 1%	1.246
8	H ₂ SO ₄ conc.	1.023
9	H ₂ O	3.990
10	PProducto	511.5
11	Subproductos	5.036

No	EQUIPO
I	Reactor
II y IV	Acidificadores
III	Neutralizador
V u VIII	Separadores sólido-liquido
IX	Precipitador

El inciso (F) del capítulo IV ha establecido para 1998 una capacidad final de la planta de 132.4 tons., por lo que la capacidad instalada debe ser de 133 tons. de ftalocianina, en base a la cual se hará el balance de materiales preliminar, a partir de los resultados obtenidos en el laboratorio:

$$133 \text{ tons/año} = 133,000 \text{ kg/año} \cdot \frac{1 \text{ año}}{260 \text{ días}} = 511.53 \text{ kg/día}$$

La reacción total es:



El rendimiento global de la reacción es 92.8%.

La cantidad de reactivos a utilizar es la siguiente:

ANHIDRIDO FTALICO

$$\frac{4 \cdot 0.14812 \text{ Kg AF/Kgmol} \cdot 511.53 \text{ Kg/día}}{0.61053 \text{ KgCuPc/Kgmol}} = 496.4 \text{ Kg/día}$$

a un rendimiento del 92.8% :

$$496.4/0.928 = 534.9 \text{ Kg/día} = 139.077 \text{ Tons/año}$$

Se propone un 2% de merma en la materia prima, por manejo de materiales:

$$139.076 * 1.02 = 141.859 \text{ Tons A.F./año}$$

| UREA |

$$\frac{4 * 0.06007 \text{ Kg/Kgmol} * 511.53 \text{ Kg/día}}{0.61053 \text{ KgCuPc/Kgmol}} = 201.31 \text{ Kg/día}$$

Sin embargo se necesita el triple de esa cantidad, para tener urea en exceso. Además, el rendimiento y la merma:

$$\frac{201.3}{0.928} * 3 * 1.02 = 663.8 \text{ Kg/día} = 172.592 \text{ Tons/día}$$

| CLORURO CUPRICO |

$$\frac{0.13445 \text{ Kg/Kgmol} * 511.53 \text{ Kg/día}}{0.61053 \text{ KgCuPc/Kgmol}} = 112.65 \text{ Kg/día}$$

$$\frac{112.65}{0.928} * 1.02 = 123.81 \text{ Kg/día} = 32.191 \text{ Tons/año}$$

| MOLIBDATO DE AMONIO |

Se utiliza un 0.2% en peso (base anhídrido)

$$496.4 * 0.002 = 0.992 \text{ Kg/día} = 258.13 \text{ Kg/año}$$

| NITROBENCENO |

De acuerdo al desarrollo experimental, se utilizan 4.52 veces en peso del anhídrido. Pero se puede recuperar el disolvente, y permite ser reutilizado, a pesar de tener aproximadamente un 10% de merma por carga.

Se propone una carga inicial de 1 día

$$4.52 * 496.4 = 2243.73 \text{ Kg/día}$$

Con la merma mencionada, en 10 días hay que reponer la carga, por lo que en un año se requiere:

$$2243.73 \frac{\text{Kg}}{10 \text{ días}} * \frac{260 \text{ días}}{1 \text{ año}} = 58,336 \text{ Tons/año}$$

| AC. CLORHIDRICO 1 % |

Se utilizan 2.51 veces en peso de HCl respecto al anhídrido.

$$2.51 * 496.4 = 1246 \text{ Kg/día}$$

pero es solución al 1%, por lo que de HCl al 35% se requieren:

$$1246 * 0.01 = 12.4 \text{ Kg/día} = 3.24 \text{ Tons/año}$$

| SOSA 1 % |

También se utilizan 2.51 veces en peso (base anhidrido) de NaOH al 1% (en peso). De sosa al 50% se requieren:

$$2.51 * 496.4 * 0.01 = 3.24 \text{ Tons/año}$$

| ACIDO SULFURICO 98% |

En la disolución y purificación del producto se utiliza ácido sulfúrico dos veces en peso del pigmento:

$$2 * 511.53 = 1023 \text{ Kg/día} = 266 \text{ Tons/año}$$

B) PREDIMENSIONAMIENTO.

a) Reactor Principal:

El gasto de producto es:

$$w_p = 511.53 \text{ Kg/día}$$

El gasto de reactivos y disolvente es:

$$w_r = 496.4 + 650.8 + 2243.8 + 112.65 = 3504 \text{ Kg/día}$$

El volumen se calcula en base a reactivos.

La densidad promedio de la mezcla reaccionante es:

$$\bar{\rho} = \sum_{i=1}^n x_i \rho_i$$
$$\bar{\rho} = 1.53(0.1) + 1.33(0.3258) + 1.205(0.5482) + 3.054(0.025)$$
$$\bar{\rho} = 1.32 \text{ Kg/l}$$

$$V = 3504 \text{ Kg} \cdot \frac{1}{1.32 \text{ Kg}} = 2654 \text{ l}$$

Debido a la formación de gases, se requiere aproximadamente el doble del volumen calculado, por lo que un volumen de 5000 lts cumple las necesidades. El material puede ser acero al carbón, ya que ningún material altamente corrosivo se maneja. Podría presentar problemas el HCl formado, pero éste reacciona con la urea en exceso.

La presión en el recipiente, generada por los gases for-

mados, puede llegar a ser 140 psi ($\approx 10 \text{ Kg/cm}^2$).

La temperatura en el reactor debe ser 180°C , a la cual se inicia la reacción. Una chaqueta externa de calentamiento por vapor es adecuada.

b) Acidificador:

El gasto a manejar es:

$$w = (511.53 + 1246) = 1760 \text{ Kg/hr}$$

$$V = 1760 \text{ Kg} \cdot \frac{1}{1.60 \text{ Kg}} = 1100 \text{ l}$$

por lo que un tanque de 1300 lts. de capacidad podría cubrir las necesidades. Pero dado que la hidrólisis se lleva a cabo en $\sim 1 \text{ hr}$, el batch se puede dividir en 2 partes, necesitando entonces un tanque de sólo 750 lts. de capacidad.

Este mismo acidificador puede servir para disolver al pigmento en ácido sulfúrico. El material de construcción: acero al carbón, con interior vidriado; resulta adecuado para prevenir la corrosión de HCl y H_2SO_4 . Debe tener también calentamiento externo.

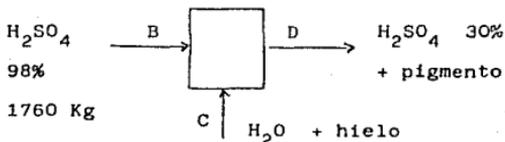
c) Neutralizador:

Siendo el gasto y el tiempo de hidrólisis los mismos que para el acidificador, se puede usar un volumen similar al anterior. El material de construcción: Fe al carbón, el cual se pasiva con la sosa.

d) Precipitador:

Debe ser un tanque en el cual, sobre agua, se verterá el pigmento disuelto en sulfúrico. El volumen de agua debe ser el triple del volumen de ácido sulfúrico. Un tanque de 4000 lts cubre las necesidades, pero la operación de dilución puede dividirse en 2 partes, requiriendo entonces un tanque de 2000 lts. de capacidad, vidriado.

