

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ANTEPROYECTO TECNICO-ECONOMICO PARA LA
CONSTRUCCION DE UNA PLANTA DE
PENTAERITRITOL EN MEXICO

143

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

GUILLERMO GUIZAR GARCIA

1 9 7 4



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1974
FECHA
PROC. M. t. 140 139



QUIMICA

JURADO ASIGNADO.

PRESIDENTE: ING. HECTOR MANUEL LOPEZ H.
VOCAL: ING. EDUARDO ROJO Y DE REGIL.
SECRETARIO: ING. LUIS MIRAMONTES CARDENAS.
1ER. SUPLENTE: ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA.
2DO. SUPLENTE: ING. MARIO RAMIREZ Y OTERO.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: OFICINAS DE HEXAQUIMIA,S.A.

SUSTENTANTE: GUILLERMO GUIZAR GARCIA.
ASESOR DEL TEMA: ING. HECTOR MANUEL LOPEZ H.

- A MI PADRE Y AL RECUERDO DE MI MADRE, MI ETERNO
AGRADECIMIENTO POR EL ESFUERZO QUE AHORA VEN
CULMINADO.

- A MI ESPOSA IRMA YOLANDA, POR SU VALIOSA AYUDA Y
COMPRENSION QUE ME PERMITIERON REALIZAR ESTE TRABAJO.

- A MI HIJO LUIS GUILLERMO, POR LAS ILUSIONES
EN EL FORJADAS.

- A MIS COMPAÑEROS DE HEXAQUIMIA, S.A. Y EN ESPECIAL AL
ING. IGNAÇIO BARRAGAN, GERENTE GENERAL, POR LA COOPERACION
Y AYUDA DESINTERESADA QUE OBTUVE SIEMPRE DE TODOS ELLOS.

- A TODO AQUEL QUE DE ALGUNA FORMA HAYA MEJORADO MI VIDA.

ANTEPROYECTO TECNICO ECONOMICO PARA LA CONSTRUCCION DE
UNA PLANTA DE PENTAERITRITOL EN MEXICO.

	PAG.
I) INTRODUCCION.	
A) PANORAMA GENERAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO	1
B) NECESIDAD DE INTEGRACIÓN PETROQUÍMICA	2
C) NECESIDAD DE UN CAMBIO DE CRITERIO EN EL DISEÑO DE PLANTAS QUÍMICAS EN MÉXICO	3
D) IMPORTANCIA DEL PENTAERITRITOL	4
E) OBJETIVO DE ESTA TESIS	5
II) DESCRIPCION Y DATOS TECNICOS DEL PENTAERITRITOL.	
A) BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL PENTAERITRITOL	6
B) FÓRMULA DEL PENTAERITRITOL	7
C) PROPIEDADES FÍSICAS	7
D) PROPIEDADES QUÍMICAS	10
E) PROPIEDADES FISIOLÓGICAS	18
F) USOS Y PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS	19
III) OBTENCION DEL PENTAERITRITOL.	
A) DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE OBTENCIÓN ...	29
B) CONSIDERACIONES SOBRE LA REACCIÓN	33
C) MÉTODOS DE CONTROL QUÍMICO	37
D) CALIDADES DE PENTAERITRITOL	42
E) SUBPRODUCTOS PRINCIPALES Y DESCRIPCIÓN DE LOS MISMOS...	43

IV) MERCADO DEL PENTAERITRITOL.

A) IMPORTACIONES Y CONVENIOS ESTABLECIDOS	46
B) PRODUCCIÓN NACIONAL Y PERMISOS PETROQUÍMICOS OTORGADOS..	49
C) EXPORTACIONES	51
D) ESTRUCTURA DEL MERCADO DEL PENTAERITRITOL	51
E) TENDENCIAS DEL MERCADO DE PENTAERITRITOL	52
F) TENDENCIAS DEL PRECIO DE PENTAERITRITOL	61
G) DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO	62

V) PROCESO DE FABRICACION DEL PENTAERITRITOL.

A) TECNOLOGÍAS DISPONIBLES	63
B) SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA	64
C) BALANCE DE MATERIAL	64
D) BALANCE DE ENERGÍA	69
E) LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	78

VI) EVALUACION ECONOMICA DEL ANTEPROYECTO.

A) INVERSIÓN FIJA	79
B) CAPITAL DE TRABAJO	81
C) COSTO DE PRODUCCIÓN	81
D) DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE VENTA	86
E) MODELO DE RESULTADOS	88
F) PUNTO DE EQUILIBRIO PARA ESTE ANTEPROYECTO	91
G) TIEMPO DE RECUPERACIÓN (POT)	94

VII) CONSIDERACION FINAL.

A) RESUMEN.....	96
B) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99

VIII) BIBLIOGRAFIA	102
--------------------------	-----

1) INTRODUCCION.

A) PANORAMA GENERAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO.

DURANTE LOS ÚLTIMOS AÑOS LA PETROQUÍMICA HA MANIFESTADO UNA TENDENCIA DE CONSUMO TAN ELEVADA, QUE ACTUALMENTE LA DEMANDA SUPE RA LA PRODUCCIÓN DE LOS MISMOS, INDEPENDIEMENTE DE QUE SE HA - CREADO UNA GRAN DEPENDENCIA DE ESTOS PRODUCTOS, PUES EXISTEN MER- CADOS POTENCIALES DE LOS PETROQUÍMICOS EN DIVERSAS RAMAS DE LA IN DUSTRIA, TALES COMO LA TEXTIL, LA FARMACÉUTICA, LA DE LOS PLÁSTI- COS, ETC.

ESTA SITUACIÓN DIO POR RESULTADO QUE HA PARTIR DE LA SEGUNDA MITAD DE 1973 Y DURANTE LOS PRIMEROS MESES DEL PRESENTE AÑO LA CA RENCIA, LA CARESTÍA Y LA ESPECULACIÓN, HAYAN CARACTERIZADO LA SI TUACIÓN ACTUAL, DE LA INDUSTRIA QUÍMICA NACIONAL.

LOS TRUEQUES COMERCIALES Y LAS CUOTAS DE MATERIA PRIMA HAN - HECHO SU APARICIÓN NUEVAMENTE, LO CUAL AUNADO A LA POCA DISPONIBI LIDAD DE LOS PETROQUÍMICOS, HAN ORIGINADO QUE UN BUEN NÚMERO DE - EMPRESARIOS CIERREN FUENTES DE TRABAJO, OCASIONANDO CON ESTO DE - SEMPLERO Y MARGINAMIENTO SOCIAL.

LA INADECUADA PLANEACIÓN ELABORADA EN AÑOS ANTERIORES HA A - CENTUADO LOS PROBLEMAS DE ABASTECIMIENTO, PUES DURANTE AÑOS SE - TRABAJÓ SIN LA PROYECCIÓN DE PLANTAS AUXILIARES QUE CUBRIERAN LAS NECESIDADES ORIGINADAS POR EL CRECIMIENTO NATURAL DE LA DEMANDA.

POR TODO LO ANTERIOR SE HACE PATENTE LA NECESIDAD DE UNA RE- ESTRUCTURACIÓN EN LOS SISTEMAS DE TRABAJO ESTABLECIDOS, QUE SATIS

FAGA LA DEMANDA ACTUAL DE PETROQUÍMICOS BÁSICOS Y ADEMÁS QUE GARANTICE EL ABASTECIMIENTO EN EL FUTURO. ESTE PROGRAMA DE DESARROLLO DEBE CONducIRNOS TAMBIEN HACIA LA AUTOSUFICIENCIA DE ESTOS MATERIALES.

EN ESTOS MOMENTOS, GOBIERNO E INICIATIVA PRIVADA DEBEN ORIENTAR SUS ESFUERZOS HACIA EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LAS GRANDES EXTENSIONES TERRITORIALES CON QUE CUENTA NUESTRO PAÍS DONDE LOS RECURSOS SON ABUNDANTES Y A LA FECHA NO HAN SIDO EXPLOTADOS, COMO LA REGIÓN SURESTE DE NUESTRO TERRITORIO DONDE ADEMÁS SU PRIVILEGIADA UBICACIÓN GEOGRÁFICA PERMITE ESTABLECER CANALES DE COMUNICACIÓN A CASI TODAS LAS PARTES DEL MUNDO. EL APROVECHAMIENTO DE ESTOS RECURSOS PROPORCIONARÍA GRANDES BENEFICIOS ECONÓMICOS Y SOCIALES A NUESTRO PAÍS.

B) NECESIDAD DE INTEGRACIÓN PETROQUÍMICA.

LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO HA ALCANZADO UN NIVEL DE DESARROLLO TAL QUE SE HA HECHO INDISPENSABLE UN PROGRAMA DE INTEGRACIÓN PETROQUÍMICA NACIONAL. SE CUENTA ACTUALMENTE CON EL ELEMENTO HUMANO CAPAZ DE DESARROLLAR Y MODIFICAR TECNOLOGÍA QUE EN UN MOMENTO DADO PERMITIRÍA INTRODUCIR AL MERCADO DOMÉSTICO E INCLUSO AL INTERNACIONAL, PRODUCTOS QUÍMICOS BÁSICOS DE FABRICACIÓN NACIONAL, ESTO REDUNDARÍA EN UNA MAYOR INDEPENDENCIA DE LOS GRANDES PRODUCTORES Y ASEGURARÍA EL ABASTECIMIENTO DEL MERCADO NACIONAL A UN NIVEL DE PRECIOS MAS ESTABLE Y RAZONABLE PARA EL CONSUMIDOR.

PARA MALA FORTUNA NUESTRA, EN MÉXICO POCO SE HA IMPULSADO LA CREACIÓN DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, EN GENERAL LA

INDUSTRIA NACIONAL NO HA ORIENTADO ESFUERZOS HACIA ESTE CAMPO. QUIZÁ EL ASPECTO ECONÓMICO SEA EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS EL FACTOR DETERMINANTE, LO QUE HA DADO POR RESULTADO UNA CLARA DEPENDENCIA DE LAS POTENCIAS MUNDIALES.

c) NECESIDAD DE UN CAMBIO DE CRITERIO EN EL DISEÑO DE PLANTAS.

SE HA HECHO IMPERATIVO UN CAMBIO EN EL CRITERIO PARA DISEÑO DE PLANTAS QUÍMICAS EN MÉXICO, LAS CUALES DEBEN PROYECTARSE PARA CUBRIR LA DEMANDA DE PETROQUÍMICOS POR UN LAPSO MÍNIMO DE 5 AÑOS, LO QUE PERMITIRÍA PLANEACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS AUXILIARES QUE CUBRIRÍAN EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA. DURANTE MUCHOS AÑOS - SE HA TRABAJADO CON PLANTAS CUYA CAPACIDAD APENAS SATISFACE LA DEMANDA Y EN ALGUNOS CASOS AQUELLA LLEGA A SER INFERIOR, PRETEN - DIENDO CUBRIR EL DEFICIT CON IMPORTACIONES Y EN ESTA FORMA AMINORAR LA INVERSIÓN INICIAL. EL RESULTADO ES LA ACTUAL DEPENDENCIA, EN ALGUNOS RENGLONES, DE POTENCIAS MUNDIALES, QUE EN UN MOMENTO DE JARON DE ABASTECERNOS, TORNANDO LA SITUACIÓN APREMIANTE Y ORIGINAN DO UN CIERTO ESTANCAMIENTO ECONÓMICO.

SE REQUIERE YA DE LA REALIZACIÓN CONCIENTE DE UN PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN, QUE PERMITA CUBRIR LA DEMANDA ACTUAL Y ASEGURE EL ABASTECIMIENTO EN EL FUTURO A CORTO Y LARGO PLAZO, ASÍ COMO TAMBI EN CONSIDERAR SERIAMENTE LA POSIBILIDAD DE EXPORTAR NUESTROS PRODUCTOS BÁSICOS Y SECUNDARIOS, COMO MEDIDAS AUXILIARES PARA CONTRARESTAR LA CRISIS ECONÓMICA POR LA QUE ACTUALMENTE ATRAVESAMOS.

OTRO PUNTO IMPORTANTE ES EL CONSIDERAR LA POSIBILIDAD DE DISEÑAR PLANTAS QUÍMICAS QUE SEAN ABASTECIDAS POR RECURSOS NATURALES

RENOVABLES, COMO PODRÍAN SER PRODUCTOS AGRÍCOLAS, Y ADEMÁS NO PASAR DESAPERCIBIDA LA IDEA DE RECURRIR A PROCESOS NATURALES, TALES COMO LA FERMENTACIÓN, QUE EN OTROS TIEMPOS SE DESECHARON POR IN-COSTEABLES PERO QUE QUIZÁ TENGAMOS QUE VOLVER A CONSIDERAR EN UN FUTURO QUE POR EL MOMENTO NO PODEMOS PRECISAR, PUES HEMOS BASADO TODA NUESTRA INDUSTRIA EN UN RECURSO QUE CADA DIA TIENDE MAS A DE SAPARECER: EL PETRÓLEO.

D) IMPORTANCIA DEL PENTAERITRITOL.

A RAÍZ DEL DESCUBRIMIENTO DE LOS ACEITES SECANTES SINTÉTICOS ORIGINADO POR LA ESCASEZ DE ACEITES SECANTES NATURALES DURANTE LA GUERRA, SE DIO EL PASO DEFINITIVO PARA LA INTRODUCCIÓN DE LOS POLIALCOHOLES EN UNO DE LOS MERCADOS DE MAYOR POTENCIAL EN EL MUNDO, - LOS RECUBRIMIENTOS. LA GRAN DISPONIBILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS QUE INTERVIENEN EN LA FABRICACIÓN DEL PENTAERITRITOL, ASÍ COMO LAS EXCELENTES CARACTERÍSTICAS QUE IMPARTE A LOS MATERIALES QUE CON - EL SE FORMULAN, HAN HECHO DEL PENTAERITRITOL EL POLIALCOHOL PREFERIDO EN LA FABRICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS Y BARNICES DE ALTA CALIDAD.

LA NUMEROSA CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS PRODUCTORAS DE PENTAERITRITOL EN EL MUNDO, HA DADO POR RESULTADO GRANDES CANTIDADES DEL - POLIALCOHOL DISPONIBLES, QUE SE HAN DESTINADO A NUEVAS APLICACIONES, DESTACANDO LAS RESINAS, LOS ÉSTERES Y LOS PLASTIFICANTES COMO NUEVAS PROYECCIONES DE ESTE PRODUCTO, AÚN CUANDO SIGUEN BUSCAN DOSE NUEVOS USOS PARA SUS PRINCIPALES DERIVADOS.

E) OBJETIVO DE ESTA TESIS.

ACTUALMENTE AÚN CUANDO EL PENTAERITRITOL NO SE PRODUCE EN NUESTRO PAÍS, ESTE POLIALCOHOL HA ADQUIRIDO CONSIDERABLE IMPORTANCIA EN DIVERSOS SECTORES DE LA INDUSTRIA TALES COMO LA FABRICACIÓN DE CIERTOS TIPOS DE RESINA, EXPLOSIVOS, PLASTIFICANTES, ETC. POR OTRO LADO CONTAMOS CON LAS MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE PENTAERITRITOL EN NUESTRO PAÍS, POR LO QUE EL PRESENTE ESTUDIO INTENTA DETERMINAR EN BASE A ESTADOS DE RESULTADO ECONÓMICOS, A NIVEL DE ANTEPROYECTO, SI LA IDEA DE CONSTRUIR UNA PLANTA DE ESTE POLIALCOHOL EN MÉXICO AMERITA UNA CONSIDERACIÓN MAS PROFUNDA Y PUEDE SER PRESENTADA COMO PROYECTO, SIENDO NECESARIO PARA ESTO EL PAGO DE UN ESTUDIO DE MERCADO MUY APEGADO A LA REALIDAD Y EL GASTO OCASIONADO POR EL CÁLCULO DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE ESTE ANTEPROYECTO, LOS CUALES SERÁN ELEMENTOS DETERMINANTES EN LA DECISIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE PENTAERITRITOL EN MÉXICO.

LA PRESENTE TESIS OFRECE TAMBIEN UNA DESCRIPCIÓN DEL PENTAERITRITOL EN CUANTO A SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, SU COMPORTAMIENTO QUÍMICO, SUS PRINCIPALES USOS Y DE SUS PRODUCTOS DERIVADOS .

II) DESCRIPCIÓN Y DATOS TÉCNICOS DEL PENTAERITRITOL.

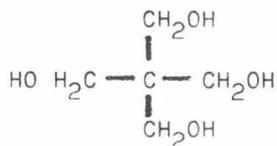
A) BREVE RESEÑA HISTÓRICA DEL PENTAERITRITOL.

COMO EN MUCHAS OCASIONES HA SUCEDIDO, EL DESCUBRIMIENTO DEL PENTAERITRITOL FUÉ MERAMENTE ACCIDENTAL. EN 1882 TOLLENS INVESTIGABA LA REACCIÓN DEL FORMALDEHIDO CON EL HIDRÓXIDO DE BARIO Y OBSERVÓ LA FORMACIÓN DE PEQUEÑAS CANTIDADES DE UN PRECIPITADO BLANCO - CRISTALINO. COMO DICHS CRISTALES NO APARECIAN EN TODAS LAS OCASIONES LOS ATRIBUYÓ A IMPUREZAS EN LAS CONEXIONES DE HULE DE SU EQUIPO. INCESTIGACIONES POSTERIORES CONDUJERON A TOLLENS Y A SU COLEGA WIGAND (13) A LA CONCLUSIÓN DE QUE ESE PRECIPITADO ERA EL PRODUCTO DE REACCIÓN DEL FORMALDEHIDO CON LAS TRAZAS DE ACETALDEHIDO PRESENTES COMO IMPUREZAS EN ALGUNAS MUESTRAS DEL FORMALDEHIDO. EN 1891 PUBLICARON EL INFORME COMPLETO DE ESTE NUEVO PRODUCTO COMO RESULTADO DE LA ANTERIOR REACCIÓN. ELLOS BAUTIZARON EL PRODUCTO CON EL NOMBRE DE "PENTAERITRITOL" DEBIDO A LA PRESENCIA DE 5 ÁTOMOS DE CARBONO QUE SOPORTAN 4 GRUPOS METILOL. EL PENTAERITRITOL, - PENTAERITRITA δ TETRAMETILOL METANO ES UN POLVO BLANCO CRISTALINO QUE EN SU ESTRUCTURA CUENTA CON 4 GRUPOS METILOL DISPUESTOS SIMÉTRICAMENTE ALREDEDOR DE UN ÁTOMO DE CARBONO CENTRAL, LO QUE LE DA CARACTERÍSTICAS DE ALTO PUNTO DE FUSIÓN, LIGERA SOLUBILIDAD EN AGUA Y GRAN REACTIVIDAD EN SUS GRUPOS OXHIDRILLO.

SIN EMBARGO, EL PENTAERITRITOL NO FUÉ FABRICADO EN CANTIDADES INDUSTRIALES HASTA 1930, CUANDO SE DESCUBRIERON ALGUNOS USOS PARA SUS DERIVADOS. INICIALMENTE VARIAS COMPAÑÍAS AMERICANAS PRODUCIAN EL POLIALCOHOL ALTAMENTE PURIFICADO CON EL FIN DE FABRICAR

P.E.T.N. (PENTAERITRITOL TETRANITRADO), QUE ES UN COMPUESTO ALTAMENTE EXPLOSIVO, Y OTRA PARTE DE LA PRODUCCIÓN SE DESTINABA A LA FABRICACIÓN DE ACEITES SECANTES SINTÉTICOS QUE SE EMPLEABAN EN LA FORMULACIÓN DE RECUBRIMIENTOS DE ALTA CALIDAD Y QUE SE HABÍAN ESCASEADO DURANTE LA GUERRA. LOS PRODUCTOS SE HABÍAN ENCARECIDO CONSIDERABLEMENTE Y BAJO ESTAS CONDICIONES LA OPERACIÓN RESULTABA ECONÓMICAMENTE INCOSTEABLE. POSTERIORMENTE HEYDE-CHEMICAL CORPORATION DESARROLLÓ EN 1938 UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE PENTAERITRITOL EN GRADO TÉCNICO, EL CUAL TUVO GRAN ACEPTACIÓN EN LA INDUSTRIA DE LOS BARNICES Y LAS PINTURAS. POCO DESPUÉS LA DISPONIBILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS QUE INTERVENIAN CONTRIBUYERON PARA LA DIVERSIFICACIÓN DE ESTE PRODUCTO Y ASÍ SE COMENZARON A PRODUCIR - ALGUNOS TIPOS DE RESINAS Y SECANTES SINTÉTICOS A BASE DE PENTAERITRITOL, LO QUE LE HA PERMITIDO OCUPAR UN SITIO IMPORTANTE EN ALGUNOS SECTORES DE LA INDUSTRIA MODERNA.

b) FÓRMULA.



c) PROPIEDADES FÍSICAS.

DENTRO DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES DEL PENTAERITRITOL SE HAN SELECCIONADO LAS QUE A CONTINUACIÓN SE MENCIONAN Y DADO QUE SE TRATA DE UN POLIALCOHOL PRIMARIO, ES DE ESPERARSE QUE SE COM-

PORTE DE LA MISMA FORMA QUE LOS ALCOHOLES MONOFUNCIONALES CUYA FUNCIÓN ESTÁ SUJETA POR UN CARBÓN PRIMARIO.

ASPECTO:	SÓLIDO, POLVO BLANCO CRISTALINO
PUNTO DE FUSIÓN:	260 - 262 ^o c.
OLOR:	INODORO.
DENSIDAD RELATIVA:	1.399 (25 ^o /4 ^o c) .
SABOR:	DULCE.
PH :	NEUTRO.
CALOR DE SUBLIMACIÓN:	31.4 KCAL/MOL.
" " SOLUCIÓN:	-4.77 "
" " TRANSICIÓN :	8.4 "
" " FUSIÓN:	1.3 "
" " VAPORIZACIÓN :	22.0 "
" " HIDRATACIÓN:	26.6 "
" ESPECÍFICO:	60.8 "

REFERENCIA (26)

ENTROPIA DE TRANSICIÓN:	22.8 UNIDADES ENTRÓPICAS.
" " FUSIÓN:	3.2 " "
" " SUBLIMACIÓN:	60.8 " "

REFERENCIA (25)

SOLUBILIDAD EN 100 G DE SOLVENTE:

EN AGUA:	3.59 g (5 ^o c)
" "	6.50 " (25 ^o c)
" "	90.00 " (100 ^o c)
" DIETILEN GLICOL:	7.70 " "
" ETANOL :	0.50 " (25 ^o c)
" GLICERINA:	10.30 " (100 ^o c)
" ISOBUTANOL:	0.10 " (25 ^o c)

EN ISOPROPANOL:	0.18 g (25 ⁰ c)
" METANOL:	0.75 " "
" N-BUTANOL:	0.08 " "
" PROPANOL:	0.19 " "

REFERENCIA (36)

INSOLUBLE EN:

ACETONA.

ACEITES.

BENCENO.

ETER.

GRASAS.

PARAFINA.

TETRACLORURO DE CARBONO.

REFERENCIA (36)

EL PENTAERITRITOL ES UN CRISTAL NO HIGROSCÓPICO, SUBLIMA LENTAMENTE A 276⁰C CON LIGERA DESCOMPOSICIÓN. LA TEMPERATURA MÍNIMA DE IGNICIÓN DE UNA NUBE DE POLVO DE PENTAERITRITOL ES DE 450⁰C Y LA ENERGÍA MÍNIMA DE IGNICIÓN ES DE 0.01 JOULES. (70)

PROPIEDADES DE CRISTAL.

EL PENTAERITRITOL TIENE UNA ESTRUCTURA CENTRADA DE SIMETRÍA TETRAGONAL. SUS ÍNDICES DE REFRACCIÓN HAN SIDO REPORTADOS COMO SIGUE (29) :

(A ⁰)	η
6680	1.513
5893	1.515
5461	1.519
4710	1.523

LOS ÁTOMOS DE OXÍGENO DE CUATRO MOLÉCULAS VECINAS ESTÁN ARREGLADOS EN FORMA DE CUADRADO, SIENDO LA LONGITUD DEL ENLACE C-C DE 1.5 \AA , LA DEL C-O DE 1.46 \AA Y LA DEL O-O DE 2.96 \AA . LA CORTA DISTANCIA ENTRE LOS ÁTOMOS DE OXÍGENO HACE PENSAR EN LA POSIBILIDAD DE PUENTES DE HIDRÓGENO.

LOS CRISTALES DE PENTAERITRITOL EXHIBEN TRANSFORMACIÓN POLIMÓRFICA, POR LA CUAL EL CRISTAL CAMBIA DE LA FORMA TETRAGONAL A LA CÚBICA, ESTE FENÓMENO OCURRE A TEMPERATURAS ENTRE $180-192^{\circ}\text{C}$ (26) LOS ÚLTIMOS ESTUDIOS SOBRE LA ESTRUCTURA DEL CRISTAL SE HAN EFECTUADO CON RAYOS X Y TALES TRABAJOS HAN OFRECIDO EVIDENCIA DE AGROPAMIENTOS PIRAMIDALES (24).

D) PROPIEDADES QUÍMICAS.

EL PENTAERITRITOL MANIFIESTA LAS MISMAS PROPIEDADES QUÍMICAS QUE LOS ALCOHOLES MONOFUNCIONALES PRIMARIOS. A CONTINUACIÓN SE MENCIONAN LAS REACCIONES MAS COMUNES DE ESTE PRODUCTO Y SUS DERIVADOS PRINCIPALES.

OXIDACIÓN.

TOLLENS FUE EL PRIMERO EN REPORTAR LA OXIDACIÓN DEL PENTAERITRITOL (39) MEDIANTE LA ADICIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO, OBTENIENDO COMO PRODUCTOS DE REACCIÓN ÁCIDO OXÁLICO Y ÁCIDO GLICÓLICO. TAMBIÉN OBSERVÓ QUE AL AGREGAR ÁCIDO NÍTRICO DILUIDO OBTENÍA UN ALDEHIDO QUE POSTERIORMENTE IDENTIFICÓ COMO EL PRODUCTO DE OXIDACIÓN DEL DIPENTAERITRITOL, YA QUE OBTENIA UN DIALDEHIDO. ESTO ÚLTIMO HA PERMITIDO DISEÑAR UN MÉTODO DE ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DE DIPENTAERITRITOL EN MONOPENTAERITRITOL, COMPLEMENTANDO EL

MÉTODO LA REACCIÓN CARACTERÍSTICA ENTRE EL ÁCIDO SULFÚRICO Y LOS-ALDEHIDOS.

CUANDO SE EMPLEA EL ÁCIDO CRÓMICO COMO AGENTE OXIDANTE SE OBTIENE ÁCIDO FÓRMICO Y BIÓXIDO DE CARBONO COMO PRODUCTOS DE REACCIÓN, EN TANTO QUE CON PERMANGANATO SE OBTIENEN ÁCIDO OXÁLICO Y BIÓXIDO DE CARBONO. LA OXIDACIÓN DEL DIPENTAERITRITOL ES DIFERENTE YA QUE BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE REACCIÓN SE PRODUCEN ÁCIDO GLICÓLICO Y BIÓXIDO DE CARBONO COMO PRODUCTOS FINALES.

DE LOS PRODUCTOS QUE TEÓRICAMENTE DEBEN FORMARSE COMO RESULTADO DE LA OXIDACIÓN DEL PENTAERITRITOL, SOLO UNO DE ELLOS, EL ÁCIDO TRIMETILOL ACÉTICO $(HO-CH_2)_3-C-COOH$, HA SIDO PREPARADO MEDIANTE LA ADICIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO EN PRESENCIA DE UN CATALIZADOR DE PLATINO.

REDUCCIÓN.

LA HIDROGENACIÓN DEL PENTAERITRITOL SE LLEVA A CABO EMPLEANDO UN CATALIZADOR MIXTO DE COBRE-CROMO-ÓXIDO DE BARIO (3), OBTENIENDO SE METANOL E ISOBUTANOL COMO PRODUCTOS DE REACCIÓN, ALCANZANDO UN 99% DE CONVERSIÓN EN UN TIEMPO DE REACCIÓN DE 5 HORAS.

PIRÓLISIS. (20)

LA DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA DEL PENTAERITRITOL A TEMPERATURAS SUPERIORES A $250^{\circ}C$ DA MUY VARIADOS RESULTADOS SIENDO LOS PRODUCTOS PRINCIPALES EL METANOL, EL FORMALDEHIDO Y ALGUNOS ALDEHIDOS INSATURADOS. A TEMPERATURAS MUY POR ARRIBA DE LA ANTERIOR SE OBTIENEN PRINCIPALMENTE COMPUESTOS DERIVADOS DE LA ACROLEINA. LA PIRÓLISIS DEL DIPENTAERITRITOL DA EXACTAMENTE LOS MISMO RESULTADOS.