Con el fin de suprimir el uso de agua de enfriamiento durante la operación simultánea de precipitación del pigmento y dilución de ácido sulfúrico, se propone el uso de hielo como medio para enfriar. El H_2SO_4 pasa de una concentración del 98 al 30% en peso, dentro del precipitador.



balance global

$$B + C = D$$

balance H_2O

$$1760(0.02) + C = D$$

balance ácido

$$1760(0.98) = 0.3D ; \quad D = 5750 \text{ kg}$$

$$C = 3990 \text{ Kg}$$

La solución eleva su temperatura de 25 a 50°C. El calor generado es:

$$Q = mC_p \Delta T = 5750 \cdot 0.43 \cdot (50 - 25) \cdot 1000$$

$$Q = 61,812,500 \text{ cal/día}$$

El calor de fusión del hielo es 1462 cal/gmol, ó 81.22 cal/g. La cantidad de hielo requerido para disipar el calor es:

$$w = \frac{61812500 \text{ cal/día}}{81.22 \text{ cal/g}} = 761 \text{ Kg/día}$$

e) Separadores sólido-líquido:

En la separación de la fase líquida de la sólida, pueden ser utilizados filtros centrífugos. Se requieren 2: uno para aislar el pigmento producido del solvente orgánico. El otro para separar al pigmento mismo de las soluciones acuosas ácidas ó básica.

El primer filtro centrífugo debe tener la siguiente capacidad teórica: 3504 Kg/día = 438 Kg/hr. Un filtro de 500 kg cumple la necesidad.

El otro filtro puede tener la mitad de la capacidad, puesto que nuevamente la operación es factible de ser dividida en pasos. El equipo se sumariza en la tabla 5.1.

f) Caldera:

La cantidad de vapor a generar es el neces-

rio para calentar al reactor, acidificador y neutralizador, es decir:

$$\begin{aligned} \text{reactor: } Q &= mC_p\Delta T = 511.5\text{kg/día} \cdot 0.43\text{cal/g}^\circ\text{C} \cdot (180-25)1000 \\ Q &= 34,091,475 \text{ cal/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{acidif. } Q &= 1246 \cdot 0.93 \cdot (100-25) \cdot 1000 + \\ &\quad 511.5 \cdot 0.43 \cdot (100-25) \cdot 1000 \\ Q &= 103,404,375 \text{ cal/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{neut. } Q &= 1246 \cdot 0.97 \cdot (100-25) \cdot 1000 + \\ &\quad 511.5 \cdot 0.43 \cdot (100-25) \cdot 1000 \\ Q &= 107,142,375 \text{ cal/día} \end{aligned}$$

$$Q_T = 244,638,225 \text{ cal/día} \cdot \text{Btu}/252 \text{ cal} \cdot \text{día}/8\text{h}$$

$$Q_T = 121,350 \text{ Btu/hr} = 970,786 \text{ Btu/día}$$

Para calentar a 180°C se necesita vapor saturado de 138 psig a 360°F, cuya entalpía es 1194 Btu/lb. El gasto de la caldera será:

$$w = \frac{970,786 \text{ Btu/día}}{1194 \text{ Btu/lb}} = 813 \text{ lb/día}$$

Una caldereta de 15 CC (caballos caldera), que puede

generar hasta 1000 Kg/hr (454 lb/hr) de vapor de baja, es adecuada. Este equipo incluye un deaerador, suavizador de agua, bomba de combustible y bomba de agua.

Cant.	Descripción	Capacidad (lts)	Matl. de Constr.	Costo (miles pesos)
1	Reactor principal C/Chaqueta de calentam. (vapor) y agitador	5,000	Acero al carbón	\$37000
1	Acidificador (HCl dil. y sulfúrico conc. c/chaqueta y agitador.	750	Acero al carbón vidriado	\$36000
1	Neutralizador (NaOH dil) c/chaqueta y agitador	750	Fe al carbón	\$19000
1	Precipitador (sulfúrico diluido) con agitador	2,000	Acero al carbón vidriado	\$66000
1	Filtro centrífugo, para separar el pigmento de nitrobenzeno	500Kg	Acero inox. 316	\$32000
1	Filtro centrífugo, para separar el pigmento de HCl, sulfúrico y sosa	250Kg	Acero inox. 304	\$20000
1	Caldereta, incluyendo deaerador, suavizador de agua y bombas de combustible y agua	15 CC	Acero al carbón	\$150000

TABLA 5.1

C) LOCALIZACION DE LA PLANTA.

En la localización de una planta se deben tomar en cuenta ciertos factores: consumidores, proveedores de materias primas, suministro de servicios (agua, energía eléctrica, caminos de acceso, etc.).

En sí, la planta propuesta no es grande, dado que los volúmenes que maneja tampoco lo son. Puede ocupar una extensión de 1000 m².

Las industrias productoras de anhídrido ftálico son: Celanese Mexicana, Ind. Quím. Delgar, Lugatom y Síntesis Orgánicas. Las plantas de distribución están ubicadas, en general, en el Estado de México y Veracruz.

El productor único de urea es Fertimex, que posee una gran parte de sus plantas productoras en el Edo. de Veracruz. Las principales industrias consumidoras de pigmentos para la fabricación de pinturas y tintas se encuentran en la zona industrial Norte del D.F., y en menor escala en el Edo. de México, Puebla, Guadalajara y Nuevo León.

El lugar propuesto para la localización de la planta es el Parque Industrial de la ciudad de Toluca, Edo. de México, con el propósito de tener acceso a los servicios necesarios, a la vez que se está más cerca del suministro de materiales que si la planta se ubicara en el D.F., además de promover la descentralización industrial de la capital del país.

VI.- ANALISIS CONTABLE

El presente capítulo tiene por objeto la determinación en forma preliminar de la cantidad necesaria en inversión, costos y gastos en general en la operación de la planta.

El Costo Total del producto es la suma de los Costos de Manufactura (Costo Directo de Operación, Costos Fijos y Costos Indirectos de Planta) y de los Gastos Generales (de Administración y de Mercado y Distribución).

A) COSTOS DE INVERSION

a) Inversión an activo fijo:

Lo constituyen terrenos, edificios y equipo de proceso.

	miles pesos
* Terreno: $1000 \text{ m}^2 \cdot \$100000/\text{m}^2 =$	\$100,000
* Equipo: Incluida instalación y fletes.	\$360,000
* Edificios y Estructura: 40% del concepto anterior, para planta tipo exterior e int.	\$144,000
* Tubería de proceso: 20% del costo del equipo, para planta tipo sólido/fluido.	\$ 72,000
T O T A L	\$676,000

b) Capital de Trabajo:

Los precios nacionales de materias primas (base: dic. '87) al mayoreo se presentan en la tabla 5.2

*NOTA: El molibdato de amonio no se produce en México; el precio es su valor en dólares (FOB) flete incluido y tarifa de importación.

MATERIAL	Pesos/Kg *
Anhidrido Ftálico	1830
Urea	350
Molibdato	18500
Cloruro Cúprico	13000
Nitrobenceno	4660
HCl 35%	980
NaOH 50%	418
H ₂ SO ₄ 98%	171

TABLA 5.2

Precios Nales. de Materias Primas

* valores ctes dic '87

* Inventario de Materias Primas; 15 días de mats. primas.

$$\begin{aligned}
 & \text{miles} \\
 \cdot \text{ Anh. Ftálico: } & 23306 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} \cdot \frac{\text{año}}{260\text{días}} \cdot 15\text{días} \cdot \$1830 = \$2460.5 \\
 \cdot \text{ Urea: } & 28,355 \cdot \frac{1}{260} \cdot 15 \cdot 350 = \$572.5
 \end{aligned}$$

. Cloruro Cúp: 5289 * 1/260 * 15 * 13000 = \$ 3967
. Molibdato: 46.61/ 260 * 15 * 18500 = \$ 50
. Nitrobencono: 10535/260 * 15 * 4660 = \$ 2832
. HCl 1%: 585/260 * 15 * 980 = \$ 33
. NaOH 1%: 585/260 * 15 * 418 = \$ 14
. H₂SO₄ 98%: 43700/260 * 15 * 171 = \$ 431

* Inventario producto en proceso: 3 días de ftalocianina.

84 Kg/día * 3días * \$20961 = \$5282.1

* Inventario prod. terminado: 10 días de ftalocianina.

84 * 10 * 20961 = \$17607.2

* Cuentas por cobrar: 15 días de materias primas.

\$10360 * 15/30 = \$5180.2

* Cuentas por pagar: 15 días de prod. terminado.

\$17607.2 * 15/10 = (\$26410.8)

* Efectivo en caja: 30 días de sueldos.

\$107371 * 30/260 = \$12388.9

Total Capital de Trabajo \$ 24408.2

INVERSION TOTAL \$ 700408.2

B) COSTOS DIRECTOS DE OPERACION ANUALES:

a) Materias Primas (flete incluido) miles \$

. Anh. Ftálico:	23306 $\frac{\text{Kg}}{\text{año}} * \frac{\$1830}{\text{Kg}}$	= \$ 42650
. Urea :	28355 * 350	= \$ 9925
. Cloruro Cúprico:	5289 * 13000	= \$ 68755
. Molibdato:	46.61 * 18500	= \$ 862.5
. Nitrobenceno:	10535 * 4660	= \$ 49093
. HCl 1% :	585 * 980	= \$ 573
. NaOH 1% :	585 * 418	= \$ 244.5
. H ₂ SO ₂ 98% :	43700 * 171	= \$ 7500

b) Mano de Obra directa de operación:

Generalmente osci-
la alrededor del 15% del costo total del producto. En éste ca-
so se propone el mismo 15%.

$\$22440.7 * 0.15 = \$ 9336.1$

c) Supervisión y administración directas:

Se encuentra
alrededor de un 15% de la mano de obra directa de operación:

$$\$ 93366.1 * 0.15 = \$ 14004.9$$

d) Servicios y Auxiliares:

se comprenden vapor, elec -
tricidad, agua de enfriamiento y de proceso, aire comprimido,
combustible, etc. Puede decirse que el costo de éstos servi-
cios está entre el 10 y 15% del costo total del producto. En
éste caso se necesitan agua de proceso, vapor, combustible
e hielo como enfriamiento. Se propone un 10% del costo total
de manufactura.

$$\$622440.7 * 0.1 = \$ 62244$$

e) Mantenimiento y reparaciones:

Dependiendo de la de-
manda del servicio, puede oscilar entre 2 y 20% del costo del
equipo. En general en industrias de proceso se puede hablar de
un 6% del costo total del equipo:

$$\$676000 * 0.06 = \$ 40560$$

f) Suministros de operación:

Son los no considerados
dentro de materias primas, servicios o materiales de manteni-
miento, y son por ejemplo, lubricantes, químicos de prueba,
etc. Se considera alrededor de un 15% del costo de manteni -

miento y reparaciones:

$$\$ 40560 * 0.15 = \$ 6084$$

g) Laboratorio:

Un estimado rápido en el costo de pruebas de laboratorio es entre 10 y 20% de la mano de obra de operación. Aquí se considerará un 17% del mismo concepto.

$$\$ 93366.1 * 0.17 = \$ 15872.2$$

h) Regalías y Patentes:

Las regalías por derecho de uso de patentes oscilan entre el 1 y 5% del costo total del producto. En éste caso, no hay pago de patentes, puesto que es tecnología propia desarrollada.

TOTAL COSTOS DIRECTOS DE OPN. \$ 411734.3

C) COSTOS INDIRECTOS DE OPERACION.

a) Depreciación:

Es la disminución en el valor del equipo a través de su vida útil. La depreciación lineal se calcula de la siguiente manera:

$$D = \frac{P - L}{n}$$

P=valor de adquisición

L=valor de rescate

n=vida útil

En éste caso, no se considera valor de rescate, para recuperar más rápidamente la inversión.

$$D = \frac{432000}{10} = \$ 43200$$

b) Financiamiento:

Dado que la inversión no es de magnitud elevada, se considerará que no habrá financiamiento exterior.

c) Seguros:

Se considera un costo del 1% de la inversión de capital fijo:

$$\$ 676000 \cdot 0.01$$

$$= \$ 6760$$

d) Impuestos:

El pago anual del impuesto predial es un 1.2% del valor catastral del terreno, incluyendo edificaciones:

$$\$ 244000 \cdot 0.012 = \$ 2928$$

TOTAL COSTOS INDIR. DE OPN. \$ 52888

D) COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA (PLANT OVERHEAD).

Son aquellos que no están relacionados en forma directa con la operación de producción, pero que son inherentes al funcionamiento de toda planta, y son: servicios médicos y de hospital, ingeniería en general, servicios de seguridad, instalaciones de recreo y cafetería, mantenimiento de la planta en general, nóminas, protección de la planta, envasado, oficinas, tiendas, alumbrado, almacenaje y bodegas, comunicación y transporte interno, servicios de carga y descarga.

En Industrias Químicas, éste costo oscila entre el 50 y 70% de los costos de mano de obra directa, supervisión y mantenimiento:

$$(93366.1 + 14004.9 + 40560) \cdot 0.5 = \$ 73965.5$$

E) GASTOS DE ADMINISTRACION.