CON ÁCIDO SULFÚRICO.

LA REACCIÓN ENTRE EL ÁCIDO SULFÚRICO Y EL PENTAERITRITOL DA LUGAR A LA FORMACIÓN DE UNA MASA PASTOSA CUYO PUNTO DE DESCOMPOSI

CIÓN ES DE 140°C (66).

REACCIÓN CON HIDRÓXIDOS ALCALINOS.

CUANDO EL PENTAERITRITOL REACCIONA CON LOS HIDRÓXIDOS ALCALINOS FORMA UNA SERIE DE COMPUESTOS COMPLEJOS QUE NO ESTÁN PERFECTAMENTE DEFINIDOS. (27).

CON COMPUESTOS DE ARSÉNICO.

EL PENTAERITRITOL REACCIONA CON EL ÓXIDO ARSENIOSO Ó CON EL ÁCIDO ARSENOACÉTICO PARA DAR COMPUESTOS QUE TIENEN ACTIVIDAD TERAPÉUTICA. (69).

CON ÁCIDO BÓRICO.

LA REACCIÓN ENTRE EL PENTAERITRITOL Y EL ÁCIDO BÓRICO FORMA UN IÓN COMPLEJO QUE AUMENTA LA CONDUCTIVIDAD DE LAS SOLUCIONES - PREPARADAS CON ÁCIDO BÓRICO. (67).

CON COMPUESTOS DE FÓSFORO.

LOS ÉSTERES ORTOFOSFÓRICOS DEL PENTAERITRITOL SON PREPARADOS A PARTIR DEL ÁCIDO ORTOFOSFÓRICO Ó EL PENTÓXIDO DE FÓSFORO A TEMPERATURAS ENTRE $120-160^{\circ}\text{C}$, EN PRESENCIA DE PENTAERITRITOL. (60). - ESTOS COMPUESTOS TIENEN IMPORTANCIA DEBIDO A LAS CARACTERÍSTICAS DE AUTOEXTINGUIBILIDAD Y SUAVIDAD AL TACTO QUE PROPORCIONAN A LOS TEJIDOS. EN OTRAS OCASIONES ESTOS COMPUESTOS SON USADOS COMO PLASTIFICANTES Y COMO ADITIVOS DE LUBRICANTES.

CON METALES.

EL PENTAERITRITOL REACCIONA CON ALGUNOS COMPUESTOS DE ESTAÑO COBRE Y COBALTO, FORMANDO COMPUESTOS COMPLEJOS QUE ACTUALMENTE NO TIENEN APLICACIÓN. (54).

NITRACIÓN.

· CONTRARIAMENTE A ALGUNOS COMPUESTOS ALIFÁTICOS, EL PENTAERI-

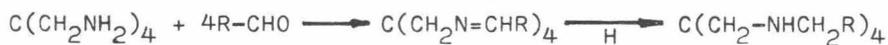
TRITOL ES NITRADO CON MEJORES RESULTADOS CUANDO SE EMPLEA ÁCIDO NÍTRICO SOLO QUE CUANDO SE USA LA MEZCLA SULFÚRICO-NÍTRICO(31), INDEPENDIENTEMENTE QUE EL PROCESO ES MAS FÁCIL Y EL PRODUCTO POSEÉ MAYOR ESTABILIDAD.

DENTRO DE LOS COMPUESTOS NITRADOS MAS IMPORTANTES DEL PENTAERITRITOL ESTÁN EL PENTAERITRITOL TETRANITRADO(P.E.T.N.) Y EL DIPENTAERITRITOL HEXANITRADO, ESTE ÚLTIMO COMO IMPUREZA EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PRIMERO. AMBOS TIENEN PROPIEDADES EXPLOSIVAS Y DIFIEREN EN SENSIBILIDAD, YA QUE EL PRIMERO ES MAS SUCEPTIBLE AL IMPACTO, AL CALENTAMIENTO Y A LA FRICCIÓN. NORMALMENTE VAN ACOMPAÑADOS DE UN RECUBRIMIENTO DE MENOR SENSIBILIDAD QUE LES DA CIERTA SEGURIDAD EN SU MANEJO.

AMINACIÓN.

EL PRIMER COMPUESTO TETRAMINADO DEL PENTAERITRITOL QUE SE HA REPORTADO EN LA LITERATURA SE ATRIBUYE A GOVAERT (65), QUIEN LO OBTUVO HACIENDO REACCIONAR EL TETRABRUMURO DE PENTAERITRITOL CON AMONIACO EN SOLUCIÓN ALCOHÓLICA A TEMPERATURAS DE 160-190°C.

LAS AMINAS SUSTITUIDAS PUEDEN SER OBTENIDAS MEDIANTE LA REACCIÓN DEL TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL CON FORMALDEHIDO Y POSTERIORMENTE REDUCIENDO EL PRODUCTO CON SODIO EN SOLUCIÓN ALCOHÓLICA DE ETANOL. LA REACCIÓN SE ESQUEMATIZA A CONTINUACIÓN:



ESTAS TETRAMINAS SUSTITUIDAS HAN SIDO AMPLIAMENTE USADAS COMO ANTIOXIDANTES DE LOS ACEITES LUBRICANTES.

LAS TRI-, DI-, Y MONO AMINAS DEL PENTAERITRITOL SE OBTIENEN A PARTIR DE ALCANOS Y OTROS TIPOS DE HIDROCARBUROS, YA QUE PARTIENDO DE LOS DERIVADOS HALOGENADOS LOS RENDIMIENTOS SON EXAGERA-

DAMENTE BAJOS.

CON HALÓGENOS.

LOS DERIVADOS HALOGENADOS DEL PENTAERITRITOL SON DE GRAN IMPORTANCIA DEBIDO A QUE SON PRODUCTOS INTERMEDIOS EN LA FABRICACIÓN DE OTROS TIPOS DE DERIVADOS.

LOS BROMUROS DEL PENTAERITRITOL (MONO, DI Y TRI) SON OBTENIDOS POR LA REACCIÓN DEL ÁCIDO BROMHÍDRICO FUMANTE SOBRE EL POLIALCOHOL, MANTENIENDO LA TEMPERATURA ENTRE 120-160⁰C POR PERÍODOS DE 8 -15 HORAS(17). EN CASO DE QUERER OBTENER EL DERIVADO TETRABROMADO SE HACE REACCIONAR EL PENTAERITRITOL CON APROXIMADAMENTE 5 VECES SU PESO DE TRIBROMURO DE FÓSFORO DURANTE LAPROS DE 20 HORAS A TEMPERATURAS DE 160-180⁰c (13).

LA PREPARACIÓN DEL MONO, DI Y TRICLORURO DE PENTAERITRITOL - SE HA LLEVADO A CABO HACIENDO REACCIONAR EL POLIALCOHOL CON ÁCIDO CLORHÍDRICO CONCENTRADO A TEMPERATURAS DE 120-185⁰c. EL COMPUESTO TETRACLORADO PUEDE SER OBTENIDO TAMBIEN POR ESTE MÉTODO, PERMITIENDO QUE SE ALARGE EL TIEMPO DE REACCIÓN.(65)

LOS IODUROS SON OBTENIDOS POR REACCIÓN CON EL ÁCIDO IODHÍDRICO EN PRESENCIA DE FÓSFORO ROJO, DANDO UNA MEZCLA DE LOS 4 IODUROS, DONDE PREDOMINAN LOS COMPUESTOS DI Y TRIODADOS.(6)

LOS FLUORUROS DE PENTAERITRITOL PUEDEN SER OBTENIDOS POR EL CALENTAMIENTO DEL COMPUESTO TETRABROMADO CON UN EXCESO DE FLUORURO DE POTASIO EN DIETILEN GLICOL A 175-180⁰c DURANTE 3 HORAS, CON RENDIMIENTOS HASTA DEL 60%.(7)

ETERIFICACIÓN.

EL PENTAERITRITOL PUEDE FORMAR 3 TIPOS DE ÉTERES:

ETERES DE ALQUILO ó ARILO.

ETERES INTERMOLECULARES.

ETERES INTRAMOLECULARES.

EL PRIMER TIPO SE OBTIENE POR LA DESHIDRATACIÓN DE UN ALCOHOL Ó BIEN POR LA REACCIÓN DE UN HALURO DE ALQUILO CON UN ALCOHOLATO Ó UN FENOLATO DE UN METAL ALCALINO-TERREO(66).ESTE ES EL MÉTODO GENERAL DE OBTENCIÓN PARA CUALQUIERA DE LOS 3 TIPOS DE ÉTERES.

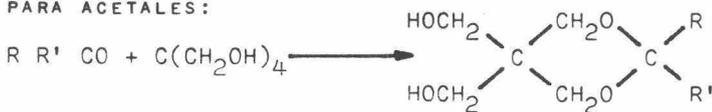
EL SEGUNDO TIPO DE ÉTERES ESTÁ REPRESENTADO PRINCIPALMENTE POR EL DI Y TRI PENTAERITRITOL, LOS CUALES SON SUBPRODUCTOS DE LA REACCIÓN DE OBTENCIÓN DEL PENTAERITRITOL. LA ADICIÓN DE PENTAERITRITOL Ó DE HIDRÓXIDO DE POTASIO EN EL SENO DE LA REACCIÓN, FAVORECEN LA FORMACION DE PENTAERITRITOLES.

EL TERCER TIPO DE ÉTERES SON COMPUESTOS QUE TIENEN UNO Ó MAS ANILLOS OXACICLOBUTANO. EL MÉTODO GENERAL DE PREPARACIÓN CONSISTE EN HACER REACCIONAR UN ÁLCALI EN SOLUCIÓN ALCOHÓLICA CON UN HALURO DE PENTAERITRITOL. (65). ESTOS TIPOS DE COMPUESTOS SON SUCEPTIBLES DE POLIMERIZAR Y FORMAR RESINAS PROPIAS PARA ADHESIVOS Y EN OTRAS OCASIONES PARA FUNDICIÓN. TIENEN APLICACIÓN TAMBIEN EN RECURBIMIENTOS, COMO EMULSIFICANTES, HUMECTANTES Y MODIFICADORES DE LA VISCOCIDAD EN RESINAS DE POLIVINILO Y DE NITROCELULOSA.

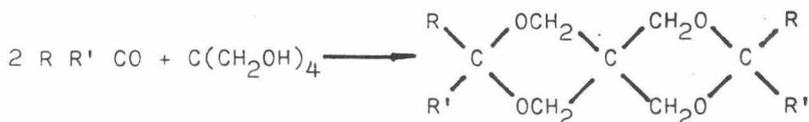
ACETALES Y CETALES.

LA REACCIÓN DEL PENTAERITRITOL CON COMPUESTOS QUE CONTIENEN UN GRUPO CARBONILO, DA LUGAR A LA FORMACIÓN DE ACETALES Y CETALES DE ACUERDO A LA SIGUIENTE REACCIÓN:

PARA ACETALES:



PARA CETALES:



DONDE R Y R' SON HIDRÓGENOS, GRUPOS ALQUILO Ó ARILO. LAS REACCIONES HAN SIDO LLEVADAS A CABO CON LOS ALDEHIDOS Y CETONAS MAS COMUNES EN EL MERCADO, EMPLEANDOSE UN MEDIO ÁCIDO Y TEMPERATURAS QUE FLUCTUAN ENTRE 25 Y 150⁰C. EL RENDIMIENTO DEPENDE DE LA REACTIVIDAD DEL GRUPO CARBONILO, EL TIPO DE CATALIZADOR Y LA TEMPERATURA USADA. (67).

LOS DIACETALES Y LOS DICETALES SON OBTENIDOS CUANDO SE HACEN REACCIONAR UNA MOL DE PENTAERITRITOL CON 2 MOLES DEL GRUPO CARBONILO, EN TANTO QUE LOS MONOACETALES Y MONOCETALES SE OBTIENEN CUANDO SE HACEN REACCIONAR CANTIDADES EQUIMOLECULARES. LOS PRINCIPALES CATALIZADORES PARA ESTE TIPO DE REACCIÓN SON EL ÁCIDO CLORHÍDRICO, EL SULFÚRICO, EL PARA-TOLUENSULFÓNICO, EL SULFATO DE COBRE ANHIDRO Y EL CLORURO DE ZINC.

UNO DE LOS MÉTODOS PARA PURIFICAR EL PENTAERITRITOL CONSISTE EN TRATARLO CON ACETONA, AISLAR EL DIACETONAL FORMADO Y POSTERIORMENTE HIDROLIZARLO CON UN ÁCIDO DILUIDO. POR OTRO LADO EL MÉTODO MAS EXACTO Y MAS COMUNMENTE USADO PARA ANALIZAR EL PENTAERITRITOL CONSISTE EN FORMAR EL DIBENZALDEHIDO ACETAL DEL POLIALCOHOL, MEDIANTE LA ADICIÓN DE BENZALDEHIDO, POSTERIORMENTE SE AISLA, SE HIDROLIZA Y HACE LA DETERMINACIÓN GRAVIMÉTRICAMENTE.

LOS ACETALES Y ACETAL ÉSTERES DEL PENTAERITRITOL HAN SIDO USADOS COMO PLASTIFICANTES DE HULES SINTÉTICOS Y ALGUNOS PLÁSTICOS CON BUENOS RESULTADOS; LOS DERIVADOS CLORADOS DEL ACETAL PENTAERITRITOL OFRECEN PROPIEDADES DE AUTOEXTINGUIBILIDAD CUANDO SON IN -

CLUIDOS EN LA FORMULACIÓN DE ALGUNOS PLÁSTICOS COMO EL P.V.C. OTRO TIPO DE DERIVADOS CLORADOS TIENEN PROPIEDADES HIPNÓTICAS Y SEDANTES QUE NO PRODUCEN HÁBITO.

EL PENTAERITRITOL REACCIONA CON ALDEHIDOS INSATURADOS, FORMANDO ACETALES CAPACES DE POLIMERIZAR HASTA OBTENER PRODUCTOS RESINOSOS. LOS POLÍMEROS DEL PENTAERITRITOL ACROLEINA. SON CLAROS, CASI INCOLOROS, TERMOPLÁSTICOS, CON MEJORES PROPIEDADES MECÁNICAS QUE LOS POLIÉSTERES Y LOS METACRILATOS Y SIMILAR EN PROPIEDADES DIELECTRICAS AL POLIESTIRENO. ESTOS POLÍMEROS SON INSOLUBLES EN LA MAYORÍA DE LOS SOLVENTES ORGÁNICOS. EL MÉTODO DE PREPARACIÓN CONSISTE EN REACCIONAR A TEMPERATURAS DE 75-80°C LA ACROLEINA Y EL PENTAERITRITOL EN PRESENCIA DE UN ÁCIDO QUE ACTUA COMO CATALIZADOR. LA REACCIÓN DURA 2 HORAS APROXIMÁDAMENTE. (10).

ESTERES DE ÁCIDOS ORGÁNICOS.

EL PENTAERITRITOL REACCIONA CON LOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS PARA FORMAR UNA GRAN VARIEDAD DE ÉSTERES SIMPLES Y POLIMÉRICOS. ESTOS PRODUCTOS SON PREPARADOS POR LOS MÉTODOS CONVENCIONALES DE ESTERIFICACIÓN, QUE CONSISTEN EN HACER REACCIONAR UN ÁCIDO, UN CLORURO DE ÁCIDO Ó UN ANHIDRIDO ÁCIDO CON UN ALCOHOL. NORMALMENTE SE HACE USO DE UN CATALIZADOR ÁCIDO COMO EL ÁCIDO SULFÚRICO, EL SULFATO DE ZINC, EL ACETATO DE SODIO, ETC. SE HA ENCONTRADO QUE LOS ÉSTERES DE PENTAERITRITOL PROVENIENTES DE ÁCIDOS GRASOS POSEEN GRAN ESTABILIDAD A LA HIDRÓLISIS Y ALTA COMPATIBILIDAD CON LAS RESINAS - EN GENERAL, RAZÓN POR LA CUAL SE HAN EMPLEADO COMO PLASTIFICANTES DE DIVERSOS TIPOS DE RESINAS. (53).

LA ADICIÓN DE PEQUEÑAS CANTIDADES DE ÉSTERES DE PENTAERITRITOL A LOS ACEITES MINERALES LUBRICANTES, INHIBE LA CORROSIÓN DE

LAS PARTES METÁLICAS EXPUESTAS A HUMEDAD Y PREVIENE EL ENDURECIMIENTO Y FORMACIÓN DE DEPÓSITOS DE CARBÓN, ESTE PROCEDIMIENTO SE ENCUENTRA YA PATENTADO. (57).

ENTRE LOS ÉSTERES MAS COMUNMENTE USADOS SE ENCUENTRAN LOS MONO Y DI OLEATOS, LOS LAURATOS, LOS MONOCAPRILATOS Y LOS ESTEARATOS BÁSICAMENTE. ESTOS PRODUCTOS SE EMPLEAN COMO ANTICORROSIVOS, DETERGENTES SOLUBLES EN ACEITE, LUBRICANTES SINTÉTICOS, ELIMINADORES DE RESIDUOS DE CARBÓN, BASE PARA CERAS, POLISHS, EMULSIFICANTES AGENTES GELATINIZANTES, INSECTICIDAS Y MUCHAS OTRAS APLICACIONES MAS. (51). (37). (36).

E) PROPIEDADES FISIOLÓGICAS.

LA TOXICIDAD DEL PENTAERITRITOL HA SIDO PROFUNDAMENTE ESTUDIADA, (15) LLEGANDO A LA CONCLUSIÓN DE QUE ES UN PRODUCTO NO TÓXICO AL SER HUMANO Y A LOS ANIMALES DE LABORATORIO. DURANTE 2 SEMANAS SE ADMINISTRÓ UNA DOSIS DIARIA DE 20 G POR KG. A VARIOS CUYOS DE LABORATORIO, NO OBSERVÁNDOSE NINGÚN EFECTO SOBRE ELLOS.

LA APLICACIÓN DE SOLUCIONES SATURADAS DE PENTAERITRITOL SOBRE LA PIEL DE UN CONEJO ALBINO, DIARIAMENTE Y DURANTE 10 DIAS, CAUSÓ UNA IRRITACIÓN INSIGNIFICANTE; CUANDO UNA GOTTA DE LA MISMA SOLUCIÓN FUÉ INTRODUCIDA EN UN OJO DEL CONEJO, NO HUBO INFLAMACIÓN Ó IRRITACIÓN NOTORIA. CON EL PENTAERITRITOL GRADO TÉCNICO SE OBTUVIERON EXACTAMENTE LOS MISMOS RESULTADOS, DE DONDE SE CONCLUYE QUE EL DI-, TRI- Y TETRAPENTAERITRITOL SON MATERIALES NO TÓXICOS QUE SON BIEN TOLERADOS POR LOS ANIMALES DE LABORATORIO CUANDO SE INGIEREN ORALMENTE Ó BIEN CUANDO SON INHALADOS EN GRANDES CAN-

TIDADES.

EN PRUEBAS LLEVADAS A CABO CON HUMANOS QUE SE ALIMENTARON CON PENTAERITRITOL, SE ENCONTRÓ QUE ESTA ES ELIMINADA DIARIAMENTE Y - EN FORMA INVARIABLE EN LA ORINA, CON NO MAS DE UN 15% DE DESCOMPOSICIÓN EN EL CUERPO. LA EXCRESIÓN DEL PENTAERITRITOL NO DURÓ MAS ALLÁ DE 30 HORAS Y DESPUES DE LA INGESTIÓN LAS PERSONAS MUESTRAN UN LIGERO INCREMENTO EN EL NIVEL DE AZÚCAR EN LA SANGRE. ESTE INCREMENTO VARÍA CON LA DOSIS Y DESAPARECE RÁPIDAMENTE.

SE HA OBSERVADO TAMBIEN UNA CIERTA ACTIVIDAD HEMOLISANTE DEL POLIALCOHOL SOBRE LOS GLÓBULOS ROJOS DEL PERRO, AUNQUE ESTA VELOCIDAD ES MAS BAJA QUE LA QUE TIENE LA GLICERINA Ó EL GLICOL.

LA ACTIVIDAD LIPOTRÓPICA DEL PENTAERITRITOL FUÉ DESCUBIERTA CUANDO VARIAS RATAS FUERON ESPECIALMENTE ALIMENTADAS CON GRASAS Y SE PUDO EXPERIMENTAR CON EL FIBRINÓGENO BOVINO EL CUAL MOSTRÓ UN INCREMENTO EN EL TIEMPO DE COAGULACIÓN.

LA ACCIÓN ANESTÉSICA DE UNA SOLUCIÓN ACUOSA DE PROCAÍNA SOBRE LA CORNEA DE UN CONEJO FUÉ INHIBIDA POR LA PRESENCIA DE PENTAERITRITOL EN LA SOLUCIÓN. EL PENTAERITRITOL ES LIGERAMENTE MAS DULCE QUE LA SUCROSA, POR LO QUE PUEDE ADMINISTRARSE ORALMENTE A LOS ANIMALES SIN GRAN PROBLEMA.

F) USOS Y PRINCIPALES PRODUCTOS DERIVADOS.

EXPLOSIVOS. PENTAERITRITOL TETRANITRADO. (PETN).

ESTE DERIVADO TETRANITRADO DEL PENTAERITRITOL COMO EXPLOSIVO FUÉ DESCUBIERTO EN 1894 POR INVESTIGADORES ALEMANES DE LA COMPAÑIA RHEINISCH-WESTAFALISCHE (50), PERO SE USABA EN PRODUCTOS -

MUY ESPECÍFICOS, DEBIDO A SU ELEVADO COSTO CON RELACIÓN A PRODUCTOS SIMILARES. SIN EMBARGO, DURANTE LOS AÑOS 30'S SE INTRODUJO AL MERCADO EN FORMA COMERCIAL A MUY BAJO PRECIO. LA CIFRA RECORD DE PRODUCCIÓN DEL PENTAERITRITOL TETRANITRADO SE ALCANZÓ DURANTE EL AÑO 1944 A RAÍZ DE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL, LLEGANDO A LAS 14 200 000 LBS CONTRA APROXIMADAMENTE 2 500 000 QUE SE PRODUCEN ACTUALMENTE (21). COMERCIALMENTE EL PETN SE PRODUCE EN BATCHES USANDO REACTORES DE AGITACIÓN CONTINUA. A GRANDES RASGOS EL PROCESO CONSISTE EN AGREGAR LENTAMENTE PENTAERITRITOL A UNA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE ÁCIDO NÍTRICO Y SE AGITA VIGORÓSAMENTE SIN PERMITIR QUE LA TEMPERATURA SE ELEVE MAS DE 25⁰C. LA MEZCLA DE REACCIÓN SE VIERTI SOBRE AGUA FRIA Y EL PETN SE PRECIPITA. SE FILTRA, SE LAVA CON SOLUCIÓN ALCALINA DILUIDA Y SE RECRISTALIZA DE ACETONA. NORMALMENTE EL PRODUCTO CONTIENE UN 40% DE HUMEDAD (30).

DEBIDO A LA SIMETRÍA DE SU MOLÉCULA, EL PENTAERITRITOL TETRANITRADO ES UN COMPUESTO MUY ESTABLE, PUEDE SER ALMACENADO A TEMPERATURAS HASTA DE 100⁰C SIN PERDER ACTIVIDAD EN FORMA SIGNIFICATIVA, SIN EMBARGO LA LUZ ULTRAVIOLETA Y EL MEDIO BÁSICO SI LO DESCOMPONEN RÁPIDAMENTE. EL PETN ES UN SÓLIDO CRISTALINO, NO HIGROSCÓPICO, FUNDE A 139⁰C Y EBULLE A 200⁰C. SU DENSIDAD ES 1.77G/CM³ Y MODERADAMENTE SOLUBLE EN ACETATO DE ETILO, ACETONA Y DIMETIL FORMAMIDA E INSOLUBLE EN AGUA, ETANOL, CLOROFORMO Y BENCENO (38).

ES DIFÍCIL PRENDER AÚN CUANDO SE LE ACERCA UN CERILLO, ES INSENSITIVO A LA FRICCIÓN, PERO SI LO ES AL IMPACTO Y AL ESFUERZO MECÁNICO. NORMALMENTE SE RECUBRE DE PARAFINA Ó ALGUN TIPO DE CERA PARA FACILITAR SU MANEJO Y EVITAR SU DETONACIÓN. LA DETONACIÓN PUEDE SER MEDIANTE UN IMPACTO Ó BIEN POR MEDIO DE UNA CHISPA PRO-

VENIENTE DE UN CONDENSADOR DE 10 000 A 12 000 VOLTS, DE ACUERDO A LA SIGUIENTE REACCIÓN:



ESTE PRODUCTO TIENE GRAN DEMANDA EN LA INDUSTRIA MILITAR Y SE EMPLEA NORMALMENTE COMO EXPLOSIVO SECUNDARIO, RARA VEZ SE USA SOLO. DEBIDO A SU BAJA SENSIBILIDAD A LA INICIACIÓN Y SU GRAN PODER EXPLOSIVO, SE EMPLEA EN COMPUESTOS DETONANTES, EN IMPULSORES DE COHETES Y GRANADAS. LA COMBINACIÓN CON TNT 1:1, RESULTA SER UN EXPLOSIVO DE PROPIEDADES ÓPTIMAS DE MANEJO Y EXPLOSIVIDAD. COMBINADO CON EL CLORATO DE SODIO Y ACETATO DE POLIVINILO COMO RECUBRIMIENTO, SE CONSIGUEN MEZCLAS QUE PUEDEN PERMANECER BAJO EL AGUA DURANTE 24 HORAS SIN PERDER SU PODER EXPLOSIVO (59). TAMBIÉN SE MEZCLA CON NITROGLICERINA, NITRATO DE AMONIO Y CALCIO, ETILEN DINITROAMINA Y ALGUNOS MÁS EN LA FABRICACIÓN DE MINAS Y PROYECTILES

EN EL CAMPO DE LA MEDICINA EL PETN RESULTA SER EL COMPUESTO MÁS EFECTIVO EN EL TRATAMIENTO DE LA ANGINA DE PECHO (11), YA QUE PRODUCE GRAN ALIVIO A LAS PERSONAS ATACADAS POR ESTA ENFERMEDAD; TIENE UNA ACCIÓN DURADERA DEBIDO A QUE ACTÚA COMO UN DILATADOR CARDIOVASCULAR DE LA CORONARIA, DISMINUYENDO LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LOS ATAQUES, SIN EMBARGO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PROFILAXIS DE ESTA ENFERMEDAD, EN LA REHABILITACIÓN NO TIENE UNA ACCIÓN MUY PROLONGADA QUE GARANTICE PROTECCIÓN SUFICIENTE AL ENFERMO. COMBINADO CON EL TRINITRATO DE GLICERILO REDUCE LA DEPENDENCIA DE ÉSTE Y ADEMÁS LOS EFECTOS LATERALES SON MENORES QUE CON OTROS VASODILATADORES. LA INGESTIÓN DE PETN TIENE POCO EFECTO SOBRE LA DILATACIÓN DE LA ARTERIAS PERIFÉRICAS, EL PULSO SE INCRE -

MENTA LIGERAMENTE PERO NO AFECTA EN FORMA SIGNIFICATIVA LA PRESIÓN SANGUÍNEA. EN EL CUERPO HUMANO EL PETN ORIGINA UNA NOTORIA REDUCCIÓN DE LA FRAGILIDAD CAPILAR.

EXISTEN OTROS COMPUESTOS NITRADOS DEL PENTAERITRITOL PERO DE MENOR IMPORTANCIA QUE EL COMPUESTO TETRANITRADO, TAL ES EL CASO DEL FORMATO DE PENTAERITRITOL TRINITRADO, EL TRIPENTAERITRITOL OCTANITRADO, DIPENTAERITRITOL HEXANITRADO, TRIPENTAERITRITOL TRINITRADO Y ALGUNOS OTROS MÁS.

ACEITES SECANTES.