Se involucran aquí los gastos relacionados con la alta gerencia y administrativos, además de los suministros de oficinas. Para un estimado rápido, los gastos de administración pueden considerarse como un 40 a 60% de la mano de obra directa:

$$\$93366.1 * 0.4 = \$37346.4$$

F) GASTOS DE MERCADO Y DISTRIBUCION.

En la mayoría de las plantas químicas oscilan entre un 2 y 20% del costo total del producto:

$$\$ 622440.7 * 0.04 = \$ 24897.5$$

G) GASTOS DE PLANEACION Y DESARROLLO.

Se pueden considerar un 2 a 5% de las ventas:

$$21850\text{Kg} * \$20961/\text{Kg} * 0.02 = \$ 9160$$

H) CONTINGENCIAS.

Se contemplan aquí factores no considerados o factores externos: variación de precios, huelgas, etc. Puede considerarse del 1 al 5% de costo total del producto:

\$ 622440.7 * 0.02

= \$ 12450

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO = COSTOS DE MANUFACTURA
+ GASTOS GENERALES

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO =	411734.7
+	52888
	73965.5
	37346.4
	24897.5
	9160
	12450
	<hr/>
	\$ 622440.7

PLANTA PRODUCTORA DE FIBROGLANDIAS

COSTOS ANUALES DE PRODUCCION (valor de pesos ctefa. dic. '87)

Materiales Puros: Materia de O. Directa	Años										
	0 1988	1 1989	2 1990	3 1991	4 1992	5 1993	6 1994	7 1995	8 1996	9 1997	10 1998
Salero, y sus. for Sulfatos y H. cl. Sulf. y Resoluciones Sulfatos de Sodio, LABORATORIO	1434	1456	1533	2410	2613	2454	4897	4526	5075	5775	
	6224	6428	8180	10714	12232	12348	18131	20379	22587	22651	
	40550	43400	46249	45083	51520	54766	57509	63440	63283	66120	
	434	6310	6392	7342	7762	8214	6540	5662	5492	5915	
	12672	16883	20772	27314	34128	39138	43443	51382	57466	62482	
COSTO T.M. DE O.M.	411734	427426	559206	768122	933482	1122543	1345385	1512295	1684451	1824670	
Desperdicio	4230	4330	4200	4200	4200	4230	4230	4200	4200	4230	
SEMPRES	5780	6780	6780	6780	6780	6780	6780	6780	6780	6780	
SEMPRES	2708	3072	3218	3463	3509	3653	3792	3943	4088	4230	
COSTOS M.D.F. DE O.M.	22688	23033	23172	23223	23266	23612	23758	23903	24048	24193	
COSTOS O.M. E T.M.D.F.	434422	479319	612384	817443	1022266	1236126	1416643	1582258	1773429	1923883	
DEL PRODUCTO DE PLANTA	7305	7714	9377	11732	14109	15976	17588	20655	22600	24566	
COSTO T.M. DE O.M.	535937	595314	707584	930415	1164244	1392912	1588532	1771933	1939319	2094322	
ADMINISTRACION	3736	3843	4206	4462	5004	5291	18275	12208	17614	19473	
RENTAS Y ALIBI.	2437	2539	2584	4384	5334	5174	2352	3049	3049	3023	
PLAN. Y SEGURIDAD	916	1002	1064	1132	1241	1475	1627	1720	1815	2130	
CONSUMOS	1269	1329	1622	1782	2092	2059	2872	4376	4871	5184	
DE LOS MATERIALES	2024	2774	10064	14772	17802	19474	22475	27304	29064	32784	
COSTO T.M. DE O.M. DE PRODUCCION	52440	64243	81450	1027144	1202028	1394522	1622217	1802779	2002779	2202779	

TABLA 6.1

VII.- ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA
ESTUDIO DE SENSIBILIDAD

El Capítulo VII está dedicado a la elaboración del modelo de Estados Financieros Proforma, en el cual se muestra la perspectiva de una de múltiples alternativas para administrar al futuro la planta productora de ftalocianinas propuesta en éste trabajo. El análisis se aplica mediante 2 indicadores económicos utilizados en factibilidad de proyectos:

a) VALOR PRESENTE NETO:

Este método considera una disponibilidad ilimitada de oportunidades para invertir el capital a una tasa de interés constante. Cada oportunidad de inversión se traslada a valor actual, y el total se compara con la inversión original. Será atractivo el proyecto si el Valor Presente Neto es mayor que la inversión original.

Está dado por la expresión:

$$VPN = \sum_{j=0}^n FNE_j \cdot \frac{1}{(1+i)^j}$$

donde:

VPN = Valor Presente Neto

n = # de años

FNE_j = Flujo Neto de Efvo. del año j ésimo.

i = Tasa de recuperación mínima atractiva.

b) TASA INTERNA DE RECUPERACION.

Es un método iterativo consistente en encontrar la tasa de descuento a la cual, la suma algebraica del flujo neto de efectivo de cada año multiplicado por el factor de descuento correspondiente, resulta igual a cero.

Su expresión es:

$$\sum_{j=1}^n FNE_j \cdot \frac{1}{(1+i)^j} - I = 0$$

donde:

FNE_j = Flujo Neto de Eflvo. del año j ésimo.

I = Inversión original

i = Tasa interna de recuperación.

Asimismo se presenta un Estudio de Sensibilidad, con el objeto de determinar qué rubros pueden afectar, sea en mayor o en menor medida, al proyecto.

PLANTA PRODUCTORA DE FTALCICIANINAS

ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA (miles de pesos ctes. dic. '87)

años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Inversiones	700408										
Ventas Netas	0	457993	524923	342165	1377624	2050161	2706224	3714054	4717208	5929460	7365382
COSTOS Y GASTOS											
Costo dir. de opn.	0	411734	425166	557206	760166	969482	1122543	1346885	1512355	1683451	1929670
Depreciacion	0	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200
Seg. e impuestos	0	9688	9883	9573	13123	10268	13413	10558	10700	10540	10393
Indir. de Planta	0	73965	77114	33579	116926	141593	155761	165888	205635	226016	254566
Administracion	0	37346	30549	43876	64268	80301	92031	109279	122023	135214	154090
Otros Gastos Generales	0	46508	48625	55968	76461	93172	106843	125566	139878	154950	175691
TOTAL COSTOS Y GASTOS	0	622441	642489	814680	1071144	1338358	1574652	1821317	2030799	2250570	2566211
Utilidad Bruta	0	-164443	-117566	27650	306460	711800	1171392	1892707	2663449	3670990	5037966
Impuestos	0	0	0	11613	129721	293957	491976	794349	1127331	1543872	2267314
Rep. Utilidades	0	0	0	1650	17776	41284	67959	109778	155637	212001	314064
Utilidad Neta	0	-164443	-117566	14433	159502	371561	611456	930008	1400739	1918213	2817581
Flujo Neto de Efec.	-700408	-121243	-74361	57633	209182	414761	654656	1031208	1443439	1962713	2666781