CUANDO SE HACEN REACCIONAR ACEITES SECANTES NATURALES, ACEITES SEMISECANTES Ó ÁCIDOS GRASOS DERIVADOS DE ESTOS ACEITES SECANTES CON PENTAERITRITOL, SE OBTIENEN ACEITES SECANTES SINTÉTICOS CON MEJORES PROPIEDADES PARA SU PROCESAMIENTO Y DE SUPEIORES CARACTERÍSTICAS EN EL PRODUCTO FINAL. COMPARANDO LOS ACEITES NATURALES CONTRA LOS ÉSTERES DEL PENTAERITRITOL, ESTOS ÚLTIMOS SECAN MAS RÁPIDAMENTE, FORMANDO UNA PELÍCULA MAS FUERTE Y RESISTENTE. LA RAPIDEZ DE SECADO Ó POLIMERIZACIÓN ESTÁ EN RAZÓN DIRECTA DEL NÚMERO DE INSATURACIONES DEL ACEITE SECANTE Ó BIEN DEL NÚMERO DE OXHI DRILOS POR UNIDAD DE MASA DEL POLIALCOHOL.

LA PREPARACIÓN DE LOS ACEITES SECANTES SINTÉTICOS PUEDE SER LLEVADA A CABO POR 4 MÉTODOS:

ESTERIFICACIÓN DIRECTA DEL ALCOHOL CON EL ÁCIDO GRASO.

ALCOHÓLISIS DE UN ACEITE SECANTE NATURAL.

INTERCAMBIO DE ÉSTERES.

ESTERIFICACIÓN ENTRE EL ALCOHOL Y UN CLORURO DE ÁCIDO.

LA ESTERIFICACIÓN DIRECTA DEL PENTAERITRITOL CON EL ÁCIDO - GRASO SE RECOMIENDA EFECTUARSE A TEMPERATURAS PRÓXIMAS A LOS 230° YA QUE A MENOR TEMPERATURA PARTE DEL POLIALCOHOL QUEDA SIN FUNDIR Y NO REACCIONA, EN TANTO QUE A TEMPERATURAS SUPERIORES SE OCASIONA UN AMARILLAMIENTO EN EL PRODUCTO FINAL. COMO EN TODA ESTERIFICACIÓN SE REQUIERE DE UN EQUIPO PROVISTO DE AGITACIÓN VIGOROSA - QUE AYUDE A COMPLETAR LA REACCIÓN Y AL MISMO TIEMPO PERMITA ELIMINAR EL AGUA RESULTANTE. ALGUNOS MATERIALES COMO EL NAFTENATO DE - CALCIO Y EL ESTEARATO DE ZINC ACELERAN LA REACCIÓN SIN PROMOVER - COLORACIÓN (47).

LA ALCOHÓLISIS ES UN MÉTODO PARA MODIFICAR LAS PROPIEDADES - DE UN ACEITE SECANTE NATURAL Y CONSISTE EN REEMPLAZAR LA GLICERINA DEL SECANTE POR PENTAERITRITOL, RESULTANDO UN PRODUCTO CON PROPIEDADES PARTICULARES QUE NO CORRESPONDEN AL ACEITE SECANTE NATURAL NI AL ÉSTER DEL PENTAERITRITOL YA QUE LA REACCIÓN NO LLEGA A SER ESTEQUEOMÉTRICA Y EL REMPLAZAMIENTO PUEDE SER HASTA DEL 70%

EL PROCESO CONSISTE EN HACER REACCIONAR EL ACEITE CON EL PENTAERITRITOL A UNA TEMPERATURA DE $220-230^{\circ}\text{C}$ EN ATMOSFERA INERTE Y CON AGITACIÓN VIGOROSA (47). LOS NAFTENÁTOS METÁLICOS Y OTRAS SALES DE CALCIO Y ZINC QUE SON SOLUBLES EN ACEITE, JUEGAN UN PAPEL MUY IMPORTANTE DEBIDO A QUE EN ESTE CASO SI ABATEN LA TEMPERATURA DE PROCESO Y ACORTAN LOS TIEMPOS DE REACCIÓN. LA GLICERINA PRODUCIDA ES ELIMINADA POR DESTILACIÓN AZEOTRÓPICA.

EL PROCESO DE INTERCAMBIO DE ÉSTERES CONSISTE EN HACER REACCIONAR TETRACETATO DE PENTAERITRITOL CON METIL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS, EN PRESENCIA DE METÓXIDO DE SODIO COMO CATALIZADOR (46).

POR ÚLTIMO, EL PENTAERITRITOL REACCIONA CON LOS CLORUROS DE ÁCIDO DE ALGUNOS ÁCIDOS GRASOS, COMO EL ACEITE DE SEMILLA DEL GIRASOL, FORMANDO LOS ÉSTERES CORRESPONDIENTES. LA DIFERENCIA PRINCIPAL CON LA ESTERIFICACIÓN DIRECTA ES QUE EN ESTE CASO SE PRODUCE ÁCIDO CLORHÍDRICO EN LUGAR DE AGUA COMO SUBPRODUCTO DE REACCIÓN ESTA TÉCNICA SE ENCUENTRA PATENTADA. (56).

LOS ÉSTERES DEL PENTAERITRITOL DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LINAZA Y SOYA, OFRECEN MEJORES CARACTERÍSTICAS EN LA PELÍCULA QUE LOS ACEITES SECANTES NATURALES YA QUE AUMENTAN LA DUREZA, LA RESISTENCIA AL AGUA, AUMENTAN LA FLEXIBILIDAD, SECAN MAS RÁPIDAMENTE Y SON DE MEJOR CONSISTENCIA, POR LO QUE A TRAVÉS DEL TIEMPO SE HAN PREFERIDO EN LA FABRICACIÓN DE DIVERSOS TIPOS DE BARNICES.

CUANDO SE COMBINA EL PENTAERITRITOL CON ACEITES SEMI-SECANTES Ó NO SECANTES, SE OBTIENEN ACEITES APROPIADOS PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS Y BARNICES SECANTES AL AIRE. SI SE MODIFICA EL ACEITE DE SOYA, QUE ES UN SEMISECANTE, CON PENTAERITRITOL, SE OBTIENE UN SECANTE QUE PUEDE SUSTITUIR AL ACEITE DE LINAZA YA QUE AMBOS NO CAUSAN COLORACIÓN.

LOS ACEITES SECANTES DEL PENTAERITRITOL PUEDEN SER MODIFICADOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE ANHIDRIDO MALEICO, ÁCIDO FUMÁRICO Ó UREA ENTRE OTROS, PARA OBTENER PRODUCTOS FINALES DE MEJOR RESISTENCIA Y DE MAS RÁPIDO SECADO (1). TAMBIEN PUEDEN CO-POLIMERIZARSE CON MONÓMERO DE ESTIRENO Ó ALGÚN OTRO TIPO DE MONÓMERO VINÍLICO, EN PRESENCIA DE UN PERÓXIDO QUE ACTUA COMO CATALIZADOR, OBTENIENDOSE BARNICES DE RÁPIDO SECADO Y GRAN RESISTENCIA AL AGUA.

LOS POLIPENTAERITRITOLES OFRECEN MAYORES VENTAJAS QUE EL MISMO PENTAERITRITOL EN EL CASO PARTICULAR DE LA FABRICACIÓN DE ACEI

TES SECANTES SINTÉTICOS, YA QUE RESULTAN PRODUCTOS DE MAYOR RESISTENCIA Y DE MAS RÁPIDO SECADO (40). LA RAZÓN ES QUE LOS POLIPENTAEERITRITOLES TIENEN MAYOR NÚMERO DE GRUPOS FUNCIONALES, LO QUE LES PERMITE ADMITIR UN MAYOR NÚMERO DE RADICALES Y POR LO TANTO EXISTEN UN NÚMERO MAYOR DE CADENAS INSATURADAS. ESTAS CADENAS SE ENTRELAZAN FÁCILMENTE Y GELAN CON MAYOR RAPIDEZ. ESTOS COMPUESTOS SON COMPATIBLES CON RESINAS ALQUIDÁLICAS Y CON NITROCELULOSA.

LA EXCEPCIÓN SE LOCALIZA CON EL ÁCIDO GRASO DE CEBO, YA QUE EN ESTE CASO SE OBTIENEN PRODUCTOS DE INFERIOR CALIDAD, CUANDO SE FORMULAN CON LOS ÉSTERES DEL PENTAERITRITOL COMPARADOS CONTRA EL ACEITE DE LINAZA. EN ESTE CASO SE BUSCA UN ALCOHOL MAS FUNCIONAL O SE INTENTA POLIMERIZAR LA PARTE INSATURADA. EN ALGUNAS OCASIONES SE PREFIERE MODIFICAR ESTOS ÉSTERES AGREGANDO DE 2-8% DE ÁCIDO FUMÁRICO O ANHIDRIDO MALEICO (1), LO CUAL AUMENTA LA VISCOSIDAD Y MEJORA LAS PROPIEDADES DE PELÍCULA Y DE SECADO. ESTOS PRODUCTOS SE EMPLEAN EN LA FABRICACIÓN DE TINTAS PARA IMPRESIÓN, ESMALTES, RECUBRIMIENTO, ETC.

POLIÉSTERES.

LOS POLIÉSTERS SON LOS PRODUCTOS OBTENIDOS DE LA POLICONDENSACIÓN DE UN ÁCIDO DIBÁSICO Y UN POLIALCOHOL, LO QUE PERMITE EL ENTRELAZAMIENTO DE LAS CADENAS, AUMENTANDO LA VISCOSIDAD DEL PRODUCTO. LOS POLIÉSTERES MAS COMUNES SON LOS PROVENIENTES DEL ÁCIDO MALÓNICO, SUCCÍNICO, CÍTRICO, FTÁLICO, ADÍPICO, ETC. CASI POR NORMA GENERAL LOS POLIÉSTERES PREPARADOS A PARTIR DE ÁCIDOS ALIFÁTICOS DIBÁSICOS SON PRODUCTOS DE CONSISTENCIA CEROSA, EN TANTO QUE

LOS DE ORIGEN AROMÁTICO TIENDEN A SER RESINAS DURAS. LOS POLIÉSTERES DEL PENTAERITRITOL GELAN ANTES DE QUE LA ESTERIFICACIÓN SE LLEVE A CABO COMPLETAMENTE, POR LO QUE LA REACCIÓN SE DETIENE AL LLEGAR A UN NÚMERO ÁCIDO DE 100-150 (55), Ó BIEN, SE EMPLEA UN ALCOHOL DE MENOR FUNCIONABILIDAD, COMO UN GLICOL. TAMBIEN PUEDE EMPLEARSE UN ÁCIDO MONOBÁSICO COMO EL PARATERBUTIL BENZOICO SUSTITUYENDO AL DIÁCIDO EN FORMA TOTAL Ó PARCIAL.

LA COMBINACIÓN DEL PENTAERITRITOL CON DIVERSOS ÁCIDOS TALES COMO EL TERFTÁLICO, ISOFTÁLICO Y SUCCÍNICO PRODUCEN DIVERSOS TIPOS DE RESINAS, QUE ENCUENTRAN APLICACIÓN EN LAMINADOS, RECUBRIMIENTOS, AISLAMIENTOS, PLASTIFICANTES, ADHESIVOS, RESINAS RESISTENTES A LOS AGENTES QUÍMICOS, ETC. (52).

SI EL PENTAERITRITOL SE COMBINA CON UN ÁCIDO INSATURADO EN LA PARTE ALIFÁTICA, ESTO DA LA POSIBILIDAD DE COMBINARLO CO EL MONÓMERO DE ESTIRENO, EL CUAL ES UN RETICULANTE QUE ENTRELAZA CADENAS, PRODUCIENDO RESINAS INFUSIBLES DE GRAN RESISTENCIA, APROPIADAS PARA LA IMPREGNACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO Ó TELA DE ASBESTO, ESTO PERMITE LA FABRICACIÓN DE PIEZAS MOLDEADAS DE DIVERSA UTILIDAD COMO CARROCERIAS, PARTES AUTOMOTRICES, SOPORTE DE MAQUINARIA, ETC.

RESINAS ALQUIDÁLICAS.

LAS RESINAS ALQUIDÁLICAS SE OBTIENEN DE LA REACCIÓN DE UN ALCOHOL POLIHÍDRICO CON UN ÁCIDO DIBÁSICO Y UN ÁCIDO GRASO MONOBÁSICO, ESTE ES UNO DE LOS GRUPOS MAS VERSÁTILES DE LAS RESINAS SINTÉTICAS, YA QUE SON USADAS EN LOS ACABADOS DECORATIVOS Y EN ALGUNOS

CASOS COMO RECUBRIMIENTOS PROTECTIVOS DE DIVERSOS ARTÍCULOS. ESTAS RESINAS SON COMPATIBLES CON UNA GRAN VARIEDAD DE ACEITES, POR LO QUE SE PUEDEN FORMULAR EN DIVERSOS VEHÍCULOS, PRESENTANDO EXCELENTE RESISTENCIA AL INTEMPERISMO, RÁPIDO SECADO Y BUENA ADHERENCIA SOBRE DIVERSAS SUPERFICIES. TODO LO ANTERIOR HA PERMITIDO QUE ESTE TIPO DE RESINAS SEAN LAS MAS USADAS EN EL CAMPO DE LOS RECUBRIMIENTOS. ANTERIORMENTE SE EMPLEABAN RESINAS FORMULADAS A BASE DE GLICERINA, ANHIDRIDO FTÁLICO Y ACEITE DE LINAZA, PERO LA RESISTENCIA Y EL SECADO MEJORAN NOTORIAMENTE CUANDO SE EMPLEA EL PENTAERITRITOL. AL REEMPLAZAR LA GLICERINA POR EL PENTAERITRITOL SE OBTIENEN RESINAS DE MEJOR BRILLO Y DE MAYOR VISCOCIDAD, ASÍ COMO MAYOR RESISTENCIA AL AGUA(12).

DEPENDIENDO DE LA FORMULACIÓN, LOS ALQUIDALES SE CLASIFICAN EN: DE CADENA LARGA (60-80% DE ACEITE Y 20-40% DE ANHIDRIDO FTÁLICO); DE CADENA MEDIA (45-60% DE ACEITE Y 30-38% DE ANHIDRIDO FTÁLICO); DE CADENA CORTA (MENOS DEL 45% DE ACEITE Y MAS DEL 38% DE ANHIDRIDO FTÁLICO). ESTAS PROPORCIONES DETERMINAN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA, TALES COMO RESISTENCIA, SECADO, SOLUBILIDAD, DUREZA, FLEXIBILIDAD, ETC. UN ALQUIDAL CORTO SECA MAS RÁPIDAMENTE, FORMANDO UNA RESINA DURA Y RELATIVAMENTE FRÁGIL, EN TANTO QUE UN ALQUIDAL LARGO ES MAS COMPATIBLE CON LOS ACEITES, ES MENOS VISCOSO Y SECA LENTAMENTE, FORMANDO UNA PELÍCULA RELATIVAMENTE BLANDA Y FLEXIBLE.

EL PENTAERITRITOL TIENE APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE ALQUIDALES DE CADENA LARGA Y MEDIA, DEBIDO A QUE LOS ALQUIDALES CORTOS FORMULADOS CON GLICERINA TIENEN PROPIEDADES SUPERIORES DE TODO TIPO, INCLUSO CUANDO SE FABRICAN CON PENTAERITRITOL LLEGAN A

SOLIDIFICAR ANTES DE TENER UN NÚMERO ÁCIDO BAJO. EN ALGUNOS CASOS SE SUSTITUYE EL PENTAERITRITOL EN FORMA PARCIAL POR UN GLICOL, SO LUCIONANDO EN ESA FORMA EL PROBLEMA. EN ALQUIDALES MEDIOS LLEGA A COMBINARSE GLICERINA CON PENTAERITRITOL PARA OBTENER PINTURAS DE FÁCIL APLICACIÓN Y GRAN ESTABILIDAD.

EL SECADO PUDE SER ACELERADO SI SE ADICIONAN A LAS RESINAS - ALGUNOS NAFTENÁTOS METÁLICOS (28), TALES COMO EL DE COBALTO, ZINC, CALCIO, PLOMO, ETC. SE RECOMIENDA LA COMBINACIÓN DE ALGUNOS DE EL LLOS DEBIDO A QUE CADA UNO SECA EN CAPAS A DIFERENTE NIVEL, EL CO BALTO EN LA SUPERFICIE, EL PLOMO EN EL FONDO, ETC. NORMALMENTE SE EMPLEA LA SIGUIENTE COMBINACIÓN: COBALTO-MANGANESO-PLOMO Ó COBALTO -PLOMO-CALCIO. LOS ALQUIDALES SE EMPLEAN EN LOS ESMALTES, ALGUNOS TIPOS DE TINTAS PARA IMPRESIÓN Y EN PINTURAS PARA INTERIORES Y EX TERIORES.

EXISTEN TAMBIEN RESINAS ALQUIDÁLICAS MODIFICADAS CON MONÓME- ROS VINÍLICOS TALES COMO EL ESTIRENO, EL CUAL CO-POLIMERIZA A TEM PERATURAS ARRIBA DE 100°C EN PRESENCIA DE UN PERÓXIDO (9) COMO EL PERÓXIDO DE TERBUTILO, PERÓXIDO DE BENZOILO, ETC. ESTAS TINTAS Ó PINTURAS MODIFICADAS OFRECEN EXCELENTE RETENCIÓN DEL COLOR Y BUE NA RESISTENCIA QUÍMICA, SECAN AL AIRE Ó CON CALOR.

LOS ALQUIDALES PUEDEN SER MODIFICADOS TAMBIÉN CON FENOL, U - REA, FORMALDEHIDO, SILICONES, DI-ISOCIANATOS, ETC, DANDO CARACTE - RÍSTICAS PARTICULARES EN CADA CASO.

III) OBTENCIÓN DEL PENTAERITRITOL.

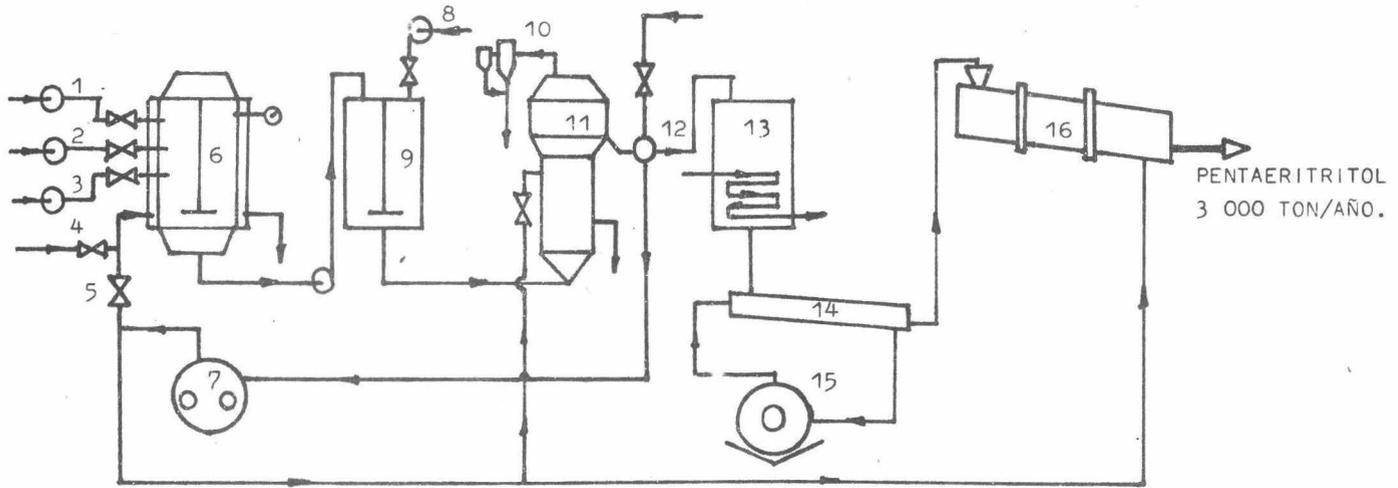
A) DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS DE OBTENCIÓN.

LA OBTENCIÓN DEL PENTAERITRITOL A ESCALA INDUSTRIAL PARTE DE LA REACCIÓN ENTRE EL ACETALDEHIDO CON EL FORMALDEHIDO EN PRESENCIA DEL HIDRÓXIDO DE SODIO Ó BIEN DE CALCIO. ESTE ES EL PROCESO QUE RESULTA ECONÓMICAMENTE UTILIZABLE, YA QUE PARTIENDO DE DERIVADOS HALOGENADOS Y EFECTUANDO LA HIDRÓLISIS CORRESPONDIENTE, LOS RENDIMIENTOS SON EXTREMADAMENTE BAJOS, LO MISMO SUCEDE CUANDO SE PARTE DE LA PENTAERITROSA Y SE EFECTUA LA REDUCCIÓN CON AMALGAMA DE SODIO, LO QUE LOS HACE INCOSTEABLES Y MOTIVAN QUE EN EL PRESENTE TRABAJO SE CONSIDERE EXCLUSIVAMENTE EL MÉTODO QUE SE SEÑALÓ INICIALMENTE. COMO DATO INFORMATIVO MENCIONAREMOS QUE TODAS LAS PLANTAS DE PENTAERITRITOL INSTALADAS EN EL MUNDO, PARTEN DE LOS MATERIALES SEÑALADOS AL PRINCIPIO DEL CAPÍTULO.

EN LA SIGUIENTE HOJA SE LOCALIZA UN ESQUEMA DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PENTAERITRITOL Y A CONTINUACIÓN SE HARÁ UNA BREVE DESCRIPCIÓN DEL MISMO, ESTA INFORMACIÓN ES LA RECOPIACIÓN DE EXPERIENCIAS REPORTADAS EN LA LITERATURA, POR LO QUE SE SEÑALAN INTERVALOS DE OPERACIÓN Y NO CONDICIONES ESPECÍFICAS.

A UNA SOLUCIÓN 20-30% DE FORMALDEHIDO EN PESO, SE LE ADICIONAN PRIMERAMENTE UNA SOLUCIÓN AL 50% EN PESO YA SEA DEL HIDRÓXIDO DE SODIO Ó BIEN DE CALCIO, POSTERIORMENTE SE AGREGA LENTAMENTE Y BAJO LA SUPERFICIE DE LA SOLUCIÓN ALCALINA DE FORMOL, LA SOLUCIÓN 99% DE ACETALDEHIDO. DADO QUE LA REACCIÓN ES ALTAMENTE EXOTÉRMICA SE DEBE EMPLEAR UN REACTOR PROVISTO DE ENFRIAMIENTO EXTERNO, DE -

DIAGRAMA DE FLUJO PARA PENTAERITRITOL



- 1.-DOSIFICADOR ACETALDEHIDO.
- 2.-DOSIFICADOR FORMALDEHIDO.
- 3.-DOSIFICADOR SOSA
- 4.-AGUA DE ENFRIAMIENTO.
- 5.-VAPOR DE CALENTAMIENTO.
- 6.-REACTOR AGITADO.

- 7.-CALDERA.
- 8.-DOSIFICADOR AC. FÓRMICO.
- 9.-TANQUE NEUTRALIZADOR.
- 10.-EYECTOR Y CONDENSADOR BAROMÉTRICO.
- 11.-EVAPORADOR.

- 12.-INTERCAMBIADOR.
- 13.-REFRIGERADOR.
- 14.-CRISTALIZADOR.
- 15.-FILTRO ROTATORIO.
- 16.-SECADOR ROTATORIO.

TAL FORMA QUE LA TEMPERATURA DENTRO DEL REACTOR SE MANTENGA ENTRE 15 - 20°C.

LA PROPORCIÓN EN MOL DE FORMALDEHIDO A ACETALDEHIDO VARÍA EN EL INTERVALO DE 4.5: 1 A 5.0: 1. EL IÓN HIDRÓXIDO COMO TAL, PARECE ENCONTRARSE EN LA PROPORCIÓN ADECUADA CUANDO SE DOSIFICA EN 1.5 - MOLES POR MOL DE ACETALDEHIDO.

LA TEMPERATURA DENTRO DEL REACTOR DESPUÉS DE QUE HA CONCLUIDO LA ADICIÓN, DEBE MANTENERSE EN 25-30°C DURANTE UN PAR DE HORAS; DESPUÉS SE ELEVA RÁPIDAMENTE A 60°C, HASTA QUE EL CONTENIDO DE ALDEHIDO LIBRE ES MENOR DE 0.1%. LA MEZCLA CRUDA DE REACCIÓN ES TRANSFERIDA AL NEUTRALIZADOR, DONDE SE ADICIONA ÁCIDO FÓRMICO Ú O XÁLICO, DEPENDIENDO DEL TIPO DE HIDRÓXIDO, CON EL FIN DE NEUTRALIZAR EL EXCESO DEL ÁLCALI Y AL MISMO TIEMPO REMOVER EL IÓN METÁLICO DEL AGENTE CONDENSANTE. SI SE EMPLEA EL PROCESO DE LA SOSA DEBE USARSE EL ÁCIDO FÓRMICO PARA REMOVER EL IÓN COMO FORMATO, EN TANTO QUE SI SE USÓ EL PROCESO DE LA CAL, DEBE USARSE ÁCIDO ÓXÁLICO Ó SULFÚRICO Ó UNA COMBINACIÓN DE AMBOS PARA REMOVER EL IÓN CALCIO COMO SULFATO Ó BIEN COMO OXALATO, SEGÚN SEA EL CASO, POR FILTRACIÓN. EN EL TANQUE NEUTRALIZADOR EL PH SE REDUCE HASTA OBTENER UN VALOR DE 7.8 - 8.0.

POSTERIORMENTE LA SOLUCIÓN PASA A UN EVAPORADOR, DONDE LA MEZCLA SE CONCENTRA HASTA OBTENER UNA DENSIDAD RELATIVA DE 1.270, LUEGO SE ENFRÍA HASTA APROXIMADAMENTE 5°C Y SE TRANSFIERE AL CRISTALIZADOR, EL CUAL ESTÁ PROVISTO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE AGUAS MADRES YA QUE ESTAS LLEVAN CONSIGO UNA IMPORTANTE CANTIDAD DE PENTAERITRITOL EN SOLUCIÓN. EN ESTE PASO DE RECIRCULACIÓN AL REFRIGERADOR, SE APROVECHA PARA REMOVER POR FILTRACIÓN EL IÓN SO-

DIO, EN CAMBIO SI SE USO CAL, EL IÓN DEBÍO REMOVERSE EN UN PASO - PREVIÓ A LA REFRIGERACIÓN.

LA TORTA FILTRADA QUE SE HA SEPARADO DE LAS AGUAS MADRES CON TIENE EL PENTAERITRITOL COMBINADO CON UN CIERTO PORCENTAJE DE POLI PENTAERITRITOLES COMO PRODUCTOS DE REACCIONES LATERALES. ESTOS - SUBPRODUCTOS SON EL RESULTADO DE LA ETÉRIFICACIÓN DE 2 Ó MAS MOLÉ CULAS DE PENTAERITRITOL Y TIENEN MUY BAJO VALOR COMERCIAL CON RES PECTO AL PRODUCTO PRINCIPAL, DEBIDO A SU MENOR NÚMERO DE OXHIDRIE LOS POR UNIDAD DE MASA, Y EXISTE LA TENDENCIA SIEMPRE A ELIMINAR- LOS EN LA PRODUCCIÓN. OTRO TIPO DE IMPUREZAS ENCONTRADAS EN LAS A GUAS MADRES SON FORMAS CÍCLICAS Y LINEALES DE LOS POLIPENTAERITRI TOLES. EL PORCENTAJE DE ESTOS SUBPRODUCTOS ESTÁ EN FUNCIÓN DIRECTA DE LAS VARIABLES DE PROCESO QUE INTERVIENEN COMO EL TIPO DE CATALI ZADOR, LA TEMPERATURA DE REACCIÓN, LA PROPORCIÓN DE REACTIVOS, ETC DEFINITIVAMENTE EXISTEN UNAS CONDICIONES BAJO LAS CUALES LAS REA CCIONES LATERALES SE LLEVAN A CABO AL MÍNIMO, LO QUE CONDUCE A U NA INVESTIGACIÓN MAS PROFUNDA Y QUE NO ES EL OBJETIVO PRINCIPAL - DE ESTA TESIS, SIN EMBARGO SE HARÁ UNA BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS E FECTOS DE LAS VARIABLES MAS IMPORTANTES, SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE PENTAERITRITOL COMO PRODUCTO FINAL.

LA TORTA SE PASA A UN SECADOR ROTATORIO, DE DONDE SE OBTIENE EL PRODUCTO GRADO TÉCNICO Ó BIEN PUEDE SER PURIFICADO POR LOS MÉ- TODOS CONVENCIONALES DE RECRISTALIZACIÓN PARA OBTENER EL PRODUCTO CON UN 99% DE PUREZA, EL CUAL SE DESTINA A LA FABRICACIÓN DE EXPL OSIVOS DEBIDO A SU MAYOR FACILIDAD PARA NITRAR. EL PRODUCTO GRADO TÉCNICO CONTIENE UNA PUREZA ENTRE 80-85% DE MONOPENTAERITRITOL Y EL RESTO CORRESPONDE A DIPENTAERITRITOL PRINCIPALMENTE.

EL RENDIMIENTO DE PENTAERITRITOL MAS POLIPENTAERITRITOL ES DE APROXIMADAMENTE 85-90% EN BASE AL ACETALDEHIDO CARGADO.

SE HAN REPORTADO EN LA LITERATURA ALGUNOS MATERIALES QUE TIENEN UN EFECTO CATALÍTICO EN LA REACCIÓN, ENTRE ELLOS SE ENCUENTRAN LOS OXALATOS DE COBRE, NÍQUEL, COBALTO, FIERRO, ETC (58).

LA PRESENCIA DE PEQUEÑAS CANTIDADES DE FORMALDEHIDO INCREMENTA GRANDEMENTE LA SOLUBILIDAD DEL PENTAERITRITOL EN EL LICOR DE REACCIÓN, POR LO QUE EL FORMOL REMANENTE DEBE SER ELIMINADO Ó REMOVIDO DESPUES DE QUE LA REACCIÓN HA CONCLUIDO. LA FORMA MAS CÓMODO DE EFECTUARLO ES ELEVANDO LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA A 60°C Ó TAMBIEN DESTRUIRLO AGREGANDO AGUA OXIGENADA Ó AMONIACO SI SE REQUIERE DE UN TRATAMIENTO A FONDO QUE ELIMINE TODA TRAZA DE ALDEHIDO.

CUANDO SE EMPLEA EL HIDRÓXIDO DE CALCIO SE OBTIENEN LOS MAS ALTOS RENDIMIENTOS DEL MONOPENTAERITRITOL, PERO REPENTINAMENTE PARTICIPA EN UNA SERIE DE REACCIONES DE RESINIFICACIÓN QUE SE CARACTERIZAN POR UNA SÚBITA ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA, RÁPIDA DESAPARICIÓN DEL FORMOL RESIDUAL Y LA APARICIÓN DE UNA COLORACIÓN QUE VÁ DEL AMARILLO TENUE AL ROJO LADRILLO, LO QUE SE CONOCE CON EL NOMBRE DE "CAMELIZACIÓN". TAL PARECE QUE EL FORMOL RESIDUAL SE POLIMERIZA DANDO LUGAR A UN POLISACÁRIDO COMPLEJO, LO CUAL ES UN SERIO PROBLEMA PUES IMPIDE LA CRISTALIZACIÓN DEL PENTAERITRITOL FORMADO (33). SE HAN LLEGADO A TENER SOLUCIONES SATURADAS DEL POLIALCOHOL QUE NO CRISTALIZAN AUN DESPUÉS DE ENFRIAR ABAJO DE -50°C. DE LO ANTERIOR PODEMOS DEDUCIR LA IMPORTANCIA DE CONTROLAR LA CANTIDAD DE FORMALDEHIDO RESIDUAL MEDIANTE CONSTANTES MUESTREOS DE LA MEZCLA DE REACCIÓN Y CON AYUDA DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO YA ESTABLECIDO, COMO EL ANÁLISIS POLAROGRAFICO, LA TITULA -

CIÓN CON BISULFITO DE SODIO, EL LICOR DE FEHLING Y ALGUNOS OTROS MAS.

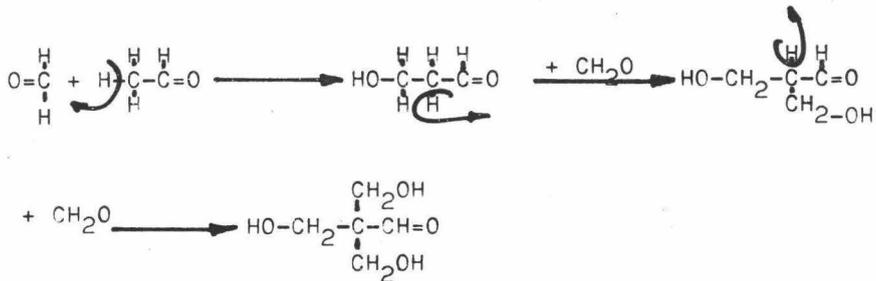
CON EL PROCESO DE LA SOSA LA REACCIÓN PUEDE LLEVARSE A CABO A TEMPERATURAS RELATIVAMENTE ALTAS, PERO EL PRODUCTO FINAL LLEVA CONSIGO CANTIDADES APRECIABLES (DEL ORDEN DEL 10-15%) DE POLIPENTAERITRITOL, LO QUE DISMINUYE EL VALOR DEL PRODUCTO Y AUMENTA LA DUREZA DE LOS PRODUCTOS EN LOS CUALES INTERVIENE EN SU FORMULACIÓN.

POR LO QUE RESPECTA A TÉCNICAS DE PURIFICACIÓN, SE HA LLEGADO A LA CONCLUSIÓN DE QUE LA CRISTALIZACIÓN DE AGUA CALIENTE INDEPENDIENTEMENTE DE SER EL MÉTODO MAS ECONÓMICO, PROPORCIONA LOS MAS ALTOS RENDIMIENTOS. ESTA OPERACIÓN ESTÁ REPORTADA EN LA LITERATURA (61) LLEVARSE A CABO EN UN RANGO DE TEMPERATURAS DE 70 - 100°C Y ESTÁ BASADA EN LA DIFERENTE SOLUBILIDAD DEL PENTAERITRITOL CON RESPECTO A LOS POLIPENTAERITRITOL, QUE ESTÁN PRESENTES. EXISTE UNA TÉCNICA PARA DESARROLLAR CRISTALES DE PENTAERITRITOL DE GRAN TAMAÑO (68), QUE CONSISTE EN SEMBRAR CRISTALES A MANERA DE NUCLEO, EN SOLUCIONES SATURADAS DE PENTAERITRITOL A TEMPERATURAS DE 5-10°C.

B) CONSIDERACIONES SOBRE LA REACCIÓN.

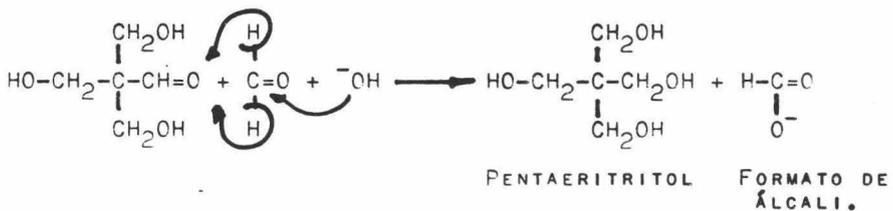
EL PENTAERITRITOL OBTENIDO POR EL MÉTODO ANTERIOR, PUEDE SER REPRESENTADO ESQUEMÁTICAMENTE POR UN MECANISMO DE REACCIÓN EN CUYA PRIMERA FASE EL ACETALDEHIDO SE COMBINA CON EL FORMOL PRODUCIENDO EL MONOSACÁRIDO, HASTA LLEGAR A LA PENTAERITROSA, ESTA PRIMERA ETAPA CORRESPONDE A UNA CONDENSACIÓN ALDÓLICA, QUE ES

CARACTERÍSTICA ENTRE ALDEHIDOS Y CETONAS, Y TIENE LUGAR DEBIDO A LA PRESENCIA DE HIDRÓGENOS EN POSICIÓN ALFA DEL ACETALDEHIDO. SE HA SUGERIDO EL SIGUIENTE MECANISMO: (13)

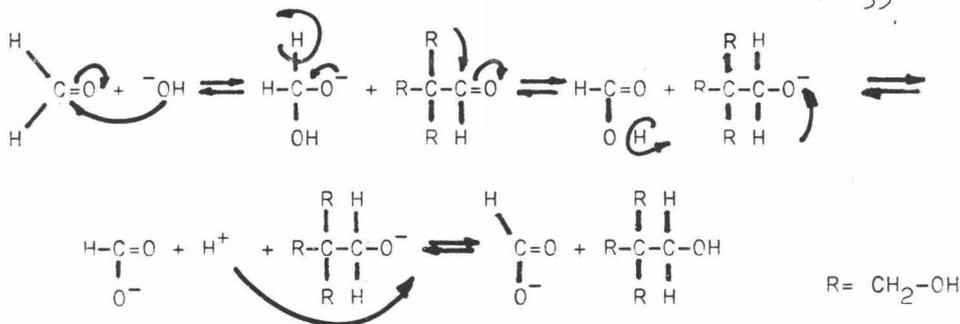


PENTAERITROSA

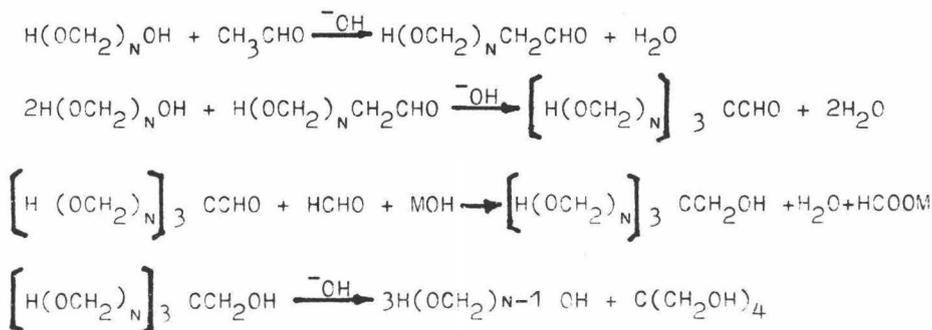
LA ADICIÓN DEL FORMOL TIENE LUGAR EN LOS HIDRÓGENOS REACTIVOS DEL METILO, LAS TRES REACCIONES REQUIEREN DE UN MEDIO FUÉRTEMENTE-ALCALINO QUE CATALIZA EL PROCESO. LA PENTAERITROSA FORMADA DIFÍCILMENTE SE AISLA Y EN ESE MEDIO REACCIONA CON OTRA MOLÉCULA DE FORMALDEHIDO, MEDIANTE UNA REACCIÓN DE CANNÍZARO (NO HAY HIDRÓGENO EN POSICIÓN ALFA), A FORMAR EL PENTAERITRITOL. LA REACCIÓN SE LLEVA A CABO FORZOSAMENTE EN MEDIO ALCALINO, DE OTRA FORMA NO SE EFECTÚA; PODEMOS ESQUEMATIZAR LO ANTERIOR EN LA SIGUIENTE REACCIÓN:



ESTA ÚLTIMA REACCIÓN COMPRENDE UNA ÓXIDO-REDUCCIÓN, EN LA QUE EL FORMOL SE OXIDA A ÁCIDO FÓRMICO, EN TANTO QUE LA PENTAERITROSA SE REDUCE A PENTAERITRITOL. EL MECANISMO DE REACCIÓN PROPUESTO ES EL SIGUIENTE:



SIN EMBARGO, EL MECANISMO TRADICIONAL EXPUESTO ANTERIORMENTE NO EXPLICA LA FORMACIÓN DE ÉTERES DEL PENTAERITRITOL COMO SUBPRODUCTOS DE REACCIÓN, NI LOGRA ACLARAR TAMPOCO LA FORMACIÓN DE METIL ÉTERES DEL PENTAERITRITOL. A ESTO BARTH, SNOW Y WOOD HAN PROPUESTO UN MODELO QUE EXPLICA LAS IRREGULARIDADES ANTERIORES (63). ESTE MECANISMO PARTE DE LA PREMISA QUE EL FORMALDEHIDO EXISTE EN SOLUCIÓN ACUOSA COMO UN POLIOXIMETILENO Y REACCIONA CON UN GRUPO METILENO ACTIVO, COMO GRUPO HEMIACETAL (-OCH₂OH) Y NO COMO FORMALDEHIDO (-CH₂O). LA CONDENSACIÓN SIGUE POR LO TANTO EL SIGUIENTE MECANISMO:



COMO PUEDE VERSE 3 CADENAS POLIMÉRICAS HIDRATADAS REACCIONAN CON UNA MOLÉCULA DE ACETALDEHIDOY LA MOLÉCULA RESULTANTE SUFRE UNA REACCIÓN DE CANNÍZARO PARA DAR EL PRODUCTO DE LA TERCERA REACCIÓN. EN EL ÚLTIMO PASO, EL HEMIFORMAL DA LUGAR A UNA NUEVA CADE-

NA DE POLIOXIMETILENOS. LA PRESENCIA DEL POLÍMERO DEL FORMOL PERMITE EXPLICAR LA FORMACIÓN DEL DIPENTAERITRITOL POR REACCIÓN DEL DÍMERO Ó LA DEL PENTAERITRITOL FORMAL POR LA REACCIÓN DEL TRÍMERO. SI ESTE MECANISMO ES CORRECTO, LA CANTIDAD DE AGUA JUEGA UN PAPEL MUY IMPORTANTE. AL PERMITIR UNA MAYOR Ó MENOR HIDRATACIÓN DEL FORMOL PARA POLIMERIZARSE. DESDE EL PUNTO DE VISTA PRÁCTICO, INTERESA CONOCER ESTO PARA OBTENER LOS MÁXIMOS RENDIMIENTOS DEL PENTAERITRITOL SIN FORMACIÓN DE SACÁRIDOS INDESEABLES.

PETERS Y VALENTINE DESARROLLARON UN TRABAJO (43) EN EL QUE PONEN DE MANIFIESTO EL EFECTO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA PRODUCCIÓN DE PENTAERITRITOL. A CONTINUACIÓN SE DISCUTIRÁN BREVEMENTE LAS PRINCIPALES INTERACCIONES.

POR LO QUE RESPECTA A LA RELACIÓN MOLAR FORMOL/ ACETALDEHIDO, SE HAN REPORTADO EN LA LITERATURA UN SINÚMERO DE COMBINACIONES, PERO PODEMOS DECIR QUE TODAS ELLAS OSCILAN EN EL INTERVALO DE 4:1 A 5:1. CUANDO SE EMPLEA LA CANTIDAD ESTEQUEOMÉTRICA DE FORMOL, LOS RENDIMIENTOS SON BAJOS Y EL PRODUCTO DE MALA CALIDAD; SI EN CAMBIO LA RELACIÓN MOLAR ES MAS ALTA DE 5:1, EL INCREMENTO EN RENDIMIENTO NO JUSTIFICA EL CONSUMO EXTRA YA QUE NO SE AUMENTA EN FORMA NOTABLE

CON RELACIÓN AL NÚMERO DE EQUIVALENTES DEL AGENTE CONDENSANTE SE HA EXPERIMENTADO EN RANGOS QUE VAN DE 0.5-3.6 MOLES POR MOL DE ACETALDEHIDO, ENCONTRÁNDOSE QUE LA RELACIÓN 1,1-1,5 ES LA ÓPTIMA. UN AUMENTO NOTORIO EN LA RELACIÓN NO TIENE EFECTO CONSIDERABLE EN LOS RENDIMIENTOS Y EN CAMBIO SI SE REQUIERE DE UNA CANTIDAD EXTRA DE ÁCIDO QUE NEUTRALIZA ESE EXCESO. VALENTINE Y PETERS HAN REPORTADO QUE LA COMBINACIÓN 90% SOSA Y 10% CAL RESULTA DAR LOS MAS ALTOS RENDIMIENTOS COMPARADO CONTRA CUALQUIERA DE ELLOS INDEPENDIEN-

TEMENTE USADOS.

EL EFECTO DE LA TEMPERATURA DE REACCIÓN SOBRE LOS RENDIMIEN -
TOS ES BIEN DEFINIDO, SOBRE TODO CUANDO SE TRATA DE CATALIZADORES
COMBINADOS, YA QUE EN TODAS LAS CURVAS DE TEMPERATURA CONTRA RENDI-
MIENTO SE MUESTRA UNA ELEVACIÓN EN RENDIMIENTO CONFORME SE LLEGA A
UNA TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN, DIFERENTE PARA CADA CURVA, A
PARTIR DE LA CUAL POSTERIORES AUMENTOS DE TEMPERATURA PRODUCEN DE-
CRECIMIENTO EN LOS RENDIMIENTOS, ESTO FUE PARTICULARMENTE NOTORIO
EN EL CASO DE LA MEZCLA SOSA-CAL. DE AQUÍ SE PUDO CONCLUIR QUE ELE-
VADAS TEMPERATURAS FAVORECEN LA FORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS.

EL TIEMPO DE REACCIÓN TIENE UN EFECTO NOTORIO HASTA QUE APARE-
CE LA PRIMERA COLORACIÓN Ó LA TEMPERATURA SE ELEVA SÚBITAMENTE; SE
HICIERON PRUEBAS CON PRODUCTOS OSCURECIDOS QUE CONSISTIAN EN ALAR-
GAR EL TIEMPO DE REACCIÓN Y SE PUDO DEMOSTRAR QUE NO EXISTIAN CAM-
BIOS NOTORIO EN LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS.

c) MÉTODOS DE CONTROL QUÍMICO.

LA GRAN PRODUCCIÓN DE PENTAERITRITOL HA HECHO NECESARIO EL DE-
SARROLLO DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS CUANTITATIVO QUE PERMITA DETERMI-
NAR SU CALIDAD LO MAS RÁPIDA Y EXÁCTAMENTE. SE HAN PROPUESTO UN SIN-
NÚMERO DE MÉTODOS PERO SOLO ALGUNOS DE ELLOS HAN DEMOSTRADO SER LO
SUFICIENTEMENTE EXACTOS Y CONVENIENTES PARA LA RUTINA DE ANÁLISIS.
A CONTINUACIÓN DESCRIBIMOS TALES MÉTODOS:

MÉTODO DEL BENZAL. (63).

ESTE ES EL MÉTODO MAS EXACTO Y RECOMENDABLE, ESTÁ BASADO EN -
LA FORMACIÓN DE LA DIBENCILIDINA ACETAL DEL PENTAERITRITOL, EL CUAL

ES UN COMPUESTO DE CRISTAL PERFECTAMENTE DEFINIDO Y RELATIVAMENTE INSOLUBLE EN UNA SOLUCIÓN ACUO-METANÓLICA DILUIDA DE ÁCIDO CLORHÍDRICO CONTENIENDO BENZALDEHIDO. EL ACETAL SE DETERMINA POR MEDIOS GRAVIMÉTRICOS.

PROCEDIMIENTO: UNA MUESTRA FÍNAMENTE DIVIDIDA DE PENTAERITRITOL PESANDO ENTRE 0.36-0.50 G, SE DISUELVE EN 15 ML DE AGUA DENTRO DE UN MATRAZ EARLENMAYER. SE AGREGAN 15 ML DE METANOL, 3 ML DE ÁCIDO CLORHÍDRICO CONCENTRADO Y 1.3 ML DE BENZALDEHIDO; SE CALIENTA LA SOLUCIÓN A REFLUJO DURANTE UNA HORA. SE ENFRÍA LA SOLUCIÓN A TEMPERATURA AMBIENTE RÁPIDAMENTE Y POSTERIORMENTE SE CONSERVA A 5° CENTÍGRADOS MÍNIMO DURANTE 8 HORAS. SE FILTRA LA MEZCLA A TRAVÉS DE UN CRISOL PERFORADO, PREPARADO CON EL ASBESTO NECESARIO Y PREVIAMENTE TARADO, DONDE EL PRECIPITADO ES RETENIDO. LA CANTIDAD RETENIDA EN EL MATRAZ PUEDE SER REMOVIDA CON AGUA FRÍA Y PUEDE SER FILTRADA POR EL CRISOL. EL PRECIPITADO SE LAVA CON APROXIMÁDAMENTE 80 ML DE AGUA FRÍA, SE METE A LA ESTUFA Y SE SECA EL PRECIPITADO A 105° HASTA PESO CONSTANTE. EL CONTENIDO DE PENTAERITRITOL DE LA MUESTRA ESTÁ DADO POR LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$\% \text{ DE PENTAERITRITOL} = \frac{(\text{PESO DEL PRECIPITADO} + 0.01)(0.436)(100)}{\text{PESO DE LA MUESTRA}}$$

LA CORRECCIÓN EN EL PESO DEL PRECIPITADO POR 0.01 G ES DEBIDA A LA SOLUBILIDAD DEL DIBENZAL PENTAERITRITOL EN LA MEZCLA DE REACCIÓN. EL MARGEN DE ERROR EN ESTE MÉTODO ES DE $\pm 0.25\%$.

FRECUENTEMENTE EL PENTAERITRITOL CONTIENE FORMOL Y ÉSTERES DE RIVADOS DEL PENTAERITRITOL, LOS CUALES NO REACCIONAN CON EL BENZALDEHIDO, POR LO QUE DEBEN SER HIDROLIZADOS ANTES DE QUE LA CONDENSACIÓN CON EL BENZALDEHIDO OCURRA Y EN ESA FORMA PODER DETERMINAR LA

CANTIDAD EXACTA DE PENTAERITRITOL PRESENTE. ESTA HIDRÓLISIS SE EFECTUA CON ÁCIDO CLORHÍDRICO Y EVAPORANDO A SEQUEDAD EL PRODUCTO.

LA PRESENCIA DE GLICERINA, PROPILLEN GLICOL, ETILEN GLICOL, MANITOL, FORMATO DE CALCIO Ó SODIO, NO INTERFIEREN CON LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS POR ESTE MÉTODO, EN CAMBIO, PEQUEÑAS CANTIDADES DE FORMALDEHIDO LIBRE Ó COMBINADO (DEL ORDEN DEL 2%), TIENEN UN EFECTO NOTORIO EN LOS RESULTADOS, DISMINUYENDO EL VALOR DE LAS CANTIDADES REALES. LA EVAPORACIÓN A SEQUEDAD ELIMINA ESTE TIPO DE INTERFERENCIA, PUES REMUEVE EL FORMOL DEL SENO DE LA MEZCLA.

CUANDO LA MEZCLA CONTIENE SULFATO DE SODIO, LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON MAS BAJOS QUE LOS REALES, QUIZÁ DEBIDO A LA FORMACIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO QUE REACCIONA CON EL PENTAERITRITOL EN EL PASO DE EVAPORACIÓN A SEQUEDAD.

EL PENTAERITRITOL PURIFICADO MEZCLADO CON UN 20-30% DE DIPENTAERITRITOL, PUEDE SER ANALIZADO CON BUENOS RESULTADOS, EN TANTO QUE EL MATERIAL GRADO TÉCNICO, CON MAS DEL 10% DE DIPENTAERITRITOL PROPORCIONA RESULTADOS ERRÓNEOS.

MÉTODO POR NITRACIÓN. (63).

ESTE TIPO DE ANÁLISIS INVOLUCRA LA DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y PUNTO DE FUSIÓN DEL PENTAERITRITOL TETRANITRADO, PREPARADO POR NITRACIÓN SIMPLE Y PURIFICADO POR RECRISTALIZACIÓN. ESTA TÉCNICA SE MENCIONÓ YA ANTERIORMENTE EN EL CAPÍTULO PETN. LOS RESULTADOS POR ESTE MÉTODO SON MENOS PRECISOS QUE LOS OBTENIDOS CON EL MÉTODO DEL BENZAL.

ANÁLISIS DEL PENTAERITRITOL GRADO TÉCNICO. (63).

EL ANÁLISIS DEL PENTAERITRITOL GRADO TÉCNICO ES UNA EVALUACIÓN DEL POLIALCOHOL, CONSIDERADO COMO COMPONENTE DE RESINAS ALQUIDÁLICAS. ESTE ANÁLISIS COMPRENDE LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PENTAERITRITOL Y LA CUANTIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS IMPUREZAS PRESENTES. GENERALMENTE SE INCLUYEN TAMBIÉN LAS DETERMINACIONES DE SOLUBILIDAD EN AGUA, PUNTO DE FUSIÓN, CONTENIDO DE OXHIDRILO, CONTENIDO ASH, ACIDEZ, HUMEDAD, COLOR Y ESTADO FÍSICO.

LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PENTAERITRITOL SE EFECTUA POR EL MÉTODO DEL BENZAL.

LA DETERMINACIÓN DEL INTERVALO DEL PUNTO DE FUSIÓN SE EFECTUA CON AYUDA DE LOS APARATOS ESPECÍFICOS PARA ESTA MEDICIÓN Y ES UN ÍNDICE PARA CONOCER LA UNIFORMIDAD DE CALIDAD EN EL PRODUCTO.

EL CONTENIDO DE OXHIDRILO SIRVE COMO INDICADOR DEL GRADO DE REACTIVIDAD DEL POLIALCOHOL. ESTA DETERMINACIÓN CONSISTE EN ACETILAR EL PENTAERITRITOL MEDIANTE UN EXCESO DE ÁCIDO ACÉTICO Ó PREFERIBLEMENTE ANHIDRIDO ACÉTICO EN PIRIDINA CONTENIENDO APROXIMADAMENTE 0.3% DE AGUA Y MIDIENDO DESPUES LA CANTIDAD DE ANHIDRIDO NO REACCIONADO, POR TITULACIÓN CON UNA SOLUCIÓN DE SOSA USANDO COMO INDICADOR FENOFTALEINA.

DADO QUE LA IMPUREZA ORGÁNICA E INORGÁNICA EN EL PENTAERITRITOL TÉCNICO, PUEDEN TENER UN EFECTO NOCIVO EN EL COLOR Y EN OTRAS PROPIEDADES DE LAS RESINAS ALQUIDÁLICAS Ó ALCÍDICAS, ESTOS COMPUESTOS DEBEN SER MANTENIDOS EN UN MÍNIMO.

LOS COMPUESTOS INORGÁNICOS Ó CONTENIDO ASH SE DETERMINAN MEDIANTE LA EVALUACIÓN GRAVIMÉTRICA DE LOS RESIDUOS PROCEDENTES DE LA COMBUSTIÓN DE LA PORCIÓN ORGÁNICA DEL MATERIAL.

EL CONTENIDO DE ÁCIDO LIBRE PUEDE SER CONSIDERADO COMO UNA IM

PUREZA DEL PENTAERITRITOL TÉCNICO YA QUE PUEDE REACCIONAR CON MATERIALES ALCALINOS, QUE SON FRECUENTEMENTE USADOS COMO CATALIZADORES EN LA FABRICACIÓN DE RESINAS ALQUIDÁLICAS, REDUCIENDO LA REACTIVIDAD DEL SISTEMA. EL USO DE CANTIDADES EXCESIVAS DE CATALIZADOR QUE COMPENSAN ESA NEUTRALIZACIÓN PUEDE ORIGINAR UNA DECOLORACIÓN EN LAS RESINAS. LA DETERMINACIÓN DEL PH DE UNA SOLUCIÓN ACUOSA AL 15% SIRVE COMO MEDIDA DE SU ACIDEZ.

DURANTE LA FABRICACIÓN DE RESINAS EL PENTAERITRITOL ES GENERALMENTE ADICIONADO A LOS OTROS REACTIVOS A UNA TEMPERATURA ARRIBA DE LOS 100°C , POR LO QUE PEQUEÑAS CANTIDADES DE AGUA PRODUCEN ESPUMAMIENTOS INDESEABLES, POR LO QUE ES NECESARIO UN CONTROL DE HUMEDAD EN EL PRODUCTO. LA DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO EN LAS MUESTRAS DE PENTAERITRITOL INDICAN EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL POLIALCOHOL. DICHA PRUEBA SE LLEVA CABO EN UN HORNO A 100°C DURANTE 30 MIN.

CUALQUIER IMPUREZA QUE PERMANEZCA INSOLUBLE EN AGUA HIRVIENDO ES CONSIDERADA COMO INDESEABLE, YA QUE PUEDE PERSISTIR EN ESE ESTADO EN EL MATERIAL QUE SE PRETENDE FABRICAR Ó TAMBIÉN PUEDE DESCOMponerse DURANTE LA ESTERIFICACIÓN Y CAUSAR DECOLORACIÓN EN LA RESINA. POR LO ANTERIOR ES DE SUMA IMPORTANCIA CONOCER EL PORCENTAJE DE INSOLUBLES QUE EXISTEN EN UN PENTAERITRITOL GRADO TÉCNICO.

LA DETERMINACIÓN DEL COLOR INCLUYE LA COMPARACIÓN FÍSICA DEL MATERIAL SECO O BIEN EN SOLUCIÓN AL 5%, CONTRA ESTÁNDARES ESTABLECIDOS. GENERALMENTE ESTAS COMPARACIONES SE EFECTÚAN CUANDO LA RESINA ALQUIDAL HA SIDO YA FABRICADA, Y SE TIENE ESTABLECIDO EL PATRÓN CORRESPONDIENTE.