PLANTA PRODUCTORA DE ETILGLICOLINAS

BALANCE GENERAL (milés de pesos ctés. sic. '67)

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1966	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
ACTIVOS											
Activo Circulante											
Efectivo en Caja	0	12339	12788	16213	21319	26638	30549	36251	40489	44954	51117
Cuentas por cobrar	0	5180	5201	7593	11090	14757	17366	21262	24135	27666	31369
Inventarios	0	33250	34636	48755	71203	94621	111516	136648	154361	173912	201541
Materia Prima	0	10360	10602	15187	22181	29474	34737	42565	46370	54173	62774
Prod. en proceso	0	5282	5408	7746	11314	15034	17719	21711	24621	27632	32022
Prod. terminados	0	17607	19026	25922	37713	50113	59661	72372	82370	92107	106740
TOTAL Activo Circ.	0	50818	52125	72561	103617	135296	157433	194181	219376	249882	294047
Activo Fijo											
Maquinaria y Equipo	432000	432000	432000	432000	432000	432000	432000	432000	432000	432000	432000
Terrero y Edificios	244000	244000	244000	244000	244000	244000	244000	244000	244000	244000	244000
Otros (reserva)	24400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación	0	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200	43200
Deprec. Acum.	0	43200	86400	129600	172800	216000	259200	302400	345600	388800	432000
TOTAL Activo Fijo	676000	676000	676000	676000	676000	676000	676000	676000	676000	676000	676000
ACTIVO NETO TOTAL	704000	683618	641725	753574	816959	1147138	1400455	1796974	2227252	2757381	3678049
PASIVOS											
Cuentas por pagar	0	26410	27039	38733	55569	75169	93591	108559	123107	139160	160110
Otros	0	121240	51844	0	0	0	0	0	0	0	0
Financiamiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital Contable											
Capital Social	700400	700400	700400	700400	700400	700400	700400	700400	700400	700400	700400
Reservas	0	-164440	-117666	14433	159582	371561	611456	986006	1400739	1916613	2317521
Resultados del ejercicio	0	-164440	-232132	-267699	-107717	267844	875300	1853399	3264047	5122362	8030442
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PASIVO Y CAPITAL CONTABLE	700400	683618	641725	753574	816959	1147138	1400455	1796974	2227252	2757381	3678049

TABLA 7. 2

PLANTA PRODUCTORA DE FTALOCIANINAS

VALOR PRESENTE NETO (miles de pesos ctes. dic. '87)

años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Flujo Neto de Efectivo	-700408	-121243	-74366	57633	293182	414761	654656	1031208	1443339	1362013	2868781
Factor de descuento al 12% anual	1.0	0.8928	0.7972	0.7117	0.6355	0.5674	0.5066	0.4523	0.4036	0.3606	0.3219
VALOR PRESENTE NETO	-700408	-138245	-59284	41017	129122	235335	331648	466415	581462	707591	920885
INVERSIÓN		760408									
VALOR PRESENTE NETO TOTAL		2547943									
T.I.R.		34.66%									

TABLA 7.3

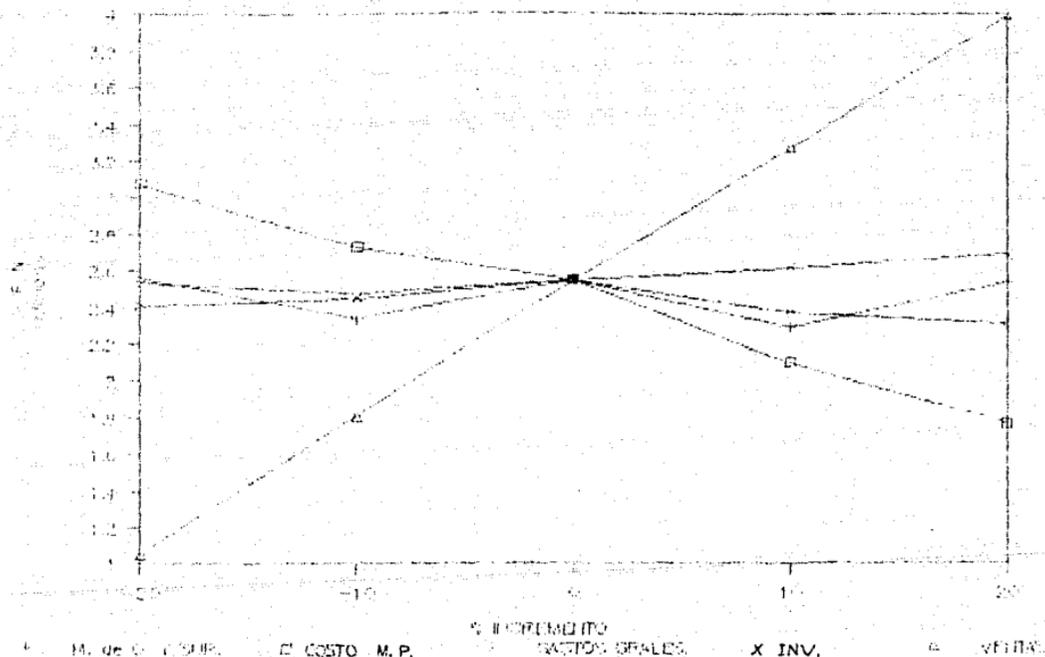
ESTUDIO DE SENSIBILIDAD

Δ Ingres.	COSTO DE MATERIAS PRIMAS		MANO DE OBRA Y SUP. DIR.		GASTOS GENERALES	
	V P N	T I R	V P N	T I R	V P N	T I R
-20	2076195	0,2592	2565088	0,2079	2530791	0,2050
-10	2732901	0,2268	2492710	0,2015	2475117	0,2000
+10	2897565	0,1687	2736606	0,1833	2363798	0,1991
+20	1766254	0,1414	2285262	0,1831	2308270	0,1872