EL ESTADO FÍSICO DEL MATERIAL ES DE SUMA IMPORTANCIA YA QUE A LOS FABRICANTES DE RESINAS LES SON PREFERIBLES MATERIALES DENSOS, LIBRES DE POLVO Y NO VOLÁTILES, QUE FACILITEN EL MANEJO DE LOS MISMOS.

DETERMINACIÓN DE PENTAERITRITOL EN RESINAS.

LA SEPARACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL POLIALCOHOL COMO COMPONENTE DE RESINAS ALQUIDÁLICAS Ó POLIÉSTER, SE LLEVA A CABO MEDIANTE LA SAPONIFICACIÓN DE LA RESINA CON UNA SOLUCIÓN ALCOHÓLICA DE HIDRÓXIDO DE POTASIO Y EXTRAYENDO EL ALCOHOL POLIHÍDRICO CON ÉTER Ó ALCOHOL. EL PENTAERITRITOL Ó POLIPENTAERITRITOL SE DETERMINA ENTONCES POR COMPARACIÓN DEL ESPECTRO INFRARROJO DE LOS MATERIALES EXTRAÍDOS CONTRA LOS ESPECTROS DE ESTOS ALCOHOLES, O BIEN POR LA PREPARACIÓN DE SUS DERIVADOS, TALES COMO EL ACETATO O EL BENZOATO. LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA PUEDE SER EFECTUADA POR EL MÉTODO DEL BENZALDEHIDO, QUE ES EL MÁ S EXACTO.

D) CALIDADES DEL PENTAERITRITOL.

ACTUALMENTE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO DOS CALIDADES PRINCIPALES DE PENTAERITRITOL : EL GRADO TÉCNICO Y EL PURIFICADO.

EL PENTAERITRITOL PURIFICADO ES UN PRODUCTO CON UNA PUREZA MUY CERCANA AL 99%, SIENDO EL 1% DIPENTAERITRITOL, COMO IMPUREZA ORIGINADA DE REACCIONES LATERALES. TIENE PUNTO DE FUSIÓN DE 260°C A CONDICIONES NORMALES DE PRESIÓN. SE OBTIENE MEDIANTE LA RECRISTALIZACIÓN DE AGUA CALIENTE DEL PRODUCTO GRADO TÉCNICO.

DENTRO DEL PENTAERITRITOL GRADO TÉCNICO SE CONSIGUEN TRES TI

POS, SIENDO LA PRINCIPAL DIFERENCIA ENTRE ELLOS EL PORCENTAJE DEL MONOPENTAERITRITOL PRESENTE. ESTE PORCENTAJE VÁ DEL ORDEN DEL 82-84% DEL MONOALCOHOL Y LA CANTIDAD RESTANTE SE CONSIDERA ES DIPENTAERITRITOL PRINCIPALMENTE. A CONTINUACIÓN TENEMOS LAS ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO GRADO TÉCNICO PROCEDENTE DE UNA PLANTA SUDAMERICANA:

PENTAERITRITOL GRADO TÉCNICO.

ESPECIFICACIONES:

		CALIDADES		
		C	E	F
MONOPENTAERITRITOL	% APROX.	84	83	82
DIPENTAERITRITOL	"	16	17	18
INDICE DE HIDROXILO	"	1560	1540	1520
HIDROXILO	"	47.4	46.7	46,1
PUNTO DE FUSIÓN	GRADOS C	210-230	210-230	210-230
CONTENIDO ASH'	% APROX.	0.01	0.05-0.15	0.15-0.5

E) SUBPRODUCTOS PRINCIPALES.

LOS POLIPENTAERITRITOLES SON COMPUESTOS DE ALTO PESO MOLECULAR, LOS CUALES SON FORMADOS YA SEA TEÓRICA Ó PRÁCTICAMENTE POR LA ETÉRIFICACIÓN DE 2 Ó MAS MOLÉCULAS DE PENTAERITRITOL. ESTOS COMPUESTOS ETÉREOS, PRINCIPALMENTE EL DIPENTAERITRITOL, SE ENCUENTRAN PRESENTES EN EL PRODUCTO GRADO TÉCNICO; EL DI-, TRI-, Y TETRAPENTAERITRITOLES SE HAN AISLADO, PERO SU VALOR COMERCIAL ES MUY BAJO EN RELACIÓN AL DEL MONOPENTAERITRITOL. NO OBSTANTE QUE ENCUENTRAN APLICACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE RESINAS ALQUIDÁLICAS, PERO SU PODER

DE ESTERIFICACIÓN ES MENOR DEBIDO A SU MAS BAJA PROPORCIÓN DE OXHI
DRILOS POR UNIDAD DE MASA.

DIPENTAERITRITOL.

ES UN POLVO BLANCO CRISTALINO, INODORO, NO HIGROSCÓPICO, ESTA
BLE AL AIRE Y PRÁCTICAMENTE NO VOLÁTIL. SU PESO MOLECULAR ES DE -
254, SU PUNTO DE FUSIÓN DE 221^oC, SU CALOR DE COMBUSTIÓN DE 1848
KCAL/MOL Y SU DENSIDAD A 15^oC ES DE 1.365 G/CM³ (36).

EN TÉRMINOS GENERALES EL DIPENTAERITRITOL ES MENOS SOLUBLE -
QUE EL PENTAERITRITOL EN LOS SOLVENTES COMUNES Y ES INSOLUBLE EN
ISOPROPANOL, ACETONA, PARAFINA, ACEITES Y GRASAS.(36)

TRIPENTAERITRITOL.

ESTE COMPUESTO ES UN POLVO BLANCO CRISTALINO, NO VOLÁTIL Y -
ESTABLE AL AIRE. ES LIGERAMENTE SOLUBLE EN AGUA Y REACTIVOS INORGÁA
NICOS E INSOLUBLE EN SOLVENTES ORGÁNICOS, ACEITES Y GRASAS. FUNDE
A 248^oC, SU DENSIDAD ES DE 1.36/CM³ Y SU CALOR DE COMBUSTIÓN, ES DE
3070 KCAL/MOL. (36).

TETRAPENTAERITRITOL.

SOLO UNA REFERENCIA DE TETRAPENTAERITRITOL SE HA REPORTADO EN
LA LITERATURA (WYLER, J.A. PATENTE E.U. N^o 2429573, 1947) ASÍ COMO
DE SUS DERIVADOS. EL AISLAMIENTO SE LOGRÓ MEDIANTE UNA CRISTALIZA-
CIÓN FRACCIONADA DEL PRODUCTO GRADO TÉCNICO.

SE HA ENCONTRADO APLICACIÓN PARA LOS DERIVADOS NITRADOS DE ESE
TE POLIÉTER, LOS CUALES FUNCIONAN COMO SENSIBILIZADORES PARA EXPLOO
SIVOS A BASE DE NITRATO DE AMONIO. TAMBIÉN SE HAN LLEGADO A USAR

EN LA FORMULACIÓN DE ACEITES SECANTES SINTÉTICOS.

ESTE COMPUESTO ES DIFÍCILMENTE SOLUBLE EN AGUA FRÍA Y ES LIGERAMENTE SOLUBLE EN AGUA CALIENTE. FUNDE A 234°C Y ES COMPLICADO SU AISLAMIENTO.

ANÁLISIS DE DI- Y TRIPENTAERITRITOL.

AUNQUE NO EXISTE UN MÉTODO ESPECÍFICO PARA DETERMINAR EN FORMA INDEPENDIENTE ESTOS POLIÉTERES, COMERCIALMENTE SE REQUIERE DE UN ANÁLISIS EN PRESENCIA DE MONOPENTAERITRITOL. ESTAS TÉCNICAS ESTÁN BASADAS EN LA DIFERENCIA DE SOLUBILIDAD ENTRE LOS POLIALCOHOLES. NORMALMENTE NO SE HACE DIFERENCIA ENTRE EL DI Y EL TRIPENTAERITRITOL, SINO QUE SE SEÑALA LA CANTIDAD TOTAL DE POLIALCOHOLES.

CUANDO UNA MEZCLA CONTIENE AL MENOS 50% DE DIPENTAERITRITOL Y EL RESTO ES MONOPENTAERITRITOL, LA DETERMINACIÓN SE EFECTUA CRISTALIZANDO EL DIPENTAERITRITOL DE LA SOLUCIÓN ACUOSA. SI LA MEZCLA CONTIENE MENOS DEL 50%, SE AGREGA UNA CANTIDAD PREVIAMENTE DETERMINADA, PUDIENDO ASÍ EFECTUAR LA CORRECCIÓN POR EL MATERIAL AGREGADO

UN NÚMERO DE AUTORES CONSIDERAN QUE POR EL MÉTODO DEL BENZAL PUEDE SER TAMBIÉN CONOCIDO EL CONTENIDO DE DI Y TRIPENTAERITRITOL YA QUE ASUMEN QUE PARA EL MATERIAL GRADO TÉCNICO EL PORCENTAJE DE MATERIAL QUE NO ES MONOPENTAERITRITOL, DEBE SER DI Y TRIPENTAERITRITOL.

EN LA LITERATURA SE MENCIONAN TAMBIÉN OTROS MÉTODOS DE DETERMINACIÓN, BASADOS EN LA DENSIDAD ÓPTICA Y CROMATOGRAFÍA DE SOLUCIONES EN SOLVENTES ESPECÍFICOS. (5).

IV) MERCADO DEL PENTAERITRITOL.

A) IMPORTACIONES.

EL PENTAERITRITOL QUE SE CONSUME EN EL PAÍS PROVIENE DE DIVERSOS PAÍSES DEL MUNDO, SU FRACCIÓN ARANCELARIA CORRESPONDE A LA PARTIDA 29.04, QUE COMPRENDE LOS ALCOHOLES ACÍCLICOS Y SUS DERIVADOS-HALOGENADOS, SULFONADOS, NITRADOS Ó NITROSADOS, CLASIFICÁNDOSE TAMBIÉN EN LA SUBPARTIDA "C" , CORRESPONDIENTE A POLIALCOHOLES.

LA IMPORTACIÓN DE PENTAERITRITOL A NUESTRO PAÍS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE DESCRIBE A CONTINUACIÓN (16) :

PROCEDENCIA	KG LEGALES	IMPORTE EN PESOS
AÑO 1967 :		
CANADÁ	372 170	1 979 725
E.U.A.	299 830	1 539 267
FRANCIA	400	8 082
INGLATERRA	88 000	519 241
ITALIA	59 000	289 350
HOLANDA	3 000	24 375
SUECIA	29 975	180 065
JAPÓN	<u>19 960</u>	<u>107 175</u>
	872 335	4 647 380
AÑO 1968 :		
CANADÁ	99 995	530 457
E.U.A.	181 660	951 506
CHILE	699 336	3 977 285
INGLATERRA	107 000	620 747

ITALIA	30 000	161 438
SUECIA	<u>9 700</u>	<u>53 672</u>
	4 127 691	6 295 105

AÑO 1969:

E.U.A.	62 824	435 011
CHILE.	1 039 646	6 029 030
REP. FED. ALEMANA.	2 000	11 500
INGLATERRA.	<u>15 500</u>	<u>98 946</u>
	1 119 970	6 574 487

AÑO 1970:

REP. FED. ALEMANA.	65 000	419 500
CHILE.	1 442 234	9 070 571
E.U.A.	42 438	311 856
ITALIA.	250	1 594
INGLATERRA.	<u>15 000</u>	<u>80 452</u>
	1 564 967	9 883 973

AÑO 1971:

REP. FED. ALEMANA.	25 024	153 710
ARGENTINA.	213	2 875
CHILE.	1 334 916	9 018 930
ITALIA.	<u>498</u>	<u>3 181</u>
	1 360 651	9 178 969

AÑO 1972:

CHILE.	1 102 804	7 416 433
E.U.A.	82 802	501 261

FRANCIA	251	9 077
JAPÓN	1	14
INGLATERRA	<u>10 000</u>	<u>58 750</u>
	1 195 858	7 985 535
PERÍMETROS LIBRES	<u>49 664</u>	<u>62 250</u>
	1 245 522	8 047 785

OFICIALMENTE SE OBTUVO EL DATO DE 1 717 994 KG IMPORTADOS EN 1973 CON UN VALOR DE \$13 001 298.00 SIENDO A LA FECHA EL AÑO RECORD, DEBIDO A QUE SE TUVO UNA BUENA DISPONIBILIDAD, SIN LLEGAR A CUBRIR TODOS LOS COMPROMISOS ANTERIORES PUES NO OBSTANTE LA CANTIDAD IMPORTADA, EL PENTAERITRITOL NO HA PODIDO SER ABASTECIDO TOTALMENTE AL MERCADO NACIONAL E INCLUSO PARA 1974 SE PREVEÉ UNA FUERTE ESCASEZ DEBIDO A QUE LA PLANTA CHILENA NO ESTÁ OPERANDO CON REGULARIDAD.

COMO PUEDE OBSERVARSE EL PRECIO DE ESTE PRODUCTO VARÍA NOTABLEMENTE DE ACUERDO A LA CANTIDAD IMPORTADA, LA PROCEDENCIA DEL MATERIAL Y LAS CONDICIONES BAJO LAS CUALES SE EFECTÚA LA COMPRA.

ES IMPORTANTE HACER NOTAR QUE EL PENTAERITRITOL ES UN PRODUCTO QUE SE ENCUENTRA NEGOCIADO CON CHILE EN UN CONVENIO CON ALALC, EXISTIENDO UNA EXENCIÓN DEL IMPUESTO DE IMPORTACIÓN POR PARTE DEL GOBIERNO MEXICANO EXCLUSIVAMENTE PARA EL POLIALCOHOL DE PROCEDENCIA CHILENA. CHILE POR SU PARTE SE COMPROMETE A CUMPLIR CON LAS NECESIDADES DEL MERCADO MEXICANO. EN EL CASO DE TRATARSE DE MATERIALES ORIGINARIOS DE OTROS PAÍSES, SE LES CARGA UN IMPUESTO DE \$ 0.05 MÁS UN 5% AD VALOREM.

LA SITUACIÓN POLÍTICA ACTUAL DE CHILE HA AFECTADO GRANDEMENTE EL DESARROLLO INDUSTRIAL DE ESE PAÍS, NO PUDIENDO CUMPLIR CON EL COMPROMISO ANTERIORMENTE CITADO, LO QUE HA ORIGINADO UNA TEN -

DENCIA DECADENTE EN LA IMPORTACIÓN DEL PRODUCTO A PARTIR DE 1970, PUES CADA AÑO ES MENOR LA CANTIDAD DISPONIBLE.

EL PENTAERITRITOL QUE SE DISTRIBUYE EN MÉXICO SE HA TRAÍDO A ÚLTIMAS FECHAS PRINCIPALMENTE DE INGLATERRA, E.U.A. Y CHILE, MENCIONADOS EN ORDEN CRECIENTE DE IMPORTANCIA.

EN CHILE EXISTE UNA SOLA PLANTA PRODUCTORA QUE ES "ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES QUÍMICOS OXIQUIM LTDA", LA CUAL OPERA CON TECNOLOGÍA SUECA (PERSTORP AB) Y ABASTECE BAJO CONDICIONES NORMALES UN 85-90% LA DEMANDA DEL POLIALCOHOL EN MÉXICO.

EN E.U.A. EXISTEN 5 PLANTAS PRODUCTORAS, CON UNA CAPACIDAD INSTALADA QUE LLEGA CASI A LOS 150 MILLONES DE LIBRAS/AÑO (APROXIMADAMENTE 68 000 TON/AÑO) Y CUBRE APROXIMADAMENTE EL 5-7% DE LA DEMANDA EN NUESTRO PAÍS. ESTAS PLANTAS SON:

CELANESE, BISHOP, TEX.	50 000 000 LB/AÑO
COMERCIAL SOLVENTS, SEIPLE, PA.	20 000 000 "
HÉRCULES, LOUISIANA, MO.	40 000 000 "
PAN AMERICAN, TOLEDO, OHIO	25 000 000 "
REICHHOLD, TUSCALOOSA, ALA.	12 000 000 "

NO OBSTANTE LA MENOR DISTANCIA Y MAYOR CAPACIDAD DE E.U.A. EL PENTAERITRITOL SE TRAE CASI EN SU TOTALIDAD DE CHILE POR EL CONVENIO DESCRITO ANTERIORMENTE.

B) PRODUCCIÓN NACIONAL

ESTE PRODUCTO, COMO MUCHOS OTROS MÁS, SE TRAE DEL EXTRANJERO EN SU TOTALIDAD, NO EXISTIENDO LA PRODUCCIÓN NACIONAL.

EN MÉXICO D.F. SE LOCALIZAN UN BUEN NÚMERO DE DISTRIBUIDORES DE PENTAERITRITOL, A CONTINUACIÓN MENCIONAREMOS LOS MÁS IM-

PORTANTES:

CATÁLISIS, S.A.

CELANESE MEXICANA, S.A.

REICHHOLD QUÍMICA DE MÉXICO, S.A.

QUÍMICA HÉRCULES, S.A.

DE MATEO Y CÍA.

METALO QUÍMICA MEXICANA, S.A.

DR. JOSÉ POLAK.

ICI DE MÉXICO, S.A. ETC.

LA COMPAÑÍA CATÁLISIS, S.A. CUENTA CON UN PERMISO PETROQUÍMICO PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL DEL 18 DE OCTUBRE DE 1966 PARA INSTALAR UNA PLANTA EN ECATEPEC, ESTADO DE MORELOS, CON UNA CAPACIDAD DE 1 000 TON/AÑO CON UNA INVERSIÓN DE \$6.4 MILLONES. ACTUALMENTE - EL PROYECTO ESTÁ ABANDONADO.

POR LO QUE RESPECTA A MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACIÓN DE PENTAERITRITOL EN MÉXICO, TANTO EL FORMALDEHIDO COMO EL ACETALDEHIDO SON FABRICADOS Y DISTRIBUIDOS POR VARIAS COMPAÑÍAS, SIENDO - PETRÓLEOS MEXICANOS LA MÁS IMPORTANTE DE ELLAS. POR OTRO LADO EXISTEN DIVERSOS PERMISOS PETROQUÍMICOS OTORGADOS A VARIAS EMPRESAS NACIONALES PARA LA FABRICACIÓN DE FORMALDEHIDO COMO SON: ADHESIVOS, S.A.; INDUSTRIAS RESISTOL, S.A.; HENKEL, S.A.; E INGSAM, S.A.

LA SOSA CÁUSTICA, QUE ACTÚA COMO AGENTE CONDENSANTE EN ESTE PROCESO, PUEDE SER ABASTECIDA POR SOSA TEXCOCO, S.A. O PENNWALT, S.A., EMPRESAS QUE CUENTAN CON CAPACIDAD SUFICIENTE PARA CUBRIR LA DEMANDA NACIONAL.

c) EXPORTACIONES.

DADO QUE EN NUESTRO PAÍS NO EXISTE PRODUCCIÓN NACIONAL, TODO EL PENTAERITRITOL QUE SE IMPORTA ES PARA CONSUMO INTERNO.

ES DE IMPORTANCIA EL ANOTAR QUE CHILE EXPORTA APROXIMADAMENTE 2 500 TON/AÑO (14), SIENDO ARGENTINA, BRASIL, COLOMBIA Y MÉXICO LOS PRINCIPALES CONSUMIDORES. POR OTRO LADO E.U.A. ABASTECE A LA MAYORÍA DE LOS PAÍSES SUDAMERICANOS, EXPORTANDO APROXIMADAMENTE 2 500 TON/AÑO (71) DEL POLIALCOHOL A LATINOAMÉRICA. LOS PRINCIPALES CONSUMIDORES SON: BRASIL, VENEZUELA, COLOMBIA, NICARAGUA Y LAS BAHAMAS.

SABIENDO QUE ACTUALMENTE NINGUNO DE LOS DOS PAÍSES ESTÁ CUBRIENDO LA DEMANDA DE PENTAERITRITOL, BIÉN PODRÍA PENSARSE EN QUE MÉXICO CAPTURARA UN 15% DEL MERCADO, LO CUAL ES UN CÁLCULO CONSERVADOR Y REPRESENTARÍA 750 TON/AÑO Ó MÁS, QUE AUNADOS A LA DEMANDA NACIONAL RESULTA DE GRAN INTERÉS EN LA CONSIDERACIÓN DE ESTE ANTEPROYECTO.

d) ESTRUCTURA DEL MERCADO.

EN UN ESTUDIO EFECTUADO DURANTE EL AÑO DE 1973 (22), SE ENCONTRÓ QUE EL PENTAERITRITOL HA DISMINUIDO SU DEPENDENCIA DE LAS RESINAS ALQUIDÁLICAS, GRACIAS A LOS NUEVOS PRODUCTOS QUE SE HAN DESARROLLADO A ÚLTIMAS FECHAS, QUEDANDO ESTRUCTURADO DE LA SIGUIENTE FORMA:

RESINAS ALQUIDÁLICAS	65%
ESTERES RESINOSOS	15%

LUBRICANTES SINTÉTICOS	8%
EXPLOSIVOS	4%
VARIOS	8%

COMO PUEDE VERSE, SIGUE SIENDO UN PUNTO NEGATIVO LA GRAN DEPENDENCIA DE LAS RESINAS ALQUIDÁLICAS, DEBIDO A QUE ÉSTE ÚLTIMO ES UN MERCADO POTENCIAL PERO AL MISMO TIEMPO ESTÁTICO, PUES SU ÍNDICE DE CRECIMIENTO ES RELATIVAMENTE BAJO.

E) TENDENCIAS DEL MERCADO.

MEDIANTE EL USO DE COMPUTADORA SE PRACTICARON UNA SERIE DE MODELOS MATEMÁTICOS QUE NOS PERMITIERAN CONOCER LA TENDENCIA DE CRECIMIENTO DEL MERCADO DE PENTAERITRITOL, PARA EN ESA FORMA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE LA PLANTA QUE CUBRA LAS NECESIDADES DE LOS PRÓXIMOS AÑOS.

SE SELECCIONARON 8 MODELOS MATEMÁTICOS CUYOS RESULTADOS SE TRANSCRIBIRÁN POSTERIORMENTE, HACIENDO NOTAR QUE SE TOMARON COMO REFERENCIA LOS CONSUMOS CORRESPONDIENTES A LOS AÑOS DE 1967 A 1973 DESCARTANDO LOS CORRESPONDIENTES A AÑOS ANTERIORES DEBIDO A QUE NO SE HABÍA DADO EL PASO DEFINITIVO PARA LA INTRODUCCIÓN DEL POLIALCOHOL EN EL MERCADO MEXICANO Y LOS CONSUMOS ERAN EXAGERADAMENTE BAJOS, Y LA CONSIDERACIÓN DE ESTOS DATOS PODRÍAN CONducIR A UN ERROR.

SE CONSIDERÓ COMO VARIABLE INDEPENDIENTE (X) LOS 7 AÑOS DE REFERENCIA, EN TANTO QUE LA VARIABLE (Y) CORRESPONDIÓ A LOS CONSUMOS REPORTADOS EN DICHS AÑOS.

DE CADA UNO DE LOS MODELOS EMPLEADOS SE INTERPOLARON VALORES PARA LOS 4 AÑOS SIGUIENTES, DADO QUE ES UNA CIFRA ADECUADA PARA LA

PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD POR INSTALAR, NO OBSTANTE QUE SE ESTÁ PASANDO POR UNA ETAPA DE CONSTANTE RENOVACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS. LOS MODELOS PRACTICADOS FUERON LOS SIGUIENTES:

- 1) LINEAL
- 2) CUADRÁTICO
- 3) EXPONENCIAL
- 4) LOGARÍTMICO
- 5) POTENCIAL
- 6) GEOMÉTRICO
- 7) LINEAL RECÍPROCO
- 8) CONSTANTE

LOS RESULTADOS SE REPRODUCEN A CONTINUACIÓN:

- 1) MODELO LINEAL.

$$\text{Ecuación : } Y = 914\ 000 + (86\ 000) X$$

X	Y (OBS)	Y (CALC.)
1.- 1967	872 335	1 000 020
2.- 1968	1 127 691	1 086 197
3.-1969	1 119 970	1 172 192
4.- 1970	1 564 967	1 258 187
5.- 1971	1 360 651	1 344 181
6.- 1972	1 245 522	1 430 176
7.- 1973	1 717 944	1 516 171
8.- 1974		1 602 165
9.- 1975		1 688 160
10.-1976		1 774 154
11.-1977		1 860 149

2) MODELO CUADRÁTICO.

$$\text{ECUACIÓN: } Y = 474\ 000 + (416\ 000)X + (-47\ 100)X^2.$$

X	Y(OBS)	Y (CALC)
1.- 1967	872 335	843 131
2.- 1968	1 127 691	1 117 612
3.- 1969	1 119 970	1 297 849
4.- 1970	1 564 967	1 383 844
5.- 1971	1 360 651	1 375 596
6.- 1972	1 245 522	1 273 104
7.- 1973	1 717 944	1 076 370
8.- 1974		785 392
9.- 1975		400 171
10.-1976		-792 919
11.-1977		-652 998

3) MODELO EXPONENCIAL.

$$\text{ECUACIÓN: } Y = (915\ 000) \text{ Exp. } (0.765)(X)$$

1.- 1967	872 335	987 452
2.- 1968	1 127 691	1 065 991
3.- 1969	1 119 970	1 150 777
4.- 1970	1 564 967	1 242 360
5.- 1971	1 360 651	1 341 114
6.- 1972	1 245 522	1 447 782
7.- 1973	1 717 944	1 562 934
8.- 1974		1 687 244
9.- 1975		1 821 442
10.-1976		1 966 314
11.-1977		1 122 707

4) MODELO LOGARÍTMICO.

$$\text{ECUACIÓN: } Y = 911\ 000 + \text{LOG N (X)}.$$

X	Y (OBS.)	Y (CALC.)
1.- 1967	872 335	911 473
2.- 1968	1 127 691	1 103 459
3.- 1969	1 119 970	1 215 763
4.- 1970	1 564 967	1 295 444
5.- 1971	1 360 651	1 357 349
6.- 1972	1 245 522	1 407 748
7.- 1973	1 717 944	1 450 444
8.- 1974		1 487 429
9.- 1975		1 520 053
10.- 1976		1 549 235
11.- 1977		1 576 634

5) MODELO POTENCIAL.

$$\text{ECUACIÓN : } Y = (912\ 000) X^{0.247}$$

1.- 1967	872 335	912 156
2.- 1968	1 127 691	1 082 353
3.- 1969	1 119 970	1 196 277
4.- 1970	1 564 967	1 284 308
5.- 1971	1 360 651	1 357 026
6.- 1972	1 245 522	1 419 488
7.- 1973	1 717 944	1 474 536
8.- 1974		1 523 944
9.- 1975		1 568 897
10.- 1976		1 610 231
11.- 1977		1 648 560

6) MODELO GEOMÉTRICO.

$$\text{ECUACIÓN: } Y = (915\ 000) (1.08)^X$$

X	Y (OBS.)	Y (CALC.)
1.- 1967	872 335	987 461
2.- 1968	1 127 691	1 066 001
3.- 1969	1 119 970	1 150 787
4.- 1970	1 546 967	1 242 317
5.- 1971	1 360 651	1 341 127
6.- 1972	1 245 522	1 447 796
7.- 1973	1 717 944	1 562 949
8.- 1974		1 687 260
9.- 1975		1 821 460
10.- 1976		1 966 332
11.- 1977		2 122 728

7) MODELO LINEAL RECÍPROCO

$$\text{ECUACIÓN: } Y = 1\ 460\ 000 - 604\ 000 / X$$

1.- 1967	872 335	857 577
2.- 1968	1 127 691	1 159 785
3.- 1969	1 119 970	1 260 520
4.- 1970	1 546 967	1 310 888
5.- 1971	1 360 651	1 341 109
6.- 1972	1 245 522	1 361 256
7.- 1973	1 717 944	1 375 647
8.- 1974		1 386 440
9.- 1975		1 394 835
10.- 1976		1 401 551
11.- 1977		1 407 045

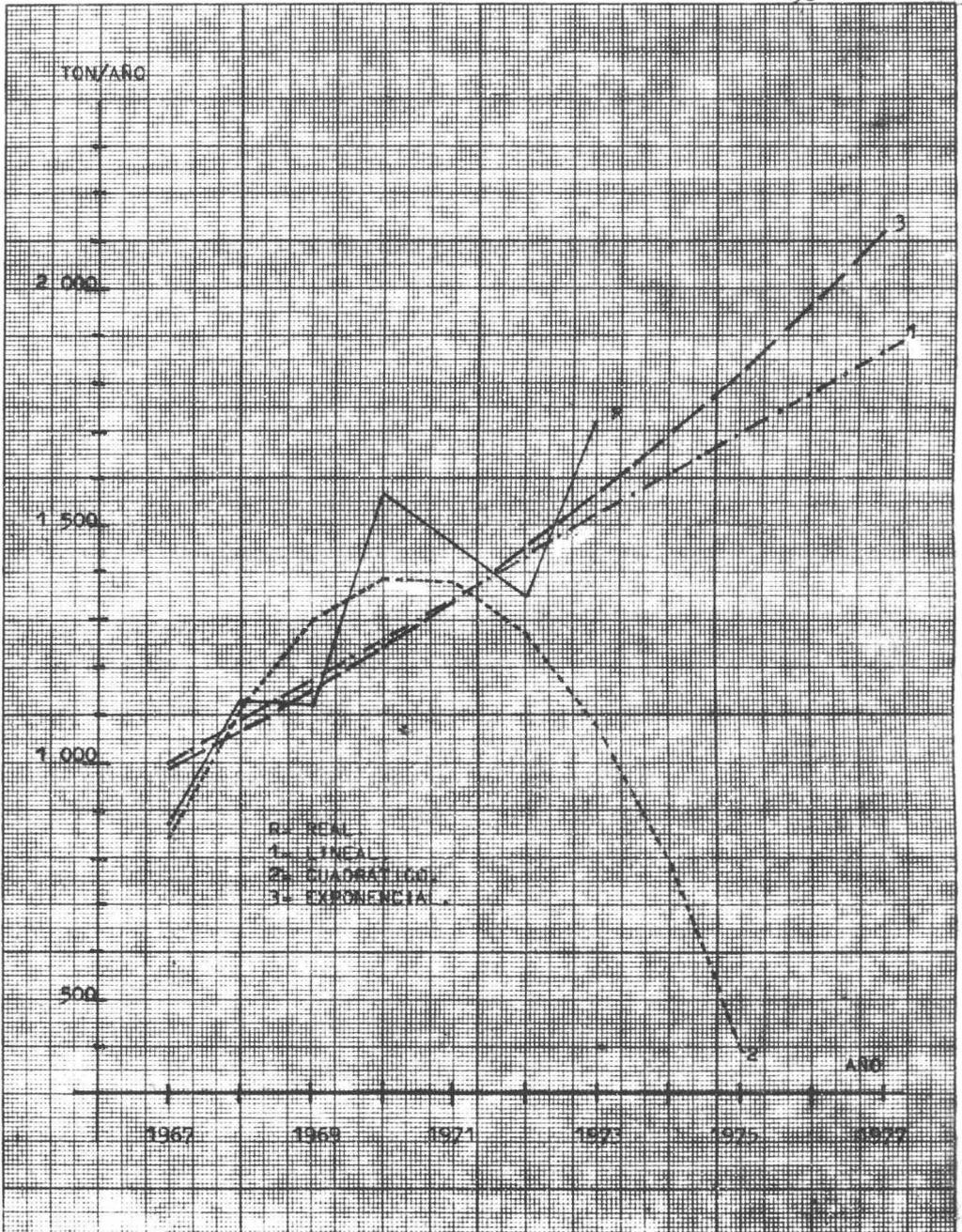
8) MODELO CONSTANTE.