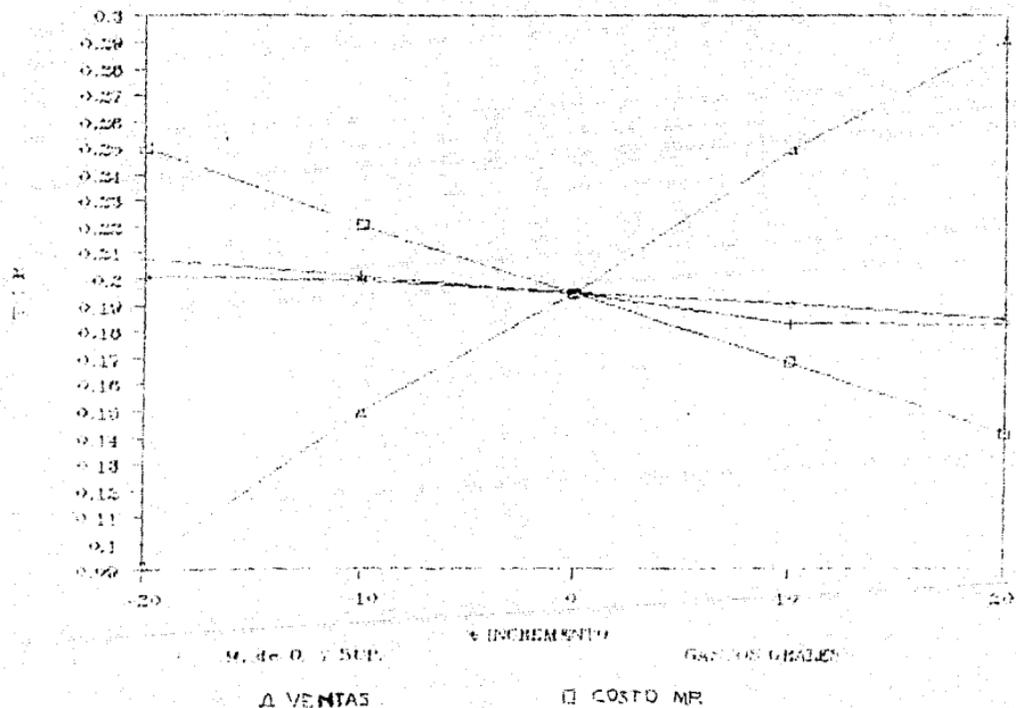
Δ Ingres.	VENTAS NETAS		INVERSION	
	V P N	T I R	V P N	T I R
-20	1043909	0,9521	2466966	0,3825
-10	1802155	0,1497	2477007	0,3625
+10	3271619	0,2439	2617039	0,3315
+20	3996210	0,2508	2637100	0,3178

TABLA 7.4

ESTUDIO DE SENSIBILIDAD



ESTUDIO DE SENSIBILIDAD



VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- En forma satisfactoria se logró la síntesis de las ftalocianinas de cobre y níquel en el laboratorio, a partir de 2 rutas químicas: ftalonitrilo y urea-anhídrido.

Además se sintetizaron los siguientes intermediarios de importancia industrial: ftalimida, ftalamida y ftalonitrilo.

2.- Propiedades tales como floculación, transparencia, brillantez y poder tintóreo, entre otras, son de un nivel aceptable en las ftalocianinas obtenidas en el laboratorio. Son susceptibles de mejorarse.

3.- El proceso propuesto en éste trabajo, de producción de ftalocianina de cobre vía urea-anhídrido, utilizando nitrobenceno como disolvente, es factible desde el punto de vista económico.

En un horizonte de planeación a 10 años, los indicadores económicos utilizados en la evaluación demuestran ser favorables: la Tasa Interna de Recuperación (TIR) resulta ser del 34.66%, y el Valor Presente Neto (VPN) es 3.63 veces la inversión original.

4.- El Análisis de Sensibilidad muestra que el proceso

es económicamente sensible en primer lugar a las ventas netas, y en segundo lugar a los costos de materias primas. Se recomienda que al comenzar cualquier producción, sean observados muy de cerca los rubros antes mencionados.

5.- Las Industrias más apegadas al desarrollo futuro de las ftalocianinas de cobre, son las de las pinturas y tintas. Dadas las características propias del pigmento, es recomendable encaminar cualquier trabajo de investigación en dichos pigmentos a evitar su floculación y a desarrollar su máximo poder tintóreo, con el fin de obtener el mejor beneficio de ellos en caso de aplicarse en las industrias antes mencionadas.

6.- Las ftalocianinas en general se encuentran entre los pigmentos sintéticos más importantes descubiertos en el siglo XX, y su producción resulta atractiva a todo inversionista que desee ingresar al campo de los pigmentos y colorantes.

IX.- REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

R E F E R E N C I A S.

- 1.- Knudsen, B., Rolskov, H., Ger. Pat 1,181,248, 1964.
- 2.- Horn, D., Honigmann, B., XII Fatipecc. Congres. Vlg. Chemie, Weinheim, 1974, p. 181.
- 3.- Kienle, Offic. Dig. Federation Paint & Varnish Prod. Clubs, Jan 1950, p. 48.
- 4.- Brit. Pat. 600,911 (1948)
- 5.- Moser, F., Thomas, A., "Phthalocyanine Compounds", J. Chem. Ed, 41, (5), 245, (1964)
- 6.- Othmer, K., "Enciclopedia of Chem. Tech." Vol 15, John Wiley, p. 489
- 7.- Dent., Linstead, R., Lowe, A., "The Phthalocyanines. Part VI", p. 1036 (1934)
- 8.- Heilbron, I., Irving, F., Linstead, R., Thorpe, J., ICI Brit. Pat. 410,814 (1934)
- 9.- Bilton, J., Linstead, R., J. Chem. Soc., p. 922 (1937)
- 10.- Spietschka, E., Deucker, W., Ger. Pat. 1,644,679, (1970); Brit. Pat. 1.228,497, (1971); French Pat. 1,593,917, (1970).
- 11.- Nicaise, J., Cabut, L.A., US Pat. 3,985,767, (1977)
- 12.- Muto, M., Horiguchi, S., Jpn. Kokai 73 38,332, (1973)
- 13.- Raab, H., Hoernle, R., Brit. Pat. 930,150, (1963).
- 14.- Kuyahara, Y., Jpn. Pat. 65 27,186, 1965.
- 15.- Abe, Y., Horiguchi, S., Jpn. Kokai 77 36,130, 1977.
- 16.- Langley, R., Richards, R., Warwick, W., Ger. Offen, 2,040,098, 1971.
- 17.- Hoelzle, K., Swiss Pat. 352,436, 1961.
- 18.- Dai Nippon Ink Mfg. Co. Ltd., Jpn. Pat. 63 17,480, 1963.
- 19.- Hiller, H., Kirschenlohr, W., Stege, W., Ger. Offen. 2,016,278 1971; Brit. Pat. 1,377,450; French Pat. 2,089,246.