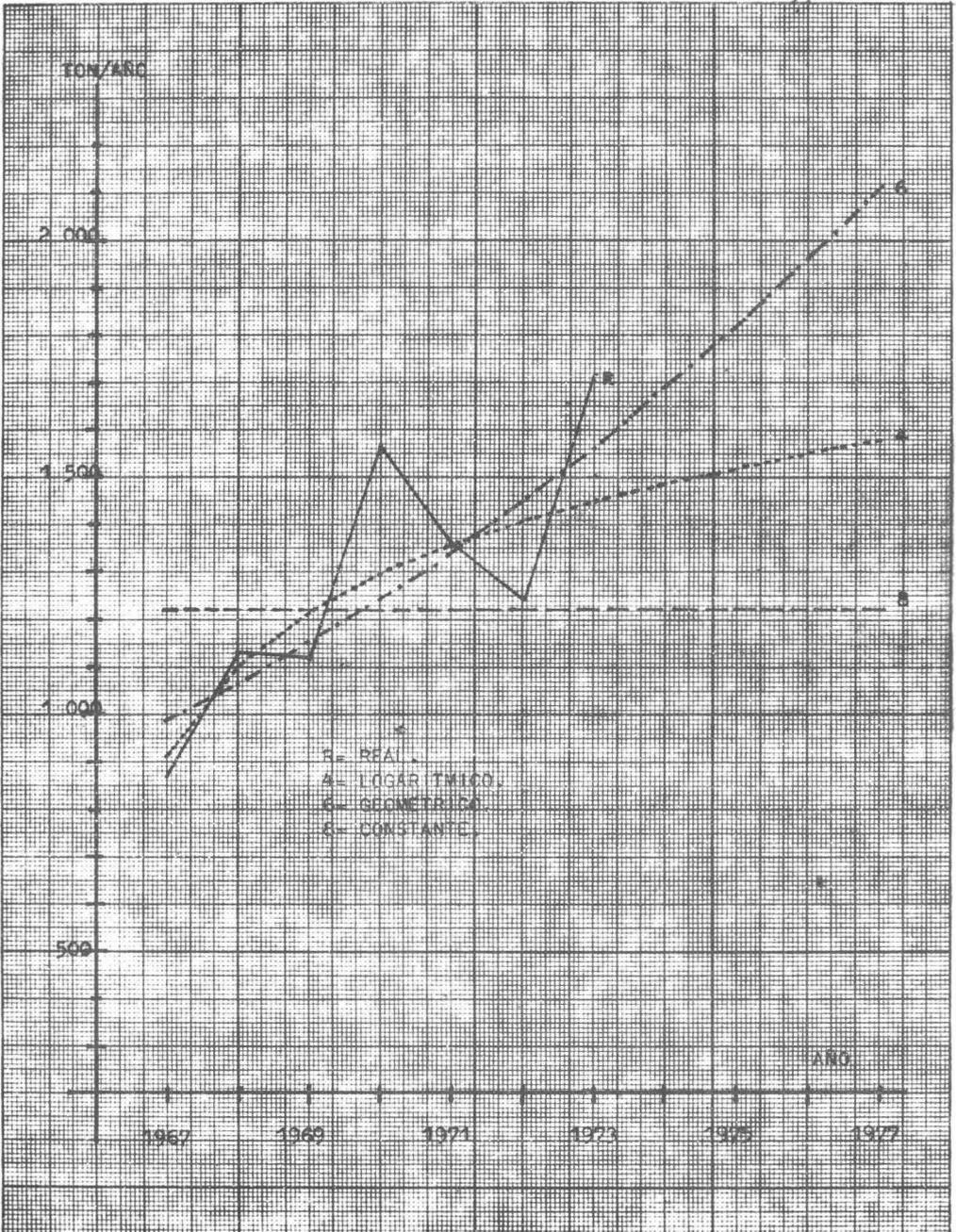
Ecuación : $Y = 1\ 220\ 000.$

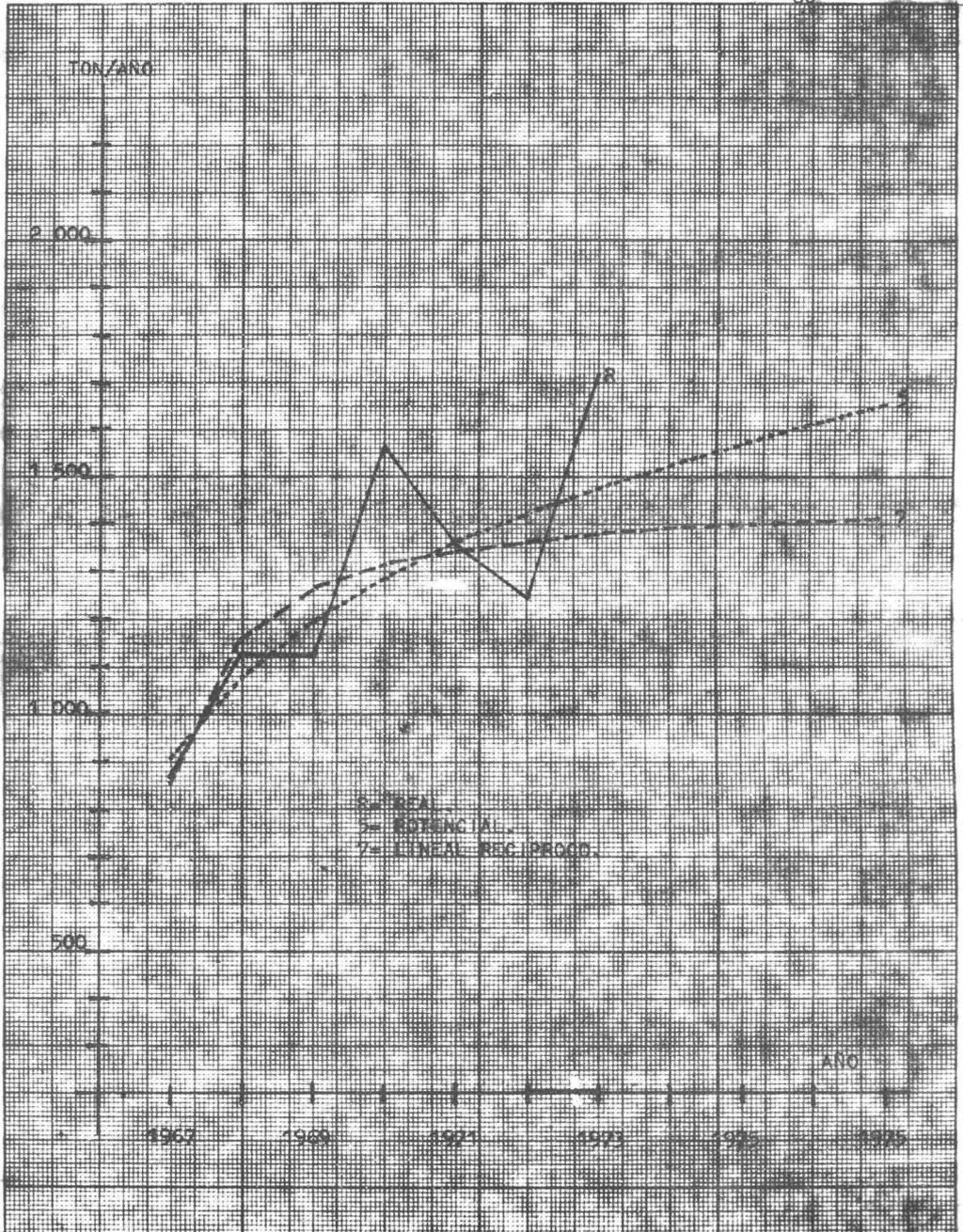
X	Y (OBS.)	Y (CALC.)
1.- 1967	872 335	1 220 000
2.- 1968	1 127 691	1 220 000
3.- 1969	1 119 970	1 220 000
4.- 1970	1 546 967	1 220 000
5.- 1971	1 360 651	1 220 000
6.- 1972	1 245 522	1 220 000
7.- 1973	1 717 944	1 220 000
8.- 1974		1 220 000
9.- 1975		1 220 000
10.- 1976		1 220 000
11.- 1977		1 220 000

LOS RESULTADOS ANTERIORES SE GRAFICAN A CONTINUACIÓN, DONDE PODEMOS APRECIAR MEJOR EL ACERCAMIENTO ENTRE LOS DATOS REALES Y LAS PROYECCIONES CALCULADAS. EN EL MODELO REAL PODEMOS NOTAR QUE A PARTIR DE 1969 LA CURVA MUESTRA UNA TENDENCIA DECRECIENTE HASTA LLEGAR AL AÑO 1973 DONDE VUELVE A ELEVARSE. LA REALIDAD ES QUE DURANTE ESTE PERÍODO EL PENTAERITRITOL LLEGABA CADA VEZ EN PARTIDAS MAS PEQUEÑAS POR LA IRREGULARIDAD CON QUE TRABAJABA LA PLANTA CHILENA, SIN QUE ESTO QUIERA DECIR QUE LA DEMANDA HAYA DISMINUIDO EN UN MOMENTO DADO. PARA 1973 LA DISPONIBILIDAD FUE MUY SUPERIOR Y SE LOGRÓ IMPORTAR UNA CANTIDAD MUCHO MAYOR A LA DE AÑOS ANTERIORES.

EN UNA ENCUESTA EFECTUADA CON ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES FABRICANTEES DE PINTURAS, QUIENES SON LOS MAYORES IMPORTADORES,







SE LOGRÓ LA INFORMACIÓN SUFICIENTE PARA CONFIRMAR QUE LA TENDENCIA DE CONSUMO DEL PENTAERITRITOL ES AUMENTO, LA CUAL SERÁ MAS NOTORIA EN LOS PRÓXIMOS MESES YA QUE LA GLICERINA, SU CONTRATIPO MAS PARECIDO, SE ENCUENTRA MAS CARA Y MAS ESCASA Y EL PRODUCTO FINAL POSEÉCARACTERÍSTICAS INFERIORES CUANDO SE FORMULA CON ESTE ÚLTIMO / AUNQUE SON MATERIALES CAPACES DE MODIFICARSE. TAL OPERACIÓN RESULTA EN UN ENCARECIMIENTO DEL PRODUCTO QUE LO COLOCA FUERA DE COMPETENCIA.

F) TENDENCIAS DE PRECIOS.

EL PRECIO INTERNACIONAL DEL PENTAERITRITOL VARÍA DE ACUERDO A SU PROCEDENCIA, LA CANTIDAD ADQUIRIDA Y LAS CONDICIONES BAJO LAS CUALES SE HACE LA OPERACIÓN, PERO PODEMOS DECIR QUE EL PRECIO PROMEDIO DE ESTE PRODUCTO SE HA MANTENIDO DURANTE ALGUNOS AÑOS, INCLUSIVE HASTA FINALES DE 1973, ENTRE 6 - 8 PESOS/KG. ESTA SITUACIÓN HA CAMBIADO MUCHO DURANTE EL PRESENTE AÑO DE 1974, PUES YA DESDE FINES DEL AÑO ANTERIOR EL PRODUCTO HA COMENZADO A ESCASEAR A TAL GRADO QUE HA DUPLICADO SU PRECIO EN CUESTIÓN DE MESES. EN ESTOS MOMENTOS EL PRECIO INTERNACIONAL DEL PENTAERITRITOL VARÍA ENTRE 15 - 17 PESOS/KG F.O.B. PUERTO DE SALIDA DEL PAÍS VENDEDOR Y SE ESPERA UNA MAYOR ESCASEZ, LO QUE RESULTARÁ EN POSTERIORES AUMENTOS DE PRECIO.

LOS PRECIOS REPORTADOS POR ESTADOS UNIDOS PARA EL PENTAERITRITOL DURANTE 1973 ERAN DE 19.5 - 24 \$/LB F.O.B. FRONTERA, EN TANTO QUE PARA LA MITAD DEL PRESENTE AÑO YA FLUCTUABAN ENTRE 40 - 55 \$/LB. ESTA SITUACIÓN SE HA ACENTUADO POR LA CRISIS

INFLACIONARIA QUE ACTUALMENTE PREVALECE, PUES EL ENCARECIMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS EN GENERAL AFECTA A CASI TODOS LOS PRODUCTOS EN UNA MAYOR Ó MENOR PROPORCIÓN. EN ALGUNAS OCASIONES ES TAS REPERCUSIONES LLEGAN A SER DEL ORDEN DEL 100% Y AÚN MAS.

g) CAPACIDAD DE DISEÑO.

COMO PUEDE VERSE DE LAS GRÁFICAS ANTERIORES EL MODELO CUADRÁTICO, QUE ES EL MAS APROXIMADO AL MODELO REAL, ES EL PRIMERO QUE DEBE DESCARTARSE POR LAS RAZONES YA EXPUESTAS DE BAJA DISPO NIBILIDAD EN AÑOS ANTERIORES.

EL MODELO CONSTANTE Y EL LINEAL RECÍPROCO NO DEBEN CONSIDERARSE DEBIDO A QUE NO LLEGAN A CUBRIR LA DEMANDA NACIONAL.

EL MODELO LINEAL, EL LOGARÍTMICO Y EL POTENCIAL SE APEGAN MUCHO AL MODELO REAL QUE COMO SABEMOS NO SATISFACE EL CONSUMO INTERNO INDEPENDIENTEMENTE QUE ESTE ANTEPROYECTO INTENTA EFECTUAR EXPORTACIONES, POR LO QUE TALES PROYECCIONES NO SON SUFICIENTES.

PARA LOS PRÓXIMOS 3 AÑOS SE SUGIERE EMPLEAR EL MODELO GEOMÉTRICO Ó EL EXPONENCIAL YA QUE SE ESPERA UNA MAYOR DEMANDA DEL POLIALCOHOL SIGNIFICATIVAMENTE ARRIBA A LA DE AÑOS ANTERIORES, PUES PARA 1977 SE PREVEE UN CONSUMO DE 2 100 TONS PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO Y SE ARRANCARÍA LA EXPORTACIÓN CON 750 TON, POR LO QUE SE RECOMIENDA UNA CAPACIDAD DE DISEÑO DE 3 000 TON EN VIRTUD DE TRATARSE DE 2 MERCADOS CRECIENTES QUE PUEDEN AUMENTAR SU ÍNDICE DE CRECIMIENTO EN EL MOMENTO QUE ENCUENTREN DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO Y EMPIECE A DESTINERSE A NUEVAS APLICACIONES.

V) PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PENTAERITRITOL.

A) TECNOLOGÍAS DISPONIBLES.

PODEMOS DECIR QUE EXISTEN DOS TIPOS BÁSICOS DE TECNOLOGÍAS, DE SARROLLADAS EN DIVERSOS PAÍSES Y QUE TIENEN EN COMÚN QUE PARTEN CASI DE LAS MISMAS MATERIAS PRIMAS, SIENDO EL TIPO DE HIDRÓXIDO LO QUE PRINCIPALMENTE LAS HACE DIFERENTES, PUES EL USO DE DISTINTO AGENTE CONDENSANTE IMPLICA ALGUNOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE PROCESO ASÍ COMO DE ALGUNOS EQUIPOS.

CUANDO SE EMPLEA EL HIDRÓXIDO DE SODIO SE PERMITEN TEMPERATURAS DE TRABAJO RELATIVAMENTE ALTAS, LA NEUTRALIZACIÓN SE LLEVA A CABO CON ÁCIDO FÓRMICO, LA SEPARACIÓN DEL FORMATO SE EFECTÚA DESPUÉS DE LA CRISTALIZACIÓN Y AL FINAL SE OBTIENE UN PRODUCTO DE BUENA PUREZA.

EN CAMBIO, SI SE PREFIERE EL HIDRÓXIDO DE CALCIO, SE DEBE TRABAJAR A TEMPERATURAS RELATIVAMENTE BAJAS, LA NEUTRALIZACIÓN SE HACE CON ÁCIDO OXÁLICO Ó SULFÚRICO, LA SEPARACIÓN DE SALES SE REALIZA EN UN PASO PREVIO A LA CRISTALIZACIÓN Y EL PRODUCTO FINAL ES DE EXCELENTE PUREZA.

DENTRO DE LAS FIRMAS COMERCIALES MÁS IMPORTANTES QUE CUENTAN CON TECNOLOGÍA DISPONIBLE PARA ESTOS PROCESOS SE PUEDEN CITAR A LA COMPAÑÍA SUECA PERSTORP, BAJO CUYA LICENCIA OPERA LA PLANTA CHILENA DE PENTAERITRITOL, CELANESE CORP., HEYDEN CHEMICAL CORP., REICHHOLD CHEMICAL CORP., HERCULES POWDER CO., Y ALGUNAS OTRAS MÁS QUE PUEDEN PROPORCIONAR LA ASESORÍA NECESARIA PARA ARRANCAR Ó CONSTRUIR LA PLANTA PROYECTADA.

B) SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA.

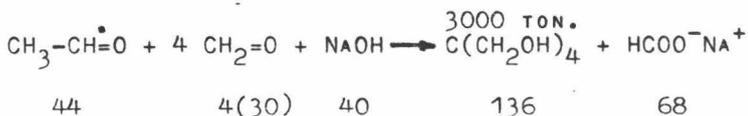
EN ESTE PUNTO PODEMOS MENCIONAR QUE EXISTEN UNA SERIE DE FACTORES QUE EN CONJUNTO NOS AYUDAN A SELECCIONAR DE ENTRE LAS OFERTAS PRESENTADAS. LOS PRINCIPALES ASPECTOS A CONSIDERAR SON LOS GASTOS DE OPERACIÓN, LOS RENDIMIENTOS QUE SE GARANTIZAN OBTENER, LOS GASTOS ORIGINADOS POR LICENCIA Y SUPERVISIÓN, LA ASESORÍA CON LA CUAL SE PUEDE DISPONER, LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PLANTA, ETC.

EN ESTE TRABAJO HEMOS ADOPTADO EL PROCESO DE LA SOSA DEBIDO A QUE SE TUVO ACCESO A LOS DATOS REALES Y CONDICIONES DE OPERACIÓN DE UNA OFERTA PRESENTADA AL GRUPO AKZO DE HOLANDA. LA MENOR PUREZA DEL PRODUCTO QUE SE OBTIENE POR ESTE MÉTODO, QUE COMPENSA EL MENOR RIESGO QUE SE CORRE EN ESTE PROCESO, PUEDE SER SUPERADA MEDIANTE UN EQUIPO DE RECRISTALIZACIÓN, AUNQUE SABEMOS QUE EL PRODUCTO FINAL OBTENIDO EN ESTA FORMA TIENE BUENA ACEPTACIÓN.

SE ESTIMA QUE EL COSTO DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS EQUIPOS REQUERIDOS PARA CUALQUIERA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PROCESO, NO PRESENTAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.

LAS REACCIONES Y CONDICIONES QUE A CONTINUACIÓN SE ESPECIFICAN FUERON CORROBORADAS POR LA INFORMACIÓN OBTENIDA DEL GRUPO EUROPEO AKZO.

C) BALANCE DE MATERIAL.



EFICIENCIA GLOBAL : 80%

EFICIENCIA DE LA REACCIÓN: 85%

1) $\text{CH}_3\text{-CH=O}$ (BASE: 3000 TON/AÑO DE P.E. AL 98%)

$$3000(0.98)(44/136)(100/80) = 1\ 188.97 \text{ TON/AÑO ACETALDEHIDO } 100\%$$

$$\text{ACETALDEHIDO } 99\% = 1\ 200.98 \text{ TON/AÑO}$$

$$= 27.29 \text{ TON.MOL/AÑO}$$

2) $\text{CH}_2=0$ (EXCESO DE 0.5 MOLES/MOL DE ACETALDEHIDO 100%).

$$(27.29 \text{ TON.MOL}) (4.5) = 122.81 \text{ TONMOL.}$$

$$= 3\ 684.15 \text{ TON FORMALDEHIDO } 100\%$$

$$\text{FORMALDEHIDO } 37.7\% = 9\ 772.28 \text{ TON./AÑO}$$

3) NaOH (EXCESO DE 0.5 MOLES/MOL DE ACETALDEHIDO).

$$(27.29 \text{ TON MOL})(1.5) = 40.94 \text{ TON MOL.}$$

$$= 1\ 637.4 \text{ TON}$$

$$\text{SOSA } 50\% = 3\ 274.8 \text{ TON./AÑO}$$

4) AGUA REQUERIDA (15 MOLES/MOL DE FORMALDEHIDO)

$$(122.81 \text{ TON MOL}) (15) = 1\ 842 \text{ TON.MOL/AÑO.}$$

$$= 33\ 156 \text{ TON/AÑO.}$$

AGUA INTRODUCIDA:

EN LA SOL. 50% NaOH	1 637.40 TON
EN LA SOL. 37.7 % CH_2O	<u>6 088.13 "</u>
	7 725.53 "

$$\text{AGUA : } 33\ 156 - 7\ 725.53 = 25\ 430.47 \text{ TON/AÑO}$$

5) PENTAERITRITOL FORMADO (100%)

$$1\ 188.97 (136/44) (85/100) = 3\ 123.75 \text{ TON/AÑO}$$

6) HCOONa FORMADO EN LA REACCIÓN.

$$(1\ 188.97) (68/44) (85/100) = 1\ 561.87 \text{ TON/AÑO}$$

$$\text{SOSA EMPLEADA: } 1\ 561.87 (40/68) = 918.75 \text{ TON/AÑO}$$

SOSA RESIDUAL: $1\ 637.4 - 918.65 = 718.65$ TON/AÑO

7) AGUA OXIGENADA 50% (1% SOBRE PENTAERITRITOL)
 $3\ 000 (0.01) = 30$ TON/AÑO

8) HCOONa (FORMADO DE LA NEUTRALIZACIÓN)
 $718.65 (68/40) = 1\ 221.71$ TON/AÑO

TOTAL DE FORMATO = $1\ 561.87 + 1\ 221.71 = 2\ 783.58$ TON/AÑO

9) HCOOH (AL 85%, REQUERIDO PARA LA NEUTRALIZACIÓN)



46 40 68 18

$718.65 (46/40) = 826.45$ TON/AÑO

ACIDO FÓRMICO 85% = 972.29 TON/AÑO

AGUA GENERADA = $718.65 (18/40) = 323.39$ TON/AÑO

10) CAPACIDAD DEL REACTOR. (PRODUCCIÓN ANUAL DE $3\ 000$ TON., EN 300 DÍAS HÁBILES). *10*
2000 - 4

DADO QUE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE PENTAERITRITOL REQUERIDA SON 10 TONELADAS Y SE HA ESTABLECIDO UN TIEMPO DE REACCIÓN DE 4 HORAS- (UNA HORA PARA DOSIFICAR, 2 PARA REACCIONAR Y 1 PARA MANIOBRAS), - TRABAJANDO TRES TURNOS LA PRODUCCIÓN REQUERIDA POR HORA SERÁ DE :
 $10\ 000 (0.98) / 24 = 0.408$ TON/HORA

COMO LA DEPENDENCIA DE UN SOLO REACTOR ES MUY ARRIESGADO TANTO POR POSIBLES FALLAS COMO POR LOS OBLIGADOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO, SE PROPONE INICIALMENTE UNA BATERIA DE 2 REACTORES EN PARALELO CUYA CAPACIDAD DEBE CORRESPONDER AL EQUIVALENTE DE 2 HORAS DE PRODUCCIÓN DE PENTAERITRITOL, LOS CUALES PUEDEN SER CARGADOS 2 VECES POR TURNO (CADA 4 HORAS). LA PRODUCCIÓN DE PENTAERITRITOL POR LOTE EN CADA REACTOR DEBE SER DE 0.816 TON. EL VOLUMEN REQUERIDO -

POR LOTE SE DETALLA A CONTINUACIÓN:

PRODUCTO	CONSUMO ANUAL (TON)	CONSUMO POR P.E. (TON) DE	DENSIDAD (T/M ³)	VOL. (M ³)
ACETALDEHIDO 99%	1 200.98	0.333	0.783	0.425
FORMALDEHIDO 37.7%	9 772.28	2.712	0.900	3.013
SOSA 50%	3 274.80	0.909	1.400	0.649
AGUA OXIG. 50%	30.00	0.008	1.000	0.008
AGUA.	25 430.47	7.058	1.000	<u>7.058</u>
				11.153 M ³

CONSIDERANDO UN EXCESO DEL 20% SOBRE EL VOLUMEN REAL SE TIENE LO SIGUIENTE:

$$11.153 + 11.153 (0.2) = 13.13 \text{ M}^3$$

DE DONDE PODEMOS CONCLUIR QUE LA CAPACIDAD REQUERIDA ES DE 13 500 LITROS. DE ACUERDO A LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR UN FABRICANTE DE EQUIPOS DE PROCESO, EN LA PRÁCTICA RESULTA MAS ECONOMICO LA ADQUISICIÓN DE 3 REACTORES DE 10 000 LITROS CADA UNO QUE 2 DE LA CAPACIDAD ANTERIORMENTE ANOTADA, ESTO ES DEBIDO A QUE LOS REACTORES DE 13 500 LITROS REQUERIRÍAN DE MATERIALES ESPECIALES TANTO PARA LA CONSTRUCCIÓN COMO PARA LA INSTALACIÓN DE LOS MISMOS.

11) AGUA EVAPORADA. (2/3 DEL VOLUMEN INICIAL).