- 20.- Tezuka, Y., Akamatsu, T., Jpn. Kokai 73 10,127, 1973.
- 21.- Horiguchi, S., Abe, Y., Hosoda, T., Jpn Pat. 70 06,708
1970.
- 22.- Hauxwell, F., Murton, H., Ger. Offen. 2,224,117, 1972;
Brit. Pat. 1,374,793; French Pat. 2,138,795.
- 23.- Hiller, H., Speck, J., Kirschenlohr, W., Kranz, J.,
Ger. Offen 2,036,049, 1972.
- 24.- Suzuki, S., Arai, Y., Miyane, M., Jpn. Kokai 75 126,027,
1975.
- 25.- Horiguchi, S., Abe, Y., Hosoda, T., Jpn Pat. 70 06,709,
1970.
- 26.- Muto, M., Horiguchi, S., Tokuda, M., Jpn. Kokai 73
31,230, 1973.
- 27.- Muto, m., Horiguchi, S., Jpn, Kokai 73 32,124, 1973.
- 28.- Horiguchi, S., Abe, Y., Hosoda, T., Jpn. Pat. 70 06,
706, 1970.
- 29.- Horiguchi, S., Ohira, S., Abe, Y., Hosoda, T., Ger.
Offen, 2,006,707, 1971.
- 30.- Farbwerke Hoechst A.G., French Dem. 2,104,162, 1970.
- 31.- Ninomiya, M., Shirane, N., Komai, A., Murata, A., Jpn.
Kokai 75 44,225, 1975
- 32.- Muto, M., Horiguchi, S., Kpn. Kokai 73 31,231, 1973.
- 33.- Hiller, H., Kirshenlohr, W., Ger. Offen. 2,045,908, 1972;
Brit. Pat. 1,353,049; French Pat. 2,107,595.
- 34.- Polster, R., Schroedel, R., von Pigenot, D., Brit. Pat.
1,073,348, 1967; French. Pat. 1,410,814.
- 35.- Ohara, T., Ninomiya, m., Komai, A., Fukuchi, S., Jpn.
Pat. 70 07,659, 1970.
- 36.- Hosoda, T., Matsuo, H., Jpn. Pat. 71 43,638, 1971.
- 37.- Abe, Y., Hosoda, T., Jpn. Pat. 71 43,637, 1971.
- 38.- Ohara, T., Minomiya, M., Komai, A., Shirane, N., Jpn.
Kokai 75 01,122, 1975.

- 39.- Hiller, H., Kirschenlohr, W., Ger. Offen 2,033,277, 1972.
- 40.- Bartolo, h., Braun, J., Winter, C., US Pat. 3,230,231, 1966.
- 41.- Kasper, W., Ger. Offen. 1,569,656, 1970; French Pat. 1,514,685.
- 42.- Oyama, N., Jpn. Pat. 65 11,749, 1965.
- 43.- Arikawa, S., Hashizame, K., Okubo, Y., Jpn. Pat. 63 21,635, 1963.
- 44.- Deuecker, W., Spietscka, E., Steidl, D., Ger. Offen. 2,256,170, 1974; Brit. Pat. 1,446,028; French Pat. 2,207,171; Jpn. Kokai 74 81,435, 1974.
- 45.- Dahlen, M., "The Phthalocyanines", Ind. Eng. Chem. 31, (7), 843, (1939).
- 46.- CIBA Ltd., Brit. Pat. 909,375, 1962; Ger. Offen. 1,202,419; Swiss Pat. 428,046, 1967.
- 47.- Allied Chemical Corp., Brit. Pat. 991,419, 1965; Belg. Pat. 611,062.
- 48.- Abe, Y., Muto, M., Jpn. Pat. 70 07,661, 1970.
- 49.- Ohira, S., Muto, M., Jpn. Pat. 70 07,662, 1970.
- 50.- Kissin, B., Tarasevich, A., Russ. Pat. 362,858, 1972.
- 51.- Kissin, B., Tarasevich, A., Berezin, V., Khim. Prom. St. (Moscow) 11,870, 1975.
- 52.- Matsuura, R., Matsuzaki, K., Takahashi, M., Jpn. Kokai 73 60,126, 1973.
- 53.- Matsuura, R., Segawa, T., Kumada, Y., Sawada, H., Jpn. Kokai 76 34,926, 1976.
- 54.- Matsuura, R., Segawa, T., Sawada, H., Jpn. Kokai 74 116,121, 1974 y 76 07,570, 1976.
- 55.- Kashiwagi, T., Koseki, F., Jpn. Kokai 63,735, 1974 y 76 07,569, 1976.
- 56.- Kashiwagi, T., Jpn. Kokai 74 59,834, 1974.
- 57.- Chono, M., Doi, T., Yukohama, S., Aoyagi, N., Jpn. Kokai 75 41,926, 1975.

- 58.- Funatsu, T., Minashina, T., Ueda, M., Hayashimi, K.,
Jpn. Kokai 77 10,326, 1977.
- 59.- Goeb, A., Zeisberger, R., Ger. Offen. 1,125,100, 1962.
- 60.- Gerson, H., Bachman, W., US Pat. 3,300,512, 1967.; Brit.
Pat. 1.116, 409; French Pat. 1,446,175, 1966; Ger. Offen
1,569,616, 1966.
- 61.- Derkacheva, V., Kaliya, O., Bundina, N., Zh. Neorg.
Khim., 26 (6), 1687, (1981).
- 62.- Leister, H., Ger. Offen. 2,256, 485, 1974; Austrian Pat.
322,060; Brit. Pat. 1,422,834; French Pat. 2,207,172;
Jpn. kokai 74 81,436, 1974.
- 63.- Yagi, H., Kuyahara, Y., Jpn. Pat. 62 06,279, 1962.
- 64.- Hashizume, K., Kumano, I., Jpn. Pat. 65 04,219, 1965.
- 65.- Bachmann, W., Gerson, H., French Pat. 1,497,300, 1967.
- 66.- Leister, h., Ger. Offen. 2,104,199, 1972.
- 67.- Horiguchi, S., Abe, Y., Koori, Y., Jpn. kokai, 74
131, 224, 1974.
- 68.- Yagi, H., Kuyahara, Y., Jpn. Pat. 64 21,758, 1964.
- 69.- Muto, M., Horiguchi, S., Jpn. kokai 73 32,919, 1973.
- 70.- Arai, Y., Suzuki, S., Jpn Kokai 73 91,130, 1973 y
75 01,135, 1975.
- 71.- Yokote, M., Shibamiya, F., Sugiyama, k., "Yuki Gosei
Kagatu Kyokai Shi", 24(4), 305, (1966)
- 72.- Kuyahara, Y., Jpn. Kokai, 77 52,927, 1977.
- 73.- American Cyanamid Co. US Pat. 4,320,059, 1982.
- 74.- Miyatake, M., Ishizuka, S., Jpn. Kokai 75 44,224, 1975.
- 75.- Heinle, k., Mau, K., Ger. Offen. 1,167,307, 1964.
- 76.- Goeb, A., Heinle, K., mau, K., Ger. Offen. 1,146,841,
1963.
- 77.- Mack, D., US Pat. 3.188,318, 1965.
- 78.- Baurecht, H., Noernle, R., Erdmenger, R., Mueller, G.,
Wolf, K., Ger. Offen. 2.432,564, 1976; Belg. Pat.
830,996; Jpn. Pat. 76 30,825, 1976.

- 79.- BASF A.G., Brit. Pat. 1,180,018, 1970.
- 80.- Kissin, B.I., Tarasevich, A., Berezin, V., "Khim. Prom. St.", 11, 870, (1975).
- 81.- Akamatsu, T., Tezuka, Y., Ger. Offen. 2,136,767, 1972; Brit. Pat. 1,306,055; French Pat. 2,103,195, 1972.
- 82.- Akamatsu, T., Tezuka, Y., Jpn. Kokai, 73 10,128 , 1973.
- 83.- Komai, A., Shirane, N., Jpn. Kokai, 75 127,928, 1975.
- 84.- Komai, A., Ninomiya, M., Shirane, N., Jpn. Kokai 75 128,720, 1975.
- 85.- Kashiwagi, T., Kuyahara, Y., Jpn. Kokai 76 22,720, 1976.
- 86.- Gaeng, M., Ger. Offen. 2,250,938, 1974.
- 87.- Leister, H., Wolf, K., Hoernle, R., Ger. Offen. 2,012,507, 1971; Brit. Pat. 1,273,968; French Pat. 2.087,806.
- 88.- Fiess, N.W., US Pat. 3,010,970, 1961.
- 89.- Anderson, N., US Pat. 3,470,200, 1969.
- 90.- Anderson, N., Litke, A., US Pat. 3,470,201, 1969.
- 91.- Ruhrchemie A.G., Ger. Pat. 1,041,960.
- 92.- Landis, P., Neiswender, D., Offenbauer, R., US Pat. 3,256,324, 1966.
- 93.- Steinbach, F., Schmidt, H., "J. Catal." 29 (3), 515, 1973.
- 94.- Steinbach, F., Hiltner, K., "Z. Phys. Chem." (Frankfurt am Main), 83(1-4), 126 (1973),
- 95.- Moser, F., Thomas, A., "Phthalocyanine Compounds", Vol II, 1982.
- 96.- Rao, G., Rao, N.V., "Z. Anal. Chem" 190, 213 (1962)
- 97.- Rao, G., Rao, N.V., "Z. Anal. Chem." 196, 102 (1963)
- 98.- Brazier, J., Stephen, W., "Anal. Chim. Acta", 33(6), 625, (1965).
- 99.- Sorokin, P., Luzzi, J., Lankard, J., Petit, G., IBM J. Res. Dev. 8(2), 182, (1964).

- 100.- Sorokin, P., Lankard, J., "IBM J. Res. Dev." 10 (2), 162, (1966).
- 101.- Sorokin, P., US Pat. 3,679,995, 1972.
- 102.- Gavrilov, V., Gryaznov, Y., Lebedev, O., Chastov, A., "Zh. Eksperim. I Teor. Fiz. 48(2), 772, (1965).
- 103.- Bowe, P., Gibbs, W., Tregellas-Williams, J., "J. Nature" 209(5018), 65, (1966).
- 104.- Barral, P., French Pat., M-2181, 1964.
- 105.- Cook, C., "Lubr. Eng." 28(6), 199, (1972).
- 106.- Lawton, E., Allen, C., Cosgrove, E., US Pat. 3,023,164 1962.
- 107.- Reynolds, J., Sloan, C., US Pat. 3,724,469, 1973.
- 108.- Lubus, H.A., "The Chem. of Synthetic Dyes and Pigm." Reinhold Pub. Corp., N.Y. (1955), p. 579.

B I B L I O G R A F I A.

- 1.- Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana en 1985. Edición 1986
ANIQ, A.C.
- 2.- Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas (ANAFAPYT). Documentos descriptivos.
- 3.- Byrne, G.T., Linstead, R.P., Lowe, A.R.,
"Phthalocyanines. Part II"
J. Chem. Soc. 1017-1022 (1934)
- 4.- Chemical Marketing Reporter,
October 6, 1986
- 5.- Chemical Marketing Reporter
Sep. 28, 1987.
- 6.- Dahlen, M.A., "The Phthalocyanines"
Ind. Eng. Chem., 31 (7), 839 (1939)
- 7.- Dent, C.E., Linstead, R.P., "Phthalocyanines.
Part IV". J. Chem. Soc. 1027-1031 (1934)
- 8.- Giral, F., "Productos Químicos y Farmacéuticos"
Vol. III. Atlante, México (1946), p. 1797-1800
- 9.- Heilbron, Bunbury, "Dictionary of Org. Compounds"
Vol IV, Oxford Univ. Press, N.Y., (1953) p. 195,196

- 10.- La Industria Química en México, 1986.
Instit. Nal. de Estad. Geog. e Informática (INEGI)
- 11.- Linstead, R.P., "Phthalocyanines. Part I."
J. Chem. Soc. 1016, 1017, (1934).
- 12.- Linstead, R.P., Lowe, A.R., "Phthalocyanines.
Part III" J. Chem. Soc. 1022-1027, (1934).
- 13.- Linstead, R.P., Lowe, A.R., Dent, C.E.,
"Phthalocyanines. Part VI"
J. Chem. Soc. 1033-1039, (1934).
- 14.- Lubus, H.A., "The Chemistry of Synthetic Dyes and
Pigments"
Reinhold Pub. Corp., N.Y., (1955) p. 577-624
- 15.- Morrison, R.T., Boyd, N.B., "Química Orgánica"
Fondo Educativo Interamericano, México, (1976)
p. 687, 689, 692, 705, 706
- 16.- Moser, F.H., Thomas, A.L., "Phthalocyanine Com--
pounds", J. Chem. Ed. 41, (5),245 (1964)
- 17.- Moser, F.H., Thomas, A.L.
"The Phthalocyanines", Vols I y II
CRC Press Inc., florida, USA, (1983)
- 18.- Othmer, K., "Enciclopedia de Chem. Tech." Vol 15
John Wiley & Sons, N.Y., (1978), 2nd. Ed. p.488-494

- 19.- Othmer, K., "Enciclopedia of chem. Tech.", Vol 17
John Wiley & Sons, N.Y., (1978) 3rd. Ed. p. 777-787
- 20.- Rase, H.F., Barrow, M.H., "Ingeniería de Proyectos
para Plantas de Proceso"
CECSA, México (1984), Caps. II, III, IV.
- 21.- Sax, N.I., "Dangerous Properties of Ind. Materials"
Van Nostrand, N.Y., (1984), 6th. Ed.
p. 82,85,86,2226,2227,2228, 257
- 22.- Shreve, N., Brink, J., "Chemical Process Industries"
McGraw Hill Co., Tokyo, (1977) p. 750
- 23.- "The Merck Index"
Merck & Co. Inc. 10th. Ed.
Rahway, N.J., USA, (1983), p. 155
- 24.- Vogel, A.I., "Textbook of Practical Organic Chem."
Longmann, London (1956), 3rd. Ed.
p. 771, 772, 983, 984.
- 25.- Uriegas, J.L. "Análisis del Comportamiento
Económico de Plantas de la Industria Química"
TESIS. Fac. de Química, U.N.A.M., (1979)