COMPOSICIÓN	CONSUMO ANUAL (TON)	CONSUMO POR TOM. DE P.E. (TON.)	DENSIDAD (TON/M ³)	VOLUMEN (M ³)
AGUA DE LA SOL. DE SOSA.	1 637.40	0.546	1.0	0.546
AGUA DE LA SOL. DE DORMALDEHIDO	6 088.13	2.029	1.0	2.029

AGUA DE LA SOL. DE ACETALDEHIDO	12.01	0.004	1.0	0.004
AGUA DE NEUTRALI ZACIÓN.	469.23	0.156	1.0	0.156
PENTAERITRITOL	3 123.75	1.041	1.4	0.744
FORMALTO	2 783.58	0.928	1.92	0.483
AGUA DEL MEDIO.	25 452.47	8.484	1.0	<u>8.484</u>

VOLUMEN INICIAL : 12.446

VOLUMEN EVAPORADO: $12.446 (0.66) = 8.21\text{M}^3$ DE AGUA/TON DE P.E. 98%.
= 8 210 Kg/TON. DE P.E.

12) SECADO DE CRISTALES. TON DE H_2O /TON. DE P.E. 100%

HUMEDAD ANTES = 30% $1\ 000(0.98) (30/70) = 420\ \text{Kg.}$

HUMEDAD DESP. = 2% $1\ 000(0.98) (2/98) = 20\ \text{Kg.}$

AGUA EVAPORADA : 0.40 TON DE AGUA/TON DE P.E. 100%

13) CONSUMO DE MATERIA PRIMA POR TON. DE PENTAERITRITOL.

ACETALDEHIDO 99%	TON 0.400
FORMALDEHIDO 37.7%	3.257
SOSA 50%	1.091
Ac. FÓRMICO 85%	0.324
AGUA OXIGENADA 50%	0.010

14) SERVICIOS REQUERIDOS POR TON. DE PENTAERITRITOL.

VAPOR 10.09 TON.

AGUA DE ENFRIAMIENTO $392.46\ \text{M}^3$

AGUA DEMINERALIZADA 10.57 "

NITRÓGENO 1.00 "

ELECTRICIDAD 300.00 KWH

AIRE $207.00\ \text{M}^3$

DIESEL

573.50 Kg.

15) SUBPRODUCTOS POR TON. DE PENTAERITRITOL.

FORMATO DE SODIO.

1 561.87 TON/AÑO (DE LA REACCIÓN)

1 221.71 " (DE LA NEUTRALIZACIÓN)

2 783.58 TON/AÑO

$$\frac{2\ 783.58}{3\ 000.0} = 0.928 \text{ TON. DE FORMATO/TON DE PENTAERITRITOL}$$

BALANCE DE ENERGÍA.

A) REACTOR

SUPONIENDO QUE TODOS LOS REACTIVOS ENTRAN A 18°C.

BASE: 1 TON. DE P.E. 98%.

$$Q_R = M_P H_P + M_F H_F = M_M \bar{C}_P T_M + W_{H_2O} \bar{C}_P H_2O T_{H_2O}$$

 $M_P = 1 \text{ TON.} = 1\ 000 \text{ Kg.}$ $M_F = 520.62 \text{ Kg.}$ $H_P = 1\ 636.77 \text{ Kcal./Kg}$ $H_F = 231.91 \text{ Kcal/Kg}$

RANGO DE LA MEZCLA DE REACCIÓN = 18-28 °C

RANGO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO = 18-25 °C

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA (Kg)	FRACCIÓN PESO	\bar{C}_P Kcal/Kg°C	C_P MEZCLA
ACETALDEHIDO 400.33	0.03	0.51	0.015
FORMALDEHIDO 1 228.05	0.09	0.45	0.041
AGUA 11 056.00	0.84	1.00	0.840
SOSA <u>545.80</u>	0.04	0.31	<u>0.012</u>
13 230.08			0.908 Kcal porKg°C

$$Q_R = (1\ 000)(1\ 636.77) + (520.62)(231.91) = (13\ 230.08)(0.908) \\ (28-18) + W(1)(25-18)$$

$$W = (1\ 757\ 506.98 - 120\ 094.80) / 7 = 233\ 916\ \text{Kg H}_2\text{O} \\ = 233.92\ \text{TON H}_2\text{O/TON DE PENTAERI TRITOL.}$$

CALENTAMIENTO DE LA MEZCLA DE 28 A 60°C.

Q = CALENTAMIENTO A 60°C DE LA MEZCLA + EVAPORACIÓN DEL FORMOL Y DEL ACETALDEHIDO RESIDUALES + PÉRDIDAS POR RADIACIÓN.

$$Q = M_M C_{PM} \Delta T_M + M_F \lambda_F + M_A \lambda_A + U A \Delta T(T) = W_V \lambda_V$$

SE USARÁ VAPOR DE 4.76 ATM. MAN (70 PSIG)

$$T_V = 150.5^\circ\text{C}$$

$$\lambda_V = 503.6\ \text{KCAL/KG}$$

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA (KG)		FRACCIÓN PESO	\bar{C}_P KCAL/KG°C	C_P MEZCLA
ACETALDEHIDO	63.43	0.005	0.51	0.002
FORMALDEHIDO	309.34	0.023	0.45	0.010
AGUA	11 056.00	0.836	1.0	0.836
SOSA	239.55	0.018	0.31	0.005
P.E.	1 041.24	0.079	0.45	0.035
FORMATO	<u>520.52</u>	0.039	0.31	<u>0.012</u>
	13 230.08			0.900 KCAL/KG°C

$$M_M = 13\ 230.08\ \text{Kg}$$

$$C_{PM} = 0.90\ \text{KCAL/KG}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_M = 60^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C}$$

$$M_F = 309.34\ \text{Kg}$$

$$\lambda_F = 195\ \text{KCAL/KG}$$

$$M_A = 63.43\ \text{Kg.}$$

$$\lambda_A = 136\ \text{KCAL/KG}$$

$$U = 3.38\ \text{KCAL/H M}^2\ ^\circ\text{C (RECOMENDADA PARA REACTOR AISLADO)}$$

$$T = 2\ \text{HORAS}$$

$$A = 32.4\ \text{M}^2\ \text{(PARA UN REACTOR DE 13 500 LITROS, L/D=1.5, CON CAPACIDAD DE 0.816 TON DE P.E.)}$$

$$\Delta T = (150.5 - 18)^{\circ}\text{C} = 132.5^{\circ}\text{C}$$

$$Q = (13\ 230.08)(0.90)(32) + (309.34)(195) + (63.43)(136) + (13.38)(32.4) \\ (132.5)(2)(1/.816)$$

$$= 381\ 026.3 + 60\ 321.3 + 8\ 626.48 + 35\ 564.60$$

$$= 485\ 538 \text{ KCAL/TON DE PENTAERITRITOL}$$

$$W_V = \frac{485\ 538}{503.6} = 964.14 \text{ Kg VAPOR/TON P.E.}$$

B) EN EL NEUTRALIZADOR. (NEUTRALIZACIÓN CON ÁCIDO FÓRMICO)

$$Q = M_F H_F = M_M C_{PM} (T_F - T_1) + M_{AF} C_{PAF} \Delta T_{AF}$$

$$M_F = 407.24 \text{ Kg}$$

$$H_F = 231.91 \text{ KCAL/KG (CALOR DE FORMACIÓN DEL FORMATO DE SODIO)}$$

$$Q = (407.24)(231.91) = 94\ 443 \text{ KCAL.}$$

ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA.

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA (KG)	FRACCIÓN PESO	\bar{C}_P	C_P MEZCLA
AGUA 11 219.0	0.85	1.00	0.85
P.E. 1 041.25	0.08	0.45	0.04
FORMATO <u>927.86</u>	0.07	0.31	<u>0.02</u>
13 188.11			0.91 KCAL/KG ⁰ C

$$M_M = 13\ 188.11 \text{ Kg}$$

$$C_{PM} = 0.91 \text{ KCAL/KG}^{\circ}\text{C}$$

$$T_{1M} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$M_{AF} = 324.1 \text{ Kg}$$

$$C_P = 1.03 \text{ KCAL/KG}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = (60 - 18)^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{AF} = M_{AF} C_{PAF} T_{AF} = (324.1)(1.03)(32)$$

$$= 14\ 020.6 \text{ KCAL.}$$

$$T_F = T_1 + \frac{Q - Q_{AF}}{M C_{PM}} = 60 + \frac{94\ 443 - 14\ 020.6}{(13\ 188.11)(.91)} =$$

$$T_F = 66.7^{\circ}\text{C}$$

C) EVAPORACIÓN

ELEVACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN DE LA MEZCLA.

$$T = \frac{RT_0^2(M_1)}{\lambda(N_0)}$$

DONDE:

T = ELEVACIÓN DEL PUNTO DE EBULLICIÓN CON RESPECTO AL SOLVENTE PURO.

R = CONSTANTE DE LOS GASES. = 1.987 KCAL/KG MOL °C

T₀ = PUNTO DE EBULLICIÓN DEL SOLVENTE PURO (°K) = 373°K

λ = CALOR LATENTE MOLAL DEL SOLVENTE PURO = 9 682.82 KCAL/KG MOL.

M₁ = MOLES DE SOLUTO POR 1 000G DE SOLVENTEN₀ = MOLES DE SOLVENTE EN 1 000G.

COMPOSICIÓN MOLES POR 1 000G DE AGUA

AGUA 11 219.0 55.55

P.E. 1 041.25 0.68

F.NA 927.86 1.22

$$T = \frac{(1.987)(373)^2(1.90)}{(9\ 682.82)(1\ 000)} = 9.76^\circ\text{C}$$

18

PUNTO DE EBULLICIÓN DE LA MEZCLA = 100 + 9.76 = 109.76°C

DADO QUE SE DESCONOCE EL NÚMERO DE EFECTOS ÓPTIMOS PARA ESTA ETAPA DEL PROCESO A CONTINUACIÓN SE PROCEDE AL CÁLCULO DEL TRIPLE EFECTO, DOBLE EFECTO Y EFECTO SIMPLE, REALIZANDO AL FINAL UNA EVALUACIÓN ECONÓMICA QUE PERMITIRÁ DEFINIR ESTE PUNTO.

PARA TODOS LOS CASOS SE SELECCIONÓ UN VAPOR DE 250 PSIG Y UNA PRESIÓN DE VACÍO DE 2.2 PSIA EN EL ÚLTIMO EFECTO.

TRIPLE EFECTO:

$$T_{EB} = 109.76^\circ\text{C}$$

AGUA EVAP. = 8 210KG

$$C_{PM} = 0.91 \text{ KCAL/KG}^\circ\text{C}$$

$$T_M = 66.7^\circ\text{C}$$

$$W_M = 13\,188.11\text{Kg}$$

$$P_M = 1\text{ ATM. (14.7 PSIA)}$$

$$T_S = 205^\circ\text{C (401}^\circ\text{F)}$$

$$P_S = 17\text{ ATM (250 PSIA)}$$

$$P_3 = 0.15\text{ ATM (VACÍO 2.2 PSIA)}$$

$$T_3 = 129^\circ\text{C}$$

$$\lambda_S = 457.44\text{ KCAL/KG}$$

$$U(\text{RECOM}) = 3\,458.3\text{ KCAL/M}^2\text{H}^\circ\text{C} = (700\text{ BTU/HFT}^2\text{ }^\circ\text{F})$$

$$\text{CARGA TÉRMICA} = 76^\circ\text{C (136.8}^\circ\text{F)}$$

EFEECTO	P_S	ΔP (ATM)	T_S ($^\circ\text{C}$)	λ_S (KCAL/KG)
(1)	17		205	457.44
(2)	11.38	5.62	$T_1 = 186.28$	$\lambda_1 = 474.68$
(3)	5.76	5.62	$T_2 = 157.72$	$\lambda_2 = 497.91$
COND.	0.15	5.62	$T_3 = 129$	$\lambda_3 = 565.71$

$$W_S \lambda_S + W_M C_{PM} (T_M - T_1) = W_1 \lambda_1$$

$$W_1 \lambda_1 + (W_M - W_1) (T_1 - T_2) C_{PF} = W_2 \lambda_2$$

$$W_2 \lambda_2 + (W_F - W_1 - W_2) C_{PF} (T_2 - T_3) = W_3 \lambda_3$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = W_T$$

$$W_S (457.44) + W_M (0.91) (66.7^\circ\text{C} - 186.28^\circ\text{C}) = W_1 (474.68)$$

$$W_1 = 2\,432\text{Kg}$$

$$W_1 (474.68) + (13\,188.11 - W_1) (0.91) (186.28 - 157.72) = W_2 (497.91)$$

$$W_2 = 2\,880\text{Kg}$$

$$W_2 (497.91) + (13\,188.11 - W_1 - W_2) (0.91) (157.72 - 129) = W_3 (565.71)$$

$$W_3 = 2\,898\text{Kg}$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 = 8\,210\text{ Kg} ; W_S = 5\,661\text{Kg}$$

Q AL COND. = 1 639 428 K CAL.

RANGO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO = 50-18 = 32°C

$$W_{AGUA} = \frac{1\ 639\ 428}{(50-18)} = 51\ 232.12\ \text{Kg} \quad A_1 = \frac{W_s \lambda_s}{U(T_s - T_1)} = 40\text{M}^2$$

$$A_2 = \frac{W_1 \lambda_1}{U(T_1 - T_2)} = 11.68\ \text{M}^2 \quad A_3 = \frac{W_2 \lambda_2}{U(T_2 - T_3)} = 14.44\text{M}^2$$

$$A_T = 40 + 11.68 + 14.44 = 66.12\ \text{M}^2$$

DOS EFECTOS.

EFFECTO	P _s (ATM.)	P (ATM.)	T _s (°C)	KCAL/KG
(1)	17.0		205	477.44
(2)	8.57	8.43	T ₁ = 173.85	λ ₁ = 485.04
COND.	0.15	8.43	T ₂ = 129	λ ₂ = 565.71

$$W_s(477.44) + (13\ 188.11)(.91)(66.7-173.85) = W_1(485.04) ; W_1 = 4\ 066.5\ \text{Kg}$$

$$W_1(485.04) + (13\ 188.11 - W_1)(.91)(173.85-129) = W_2(565.71) ; W_2 = 4\ 143.5\ \text{Kg}$$

$$W_s = 7\ 122\ \text{Kg}$$

Q AL COND. = 2 344 019.3 K CAL.

$$A_1 = 30.24\text{M}^2 \quad A_2 = 12.71\ \text{M}^2 \quad A_T = 42.95\ \text{M}^2$$

$$T_{AGUA} = 50-18 = 32^\circ\text{C} ; W_{AGUA} = 73\ 250.60\ \text{Kg.}$$

UN EFECTO.

	P _s	T _s (°C)	KCAL/KG
(1)	17.0	205	457.44
COND.	0.15	129	565.71

$$W_s(457.44) + (13\ 188.11)(.91)(66.7-129) = (565.71)W_1 ; W_1 = 8\ 210\ \text{Kg}$$

$$W_s = 8\,518.73 \text{ KG.}$$

$$Q_{\text{AL COND.}} = 4\,644\,479.1 \text{ KCAL.}$$

$$T_{\text{AGUA}} = 50 - 18 = 32^{\circ}\text{C}$$

$$A_1 = 14.83 \text{ M}^2$$

$$W_{\text{AGUA}} = 145\,139.97 \text{ KG.}$$

EVAPORACIÓN. (GASTOS PARA 1 TON DE PENTAERITRITOL AL 98%)

NÚMERO DE EFECTOS	GASTO DE VAPOR(KG)	AREA REQUE <u>R</u> IDA (M^2)	GASTO AGUA DE ENFRIAMIENTO(KG)
1	8 158.73	14.83	145 139.97
2	7 122.0	42.25	73 250.60
3	5 661.0	66.12	51 232.12

COSTO ANUAL (3 000 TON DE PENTAERITRITOL AL 98%)

NÚMERO DE EFECTOS.	GASTO DE VAPOR (TON/AÑO)	\$/TON VAPOR	AREA (M^2)	\$/ M^2	DEPRECIACIÓN (\$)
1	25 556.19	0.30	14.83	7 600	11 271
2	21 816.0	0.30	42.25	7 600	32 110
3	16 983.0	0.30	66.12	7 600	50 251

MANTEN <u>I</u> MIENTO	GASTO DE AGUA (TON/AÑO)	\$/TON AGUA	COSTO TOTAL
11 271	435 419.9	0.15	307 116.22
32 110	219 751.8	0.15	422 545.97
50 251	153 696.4	0.15	629 465.06

DE LOS DATOS ANTERIORES CONCLUIMOS QUE EL SIMPLE EFECTO ES LO ECONÓMICAMENTE RECOMENDABLE.

D) REFRIGERACIÓN.

$$T_1 = 129^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$Q = M_M C_{P_M} \Delta T_M$$

COMPOSICIÓN	KG.	FRACC. PESO	C_p MEDIO	FRACC. C_p
AGUA.	3 009.0	0.60	1.0	0.60
PENTAERITRITOL	1 041.25	0.21	0.45	0.09
FORMATO.	<u>927.86</u>	0.19	0.31	<u>0.06</u>
	4 978.11			0.75

$$Q = 4\,978.11 (0.75) (5 - 129) = -462\,946 \text{ KCAL.}$$

PRIMER PASO. ENFRIAMIENTO A 50°C MEDIANTE UN INTERCAMBIADOR.

$$Q_{\text{CEDIDO}} = 4\,978.11 (0.75) (129 - 50) = 294\,953.02 \text{ KCAL.}$$

$$W_{\text{AGUA}} = \frac{Q}{C_{p_{\text{AGUA}}} \Delta T_{\text{AGUA}}} = \frac{294\,953.02}{22} = 13\,406 \text{ KG}$$

$$= 13.41 \text{ m}^3/\text{TON P.E.}$$

SEGUNDO PASO. ENFRIAMIENTO DE 50° A 5° EN EL CRISTALIZADOR TIPO

SWENSON WALKER.

$$T_{1\text{LICOR}} = 50^{\circ}\text{C}$$

$$T_{2\text{LICOR}} = 5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{1\text{SALMUERA}} = -5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{2\text{SALMUERA}} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{MEDIA}} = \frac{(T_1 - T_2) (T_2 - T_1)}{2.3 \text{ Log} \frac{(T_1 - T_2)}{(T_2 - T_1)}} = 24.88^{\circ}$$

$$U_{\text{PROMEDIO}} = 850 \text{ KCAL}/\text{M}^2 \text{ }^{\circ}\text{C} / \text{H}$$

$$\text{AREA DE TRANSF} = 0.91 \text{ m}^2/\text{M}$$

$$\text{LONGITUD DEL CRISTALIZADOR} = \frac{Q}{A U \Delta T_{\text{MEDIA}}} = 15.33 \text{ M}$$

DADO QUE ESTAS UNIDADES SE CONSTRUYEN DE FÁBRICA CON UNA LONGITUD DE 3.048 M (10 FT) Y SON SUCEPTIBLES DE ARREGLARSE EN SERIE SE PROPONEN 5 UNIDADES INTEGRADAS EN UN SOLO PASO.

E) SECADOR. (EN BASE A UNA TON DE PENTAERITRITOL AL 98%/ HORA)

$$\begin{aligned} \text{HUMEDAD}_1 &= 30\% & \text{AGUA POR REMOVER} &= M \left(\frac{H_1}{100-H_1} - \frac{H_2}{100-H_2} \right) \\ \text{HUMEDAD}_2 &= 2\% & &= 400 \text{ KG./ HORA.} \end{aligned}$$

$$T_1 \text{ AIRE} = 18^\circ \text{C}$$

$$H_1 \text{ REL.} = 40\%$$

$$H_1 \text{ ABS.} = 0.005 \text{ KG AGUA/KG AIRE SECO.}$$

$$T_2 \text{ AIRE} = 100^\circ \text{C (CALENTAMIENTO A H REL. = CONSTANTE)}$$

$$H_2 \text{ REL.} = 60\%$$

$$H_2 \text{ ABS.} = 0.031 \text{ KG AGUA/KG AIRE SECO}$$

$$T_3 \text{ AIRE} = 41^\circ \text{C (A LA SALIDA DEL SECADOR)}$$

$$\begin{aligned} \text{AGUA REMOVIDA} &= H_2 \text{ ABS.} - H_1 \text{ ABS.} \\ &= 0.026 \text{ KG AGUA/KG AIRE SECO} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AIRE SECO REQUERIDO} &= \frac{\text{AGUA POR REMOVER}}{\text{AGUA REMOVIDA (60)}} \\ &= 256.4 \text{ KG/MIN.} \end{aligned}$$

$$\text{VOL ESP.}_1 = 808 \text{ M}^3/\text{KG.}$$

$$C_{p1} \text{ AIRE} = 0.242 \text{ KCAL/KG } ^\circ \text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{VOL. AIRE SECO} &= \frac{\text{AIRE SECO REQUERIDO}}{\text{VOLUMEN ESPECÍFICO}} \\ &= 207 \text{ 170 M}^3/\text{MIN.} \end{aligned}$$

$$Q \text{ REQUERIDO POR EL AIRE} = (256.4)(60)(0.242)(100-18) = 305 \text{ 280KCAL/HORA}$$

PARA VAPOR DE 4.76 ATM (70 PSIG) Y $k_s = 503.6$ KCAL/KG EL GASTO DE VAPOR ESTA DADO POR:

$$W_{\text{VAPOR}} = \frac{Q}{k_s} = \frac{305\ 280}{503.6} = 606 \text{ KG/HORA.}$$

F) CALDERA. (CONSUMO DE DIESEL)

VAPOR TOTAL REQUERIDO = 10.9 TON/TON DE PENTAERITRITOL

CALOR TOTAL REQUERIDO = 10 900 (1)(100-50) + 10 900 (0.5)(200-100)
+ 10 900 (454) = 6 038 600KCAL/TON P.E.

PODER CALORÍFICO DEL DIESEL = 10 530 KCAL/KG.

$$\text{CONSUMO DE DIESEL} = \frac{Q \text{ REQUERIDO}}{\text{PODER CALORIF.}} = 573.5 \text{ KG/TON DE P.E.}$$

E) LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

IDEALMENTE ESTA PLANTA DEBIERA CONSTRUIRSE EN LA NUEVA ZONA INDUSTRIAL ESTABLECIDA EN LA REGIÓN ÍSMICA DE NUESTRO PAÍS, ESTO DEBIDO A QUE SE SITUARÍA CERCA DE LAS FUENTES DE MATERIA PRIMA DE MAYOR VOLUMEN QUE SON LOS ALDEHIDOS. OTRO PUNTO DE GRAN IMPORTANCIA ES LA EXISTENCIA DE LINEAS DE COMUNICACIÓN HACIA EL INTERIOR Y EXTERIOR DE NUESTRA REPÚBLICA Y DADO QUE EN ESTE PROYECTO SE INTENTA EFECTUAR EXPORTACIONES, ESTE ÚLTIMO PUNTO ES DE SUMO INTERÉS EN LA CONSIDERACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN.

SE HA SELECCIONADO UN TERRENO DE 20 000 M² QUE PARA FINES DE CÁLCULO SE HA CONSIDERADO EN 500 000 PESOS M.N. INCLUYENDO LOS TRABAJOS DE ACONDICIONAMIENTO Y OBTENCIÓN DE SERVICIOS.

4 375 000 m.n MAY

VI) EVALUACION ECONOMICA DEL ANTEPROYECTO.

A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL ANTEPROYECTO, HACIENDOSE NOTAR QUE LA SITUACIÓN INFLACIONARIA POR LA QUE ESTAMOS ATRAVESANDO HACE A LOS ESTUDIOS ECONÓMICOS RÁPIDAMENTE OBSOLETOS, POR LO QUE LA VERACIDAD DEL PRESENTE TRABAJO ESTARÁ DETERMINADA POR LA ESTABILIDAD QUE EN UN MOMENTO DADO PUDIERAN TENER LOS PRECIOS TANTO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS COMO DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN EN LA PRESENTE ESTIMACIÓN.

A) INVERSIÓN FIJA. (REFERENCIA 44)

EQUIPO	UNIDADES	PRECIO UNITA RIO(PESOS)	TOTAL	OBSERVACIONES
REACTOR	3	600 000	1 800 000	10 000 L. c/u
NEUTRALIZADOR	1	50 000	50 000	INOX. 316
EVAPORADOR	1	112 500	112 500	159.63 FT ²
REFRIGERADOR	1	275 000	275 000	224 TON. REF.
CRISTALIZADOR	1	345 000	345 000	15.33 M LONG.
FILTRO	1	500 000	500 000	CENTRÍFUGO.
SECADOR	1	312 500	312 500	ROTATORIO.
BOMBAS	9	50 000	450 000	100 FT.CABEZA
CALDERA	1	375 000	375 000	100 TON/DÍA.
TANQUE RECUP. DE AGUAS.	1	28 500	28 500	5 000 LITROS
TANQUE AC.FÓR MICO	1	150 000	150 000	100 000 L.



TANQUE SOSA	1	325 000	325 000	330 000 L.
TANQUE ACETAL DEHIDO	1	162 500	162 500	120 000 L.
TANQUE FORMAL DEHIDO	2	250 000	500 000	375 000 L.
TANQUE DIESEL	1	225 000	225 000	172 000 L.
PLANTA TRATA- MIENTO AGUAS.	1	2 000 000	2 000 000	
INTERCAMBIADORES	2	36 000	<u>72 000</u>	
			\$ 7 683 000	

COSTO DEL EQUIPO (REFERENCIA 18): 7 683 000 PESOS M.N.

INSTALACIÓN DE EQUIPO (REF. 18)	1 536 500	20% COSTO E- QUIPO.
TUBERÍA	" 1 536 500	"
INSTRUMENTACIÓN	" 1 920 000	25% "
AISLANTE	" 535 000	7% "
EQUIPO ELÉCTRICO	" 920 000	12%
EDIFICIO Y OFICINAS	" 2 075 000	28% "
TERRENO Y ACONDICIONAMIENTO	<u>500 000</u>	20 000 M ²
COSTO FÍSICO DE LA PLANTA :	\$ 16 706 000	
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN	<u>2 506 000</u>	15% COSTO FÍ- SICO.
COSTO DIRECTO DE LA PLANTA	19 212 000.	
GANANCIA CONTRATISTA	960 000	5% COSTO DI- RECTO.
IMPREVISTOS	<u>1 537 000</u>	8% "
INVERSIÓN FIJA :	\$ 21 709 000	

B) CAPITAL DE TRABAJO. (REFERENCIA 18).

INVENTARIO DE MATERIAS PRIMAS.

1 MES DE PRODUCCIÓN : 3 743 754.08

PRODUCTO TERMINADO (AL COSTO DE PRODUCCIÓN)

1 MES DE PRODUCCIÓN 4 195 972.83

CUENTAS POR COBRAR.

1 MES DE VENTAS 5 310 000.00

CAJA Y BANCOS.

1% SOBRE VENTAS 637 200.00

CAPITAL DE TRABAJO: \$13 886 926.91

C) COSTO DE PRODUCCIÓN.

PARA 1975 SE ESTIMA UN CONSUMO DE 1 820 Ton. EN EL MERCADO-
INTERNO Y SE INICIA LA EXPORTACIÓN CON 480 Ton.

COSTOS DIRECTOS.

1) MATERIAS PRIMAS.

LAS COTIZACIONES MOSTRADAS A CONTINUACIÓN FUERON OBTENIDAS-
DE LAS SIGUIENTES COMPAÑÍAS:

FORMALDEHIDO	INDUSTRIAS RESISTOL, S.A.
ACETALDEHIDO	PEMEX
SOSA	PENNWALT, S.A.
Ac. FÓRMICO	PROVE-QUIM, S.A.
AGUA OXIGENADA	FMC DE MÉXICO, S.A.

MATERIA PRIMA.	CONSUMO EN TON/TON PE.	CONSUMO/ 2 300 TON PE.	PRECIO/ TON.	TOTAL ANUAL.
ACETALDEHIDO 99%	0.400	920.0	4 500	4 140 000
FORMALDEHIDO 37.7%	3.257 32.57	7 491.1	3 400	25 469 740
SOSA 50%	1.091 10.91	2 509.3	1 130	2 835 509
AC. FÓRMICO 85%	0.324 3.24	745.2	16 500	12 295 800
AGUA OXIGENADA 50%	0.010 0.1	23.0	8000	184 000
				<u>44 925 049</u>

2) MANO DE OBRA DIRECTA. (ESTIMACIÓN)

(AÑO = 395 DIAS).

OBREROS POR TURNO: 9	\$/DIA : 95.00	\$/AÑO :	377 725
POR TRES TURNOS :			1 133 175

3) SUPERVISIÓN. (ESTIMACIÓN)

(AÑO=13 MESES)

PERSONAL	NO. EN 3 TURNOS	\$/MES	\$/AÑO
ALMACENISTA	1	4 500	58 500
AYUDANTE ALMACÉN	3	3 000	117 000
INGENIERO DE TURNO	3	7 000	273 000
JEFE DE LABORATORIO	1	7 000	91 000
LABORATORISTA	3	3 000	117 000
SUPERINTENDENTE	1	10 000	130 000
SECRETARIA	1	3 500	<u>45 000</u>
			831 500

4) MANTENIMIENTO. (REFERENCIA 18)

(3% SOBRE INVERSIÓN FIJA)

MANO DE OBRA:	1 MECÁNICO	58 500
(POR 3 TURNOS)	3 AYUDANTES	117 000
	1 ELECTRICISTA	58 500
	3 AYUDANTES	<u>117 000</u>
	SUBTOTAL	351 000
	MATERIALES	<u>299 000</u>
	TOTAL	650 000

5) REGALÍAS Y PATENTES (GRUPO AKZO).

3% SOBRE VENTAS 1 911 600

6) ARTÍCULOS DE PLANTA. (REFERENCIA 18).

15% SOBRE MANTENIMIENTO 97 500

7) SERVICIOS (GRUPO AKZO).

	CONSUMO/ TON DE PE.	CONSUMO/ 2 300 TON.	PRECIO	TOTAL
VAPOR	10.09 TON.	23 207 TON.	30.00	696 210
AGUA ENFRÍA MIENTO.	392.46 M ³	RECIRCULADA	-	-
AGUA DE MINE RALIZADA.	10.57 "	"	-	-
AGUA TRATA- DA.	10.10 "	"	-	-
ELECTRICIDAD	300.0 KWH	690 000 KWH	0.25	172 500
AIRE.	207.0 M ³	476 100 M ³	0.20	95 220
DIESEL	573.5 KG	1 319 050 KG	0.61	804 620
NITRÓGENO.	1.0 M ³	2 300 M ³	15.00	<u>34 500</u>

1 803 050

COSTOS INDIRECTOS.

1) EQUIPO AUXILIAR. (ESTIMACIÓN).

EQUIPO DE SEGURIDAD	60 000
ALUMBRADO Y VIGILANCIA	90 000
BÁSCULA	80 000
RELOJ	8 000
TARIMAS	25 000
MONTACARGA	150 000
EQUIPO DE LABORATORIO Y REACTIVOS	150 000
EQUIPO DE OFICINA	100 000

2) ENVASE. SACO DE PAPEL PARA 25 KG (COTIZACIÓN) *663 000*

CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
92 SACOS	\$ 2.70	248,400

3) FLETE. (ESTIMACIÓN)

CANTIDAD	CUOTA	TOTAL
2 300 Ton.	\$100/Ton.	230 000

COSTOS FIJOS.

1) DEPRECIACIÓN. (REFERENCIA 18).

	VALOR	COSTO ANUAL
EQUIPO DE PROCESO (A 10 AÑOS)	12 594 500	1 259 450
EDIFICIO (A 20 A- ÑOS)	2 075 000	<u>103 750</u>
		1 363 200

	ANUAL
COSTO DE LO PRODUCIDO :	50 351 674
FLETE	230 000
REGALÍAS	<u>1 911 600</u>
COSTO DE LO VENDIDO	52 493 274

GASTOS GENERALES.

1) DE ADMINISTRACIÓN. (ESTIMACIÓN)

(1.3% SOBRE VENTAS)

SUELDOS 682 500

OTROS GASTOS 145 860

TOTAL 828 360

2) DE VENTAS. (ESTIMACIÓN)

(0.55% SOBRE VENTAS).

SUELDOS 297 500

OTROS GASTOS 70 960

350 460

3) DE FINANCIAMIENTO. (ESTIMACIÓN)

(33% DE LA INVERSIÓN TOTAL).

PRÉSTAMO : 11 750 000

INTERÉS ANUAL : 1 645 000

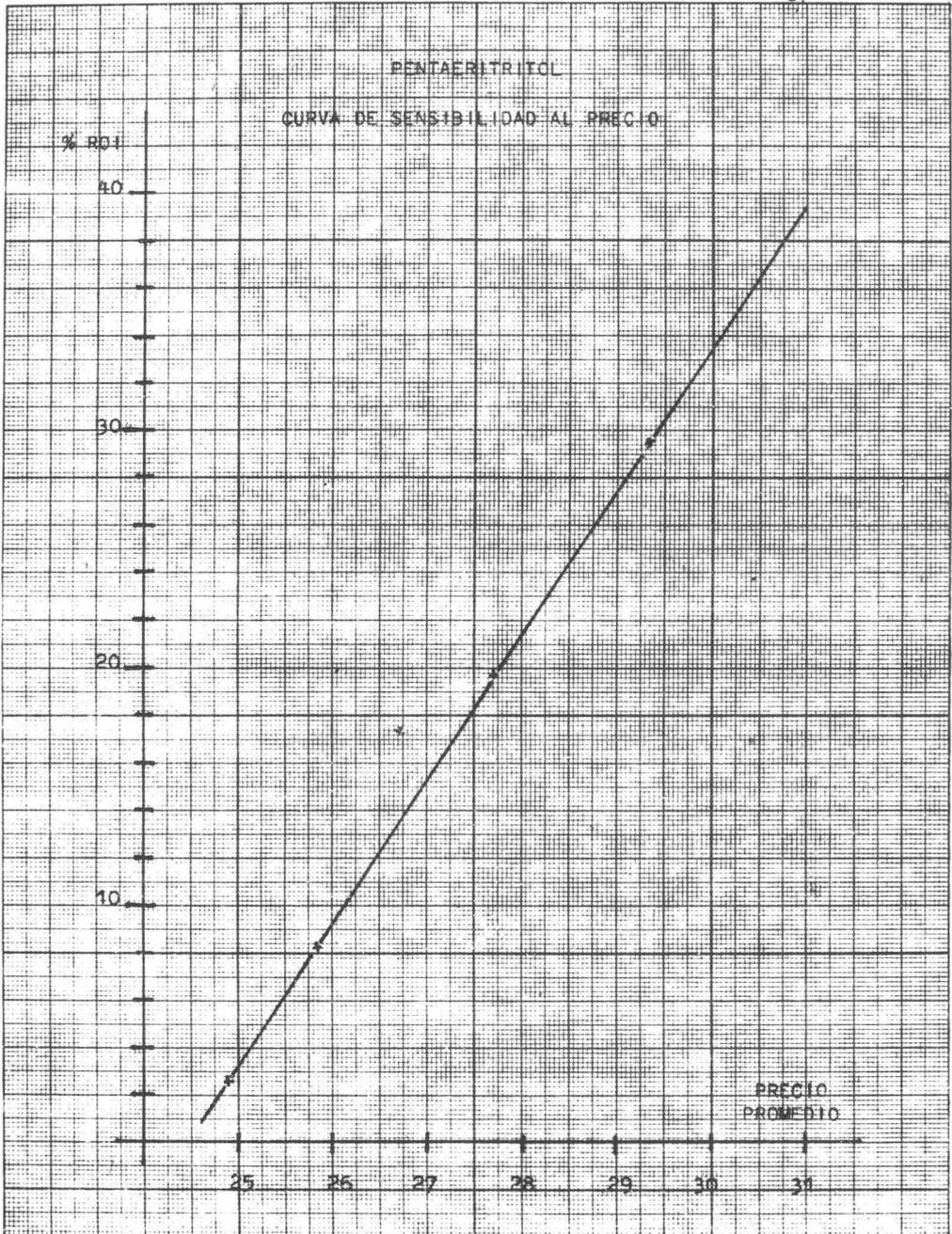
D) DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE VENTA.

EN ESTE ANTEPROYECTO LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE VENTA HA SIDO EFECTUADA EN BASE A UNA SERIE DE ESTIMACIONES PRÁCTICAS EN EL MODELO DE RESULTADOS, PARA ALGUNAS COMBINACIONES DE SUPUESTOS PRECIOS DE VENTA PARA EL MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL.

EN LA GRÁFICA ADJUNTA APARECE EN LAS ORDENADAS EL PRECIO DE VENTA PROMEDIO, APLICANDO EL PORCENTAJE CORRESPONDIENTE PARA CADA CASO, EN TANTO QUE EN LAS ABCISAS SE EVALUA EL RETORNO DE LA INVERSIÓN. DE ESTA INFORMACIÓN SE PUDO LLEGAR A LA CONCLUSIÓN DE QUE PARA UNA PRODUCCIÓN MÍNIMA DE 2 300 TON/AÑO, LOS PRECIOS MÍNIMOS DE VENTA QUE HACEN RENTABLE LA OPERACIÓN SON DE 30 PESOS/KG PARA EL MERCADO DOMÉSTICO Y DE 19 PESOS/KG PARA EL DE EXPORTACIÓN.

EL PRECIO ESTIMADO DEL PENTAERITRITOL PUESTO EN MÉXICO ES DEL ORDEN DE 18 - 20 PESOS/KG, POR LO QUE DE MOMENTO RESULTARÍA SÚMAMENTE CARO EL PRODUCTO DE FABRICACIÓN NACIONAL, AUNQUE EN ESTOS MOMENTOS TANTO LA GLICERINA COMO EL PENTAERITRITOL SE ENCUENTREN ESCASOS Y SU PRECIO DE VENTA SE HA INCREMENTADO MUY NOTORIAMENTE DEBIDO A LA INFLACIÓN, POR LO QUE NO SERÍA DIFÍCIL QUE EN POCO TIEMPO MAS SU PRECIO SE ESTABILICE MUY CERCA DEL QUE AHORA HEMOS DETERMINADO PARA EL PRODUCTO DE FABRICACIÓN NACIONAL.

ESTA SITUACIÓN DE ELEVADOS PRECIOS DE VENTA SE HA PRESENTADO YA CON ALGUNOS OTROS PRODUCTOS DE FABRICACIÓN NACIONAL Y TIENE SU ORIGEN EN EL MAS ALTO COSTO DE LA MATERIA PRIMA NACIONAL CON RESPECTO A LA DE OTROS PAISES.



AHORA QUE SI ESTAMOS PENSANDO EN PLANES DE INTEGRACIÓN DEBEMOS APOYAR ESTE TIPO DE DESARROLLO SIEMPRE Y CUANDO EL ENCARECIMIENTO DE LOS PRODUCTOS SEA JUSTIFICADO Y NO QUE SE PRETENDA UN SUCIO ACAPARAMIENTO EN CONDICIONES VENTAJOSAS.

DE LA GRÁFICA PUEDE OBSERVARSE TAMBIÉN QUE ESTE PRODUCTO - ES POCO SENSIBLE A LAS VARIACIONES DE PRECIO, ES DECIR, REQUIERE DE AUMENTOS FUERTES PARA ELEVAR LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO EN FORMA SIGNIFICATIVA.

E) MODELO DE RESULTADOS.

A CONTINUACIÓN SE TRANSCRIBEN LOS DATOS OBTENIDOS DEL MODELO DE RESULTADOS PARA LOS PRECIOS DE VENTA DE 19.00 Y 30.00 PESOS POR KILOGRAMO PARA LOS MERCADOS DE EXPORTACIÓN Y DOMÉSTICO RESPECTIVAMENTE. ESTE ANÁLISIS HA SIDO EFECTUADO PARA 3 DIFERENTES NIVELES DE PRODUCCIÓN (BAJO, MEDIO Y TOTAL) CON EL FIN DE ESTABLECER LA RELACIÓN ÓPTIMA ENTRE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN.

SE HA SELECCIONADO LA CAPACIDAD MEDIA EN 2 300 TON/AÑO DEBIDO A QUE ES EL CONSUMO ESTIMADO PARA 1975 EL CUAL ESTARÍA DISTRIBUIDO EN 1820 TON PARA EL MERCADO DOMÉSTICO Y 480 PARA EL DE EXPORTACIÓN.

PENTAERITRITOL (EN MILES DE PESOS).

CAPACIDAD	1 000 Ton.	2 300 Ton.	3 000 Ton
INVERSIÓN FIJA	15 557	21 709	21 709

GTAS. POR COBRAR	2 239	5 310	6 025
EFFECTIVO	269	637	831
INVENTARIO MAT.	1 628	3 744	4 883
INVENTARIO PROD.	<u>1 875</u>	<u>4 196</u>	<u>5 387</u>
CAPITAL DE TRAJA BAJO	6 011	13 887	18 026
INVERSIÓN TO- TAL	21 568	35 596	39 735
VENTAS INTER- NAS.	23 730	54 600	71 190
VENTAS EXPOR- TACIÓN.	<u>3 135</u>	<u>9 120</u>	<u>11 913</u>
VENTAS TOTA - LES	26 865	63 720	83 103
COSTO DE PRO- DUCCIÓN.	22 496	50 352	64 649
FLETES	100	230	300
REGALÍAS	<u>806</u>	<u>1 912</u>	<u>2 493</u>
COSTO DE LO - VENDIDO.	23 402	52 494	67 442

GASTO FINAN - CIAMIENTO.	996	1 645	1 836
GASTOS VENTAS	148	350	457
GASTOS ADMON.	<u>349</u>	<u>828</u>	<u>1 080</u>
GASTOS GENERA LES.	1 493	2 823	3 373
UTILIDAD BRU- TA.	1 970	8 403	12 288
DEPRECIACIÓN.	<u>963</u>	<u>1 363</u>	<u>1 363</u>
ROI	1 007	7 040	10 925
%ROI	4.7%	19.8%	27.5%
REPARTO UTILI DADES.	81	563	874
IMPUESTO	<u>423</u>	<u>2 957</u>	<u>4 589</u>
UTILIDAD DES- PUÉS DE IMPUES TO.	503	3 520	5 462
SUBSIDIO.	<u>345</u>	<u>1 003</u>	<u>1 310</u>
UTILIDAD LÍ - QUIDA.	848	4 523	6 772
% UTILIDAD SO BRE INVERSIÓN	3.9%	12.7%	17%

DE ACUERDO A LOS ENSAYOS PRACTICADOS EN LOS MODELOS DE -
RESULTADOS ANTERIORES, PODEMOS CONSIDERAR QUE A PARTIR DE LAS

2 300 TON. DE PRODUCCIÓN. LA OPERACIÓN OFRECE UNA RENTABILIDAD SITUADA DENTRO DE LOS NIVELES DE CONVENIENCIA PARA LOS INVERSIONISTAS PRIVADOS.

F) PUNTO DE EQUILIBRIO.

ESTA DETERMINACIÓN CONSISTE EN CALCULAR EL NÚMERO DE UNIDADES QUE SE REQUIERE VENDER, PARA QUE CON EL PRODUCTO DE ESTA VENTA SE LOGRE AL MENOS CUBRIR LOS GASTOS TOTALES DE LA PLANTA (COSTOS FIJOS MÁS COSTOS VARIABLES). LA EVALUACIÓN SE EFECTÚA PARA UNA PLANTA CON CAPACIDAD INSTALADA PARA PRODUCIR 3 000 TONELADAS ANUALES. ANEXA SE PRESENTA LA GRÁFICA CORRESPONDIENTE, TRAZADA PARA LOS SIGUIENTES PUNTOS: 1 000, 2 300 Y 3 000 TONS. DE PRODUCCIÓN.

COSTOS FIJOS:

SUELDOS SUPERVISIÓN	831 500
SALARIOS MANO DE OBRA DIRECTA	1 133 175
SALARIOS MANO DE OBRA MANTENIMIENTO	351 000
ARTÍCULOS DE PLANTA	97 500
DEPRECIACIÓN EQUIPO AUXILIAR	66 300

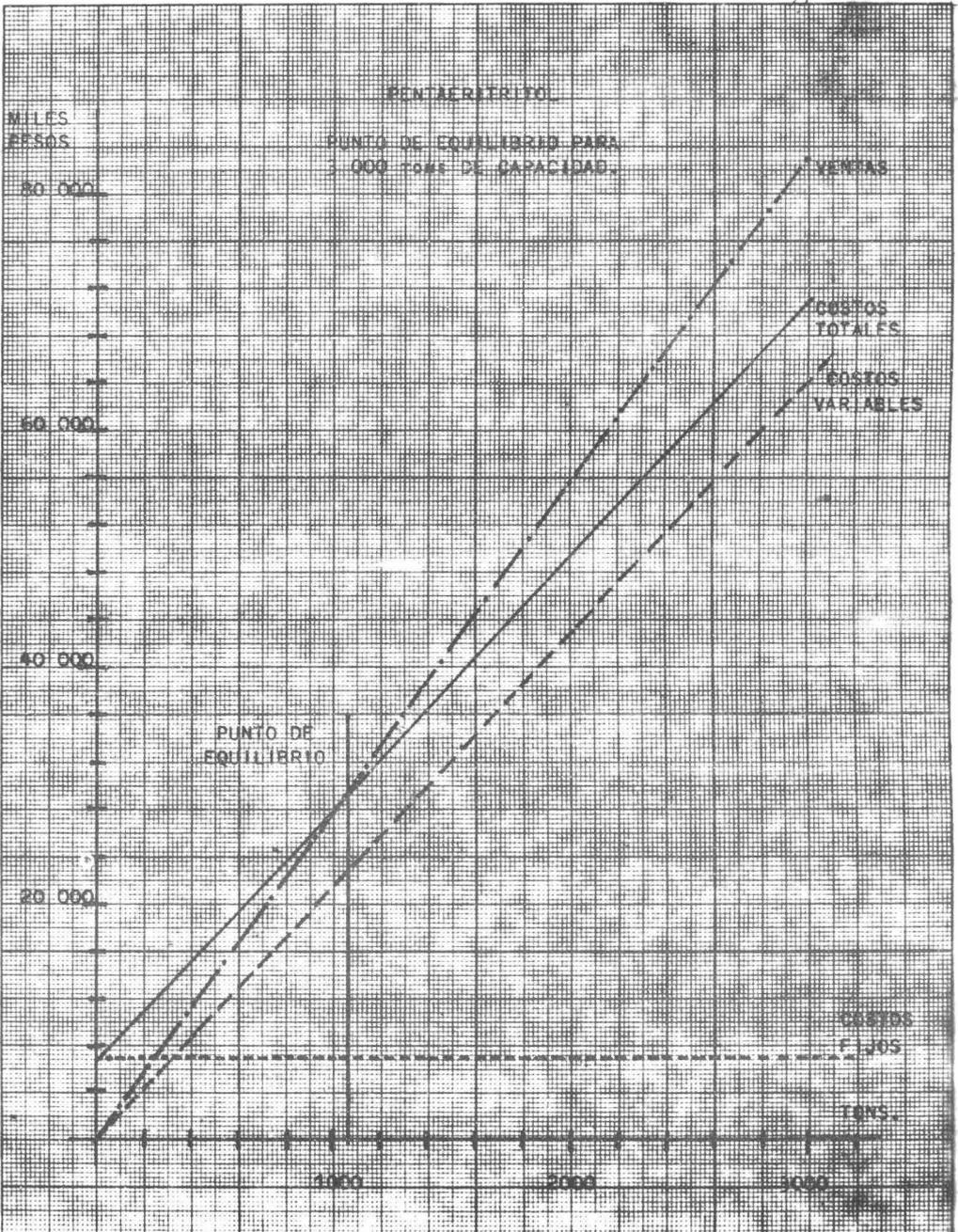
DEPRECIACIÓN EQUIPO DE PROCESO	1 363 200
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	828 360
GASTOS DE VENTAS	350 460
GASTOS DE FINANCIAMIENTO	<u>1 645 000</u>
TOTAL	\$6 666 495

COSTOS VARIABLES:

	POR 1 000TON.	POR 2 300 TON.	POR 3 000 TON
MAT. PRIMA	19 532 630	44 925 049	58 597 890
REGALÍAS	831 030	1 911 600	2 493 090
SERVICIOS	783 934	1 803 050	2 351 804
ENVASE	108 000	248 400	324 000
FLETE	<u>100 000</u>	<u>230 000</u>	<u>300 000</u>
TOTAL:	21 355 594	49 118 099	64 066 784

VENTAS:

POR 1 000 TONS.	KILOS	PESOS
DOMÉSTICO	791 000	23 730 000
EXPORTACIÓN	<u>209 000</u>	<u>3 971 000</u>
TOTAL	1 000 000	27 701 000



POR 2 300 TONS.	KILOS	PESOS
DOMÉSTICO	1 820 000	54 600 000
EXPORTACIÓN	<u>480 000</u>	<u>9 120 000</u>
TOTAL	2 300 000	63 720 000
POR 3 000 TONS.		
DOMÉSTICO	2 373 000	71 190 000
EXPORTACIÓN	<u>627 000</u>	<u>11 913 000</u>
TOTAL	3 000 000	83 103 000

DE LA GRÁFICA OBTENEMOS EL DATO DE 1 060 TONS. COMO LA -
 VENTA MÍNIMA CON LA CUAL ALCANZAMOS A CUBRIR LOS GASTOS DE U-
 NA PLANTA DE PENTAERITRITOL CUYA CAPACIDAD INSTALADA ES PARA-
 3 000 TONS. POR AÑO.

g) TIEMPO DE RECUPERACIÓN. (POT = PAY OUT TIME).

DE ACUERDO A LA PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA LOS PRÓXI-
 MOS 5 AÑOS, PODEMOS ESPERAR LOS SIGUIENTES CONSUMOS DE PENTA-
 ERITRITOL:

PRONÓSTICO DE VENTAS : (TONELADAS).

	1975	1976	1977	1978	1979
DOMÉSTICO	1 820	1 966	2 123	2 300	2 500
EXPORTACIÓN	<u>480</u>	<u>518</u>	<u>559</u>	<u>604</u>	<u>658</u>
TOTAL	2 300	2 484	2 682	2 904	3 158

DE ACUERDO A ÉSTO LA PLANTA FUNCIONARÁ A TODA SU CAPACIDAD PARA EL AÑO DE 1979.

EN BASE A ESTOS CONSUMOS SE HA HECHO UNA ESTIMACIÓN DEL ROI PARA CADA UNO DE ESTOS DATOS, OBTENIÉNDOSE LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

Año	% ROI	(rentabilidad sobre la inversión)
1975	12.7	
1976	21.9	
1977	23.5	
1978	26.9	
1979	29.2	

EN TODOS ELLOS SE HA ESTIMADO UN FACTOR POR LOS AUMENTOS NORMALES TANTO EN EL PRECIO DE LOS MATERIALES COMO EN MANO DE

OBRA. EN BASE A ESTO PODEMOS DECIR QUE A PARTIR DE LA PRIMERA MITAD DEL AÑO 1979 LA INVERSIÓN HA SIDO RECUPERADA.

VII) CONSIDERACION FINAL.

A) RESUMEN.

LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO ATRAVIESA EN ESTOS MOMENTOS POR UNA SITUACIÓN INFLACIONARIA MOTIVADA POR EL ENCARECIMIENTO Y ESPECULACIÓN CON LOS PRODUCTOS QUÍMICOS BÁSICOS. LA EXPLOTACIÓN DE NUESTROS RECURSOS, EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA EXPORTACIÓN DE PRODUCTOS NACIONALES SON ALGUNAS FORMAS DE CONTRARRESTAR ESTA CRISIS.

LA INTEGRACIÓN DE NUESTRA INDUSTRIA ES UNA MEDIDA QUE NOS CONDUZCA A LA AUTOSUFICIENCIA Y NOS MANTENDRÁ AJENOS A LOS PROBLEMAS ECONÓMICOS DE OTROS PAISES.

LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS PLANTAS QUÍMICAS EN MÉXICO DEBE PLANEARSE PARA CUBRIR LA DEMANDA NACIONAL POR LO MENOS DURANTE 5 AÑOS MIENTRAS QUE SE PROYECTA LA INSTALACIÓN DE PLANTAS AUXILIARES QUE CUBRAN EL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA Y EN ESA FORMA SE GARANTICE EL ABASTECIMIENTO EN EL FUTURO.

EL PENTAERITRITOL ES UN POLIALCOHOL QUE ACTUALMENTE CUENTA CON UN MERCADO DE VOLUMEN, DEBIDO A QUE ES MATERIA PRIMA DE SUMA IMPORTANCIA EN LA FABRICACIÓN DE ESMALTES Y BARNICES DE ALTA CALIDAD. INTERVIENE EN LA FORMULACIÓN DE ALGUNAS RESINA POLIESTER Y EN LA FABRICACIÓN DE ÉSTERES DE MUY VARIADA

APLICACIÓN.

EL PENTAERITRITOL FUE DESCUBIERTO POR TOLLENS EN 1882 Y - HASTA 1938 LLEGÓ A SER UN PRODUCTO DE INTERÉS COMERCIAL. FUN - CIONA DE UNA MANERA SIMILAR A LOS MONOALCOHOLES; LAS PRINCIPA - REACCIONES QUE PRESENTA SON LA OXIDACIÓN, LA REDUCCIÓN, LA NI - TRACIÓN, LA AMINACIÓN, LA HALOGENACIÓN, LA ACETILACIÓN, LA ETE - RIFICACIÓN Y LA ESTERIFICACIÓN. ES UN PRODUCTO NO TÓXICO Y DE GRAN APLICACIÓN EN EL CAMPO DE LOS RECUBRIMIENTOS, LOS EXPLOSI - VOS, LOS PLÁSTICOS, Y ES ÚTIL EN LA MEDICINA EN EL CASO PARTI - CULAR DEL TRATAMIENTO DE LA ANGINA DE PECHO.

LA OBTENCIÓN DEL PENTAERITRITOL CONSISTE EN HACER REACCIO - NAR ACETALDEHIDO CON FORMALDEHIDO EN MEDIO BÁSICO. EXISTEN 2 - TIPOS DE PROCESO, EL DE LA SOSA Y EL DE LA CAL. EL PRIMERO DE ELLOS PERMITE INTERVALOS DE OPERACIÓN AMPLIOS SIN QUE SE AFEC - TE LA CALIDAD DEL PRODUCTO, EN TANTO QUE EL SEGUNDO OFRECE PRO - DUCTOS FINALES DE GRAN PUREZA BAJO CONDICIONES MUY ESTRIC - TAS EN EL PROCESO.

EL MÉTODO DE CONTROL PARA EL PENTAERITRITOL QUE HA RESUL - TADO RECOMENDABLE ES EL DEL BENZAL, ESTE MÉTODO ESTÁ BASADO EN LA FORMACIÓN DE LA DIBENCILIDINA ACETAL DEL PENTAERITRITOL Y O - FRECE RESULTADOS MUY PRECISOS.

COMERCIALMENTE EXISTEN 2 CALIDADES DE PENTAERITRITOL, EL GRADO TÉCNICO Y EL PURIFICADO. EL PRIMERO VIENE ACOMPAÑADO DE 2 TIPOS DE SUBPRODUCTO (EL DI- Y TRIPENTAERITRITOL) QUE SE FOR - MAN DEBIDO A REACCIONES LATERALES DE ETIRIFICACIÓN, EN TANTO - QUE EL SEGUNDO TIPO ES UNA PURIFICACIÓN DEL PRODUCTO GRADO TÉC

NICO Y BAJO ESTAS CONDICIONES ES MAS SUCEPTIBLE DE NITRAR, RAZÓN POR LA CUAL ESTA PRODUCCIÓN SE DESTINA A LA FABRICACIÓN DE EXPLOSIVOS.

DURANTE LOS ÚLTIMOS AÑOS, EL PENTAERITRITOL HA VENIDO DESPLAZANDO A LA GLICERINA, PARTICULARMENTE EN MÉXICO A PARTIR DE 1965 SE HAN EMPEZADO A INTRODUCIR FUERTES CANTIDADES DE ESTE POLIALCOHOL A NUESTRO PAIS. CHILE HA SIDO HASTA LA FECHA NUESTRA PRINCIPAL FUENTE DE ABASTECIMIENTO DEBIDO A QUE ES UN PRODUCTO QUE SE ENCUENTRA NEGOCIADO EN ALALC, PERO DADO QUE AQUEL PAIS ATRAVIESA POR UNA CRISIS POLÍTICA, LA CANTIDAD DE PENTAERITRITOL CADÁ VEZ HA SIDO MENOR Y LOS ENVIOS MAS ESPACIADOS.

SE ESTIMA QUE EL CONSUMO ACTUAL DEL PENTAERITRITOL ES DEL ORDEN DE LAS 2 000 TON/AÑO, POR LO QUE SE SUGIERE LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA CON CAPACIDAD DE 3 000 TON/AÑO QUE PERMITIRÍA EXPORTAR PARTE DE LA PRODUCCIÓN, MÁXIME QUE SE TRATA DE UN PRODUCTO SÚMAMENTE ESCASO EN ESTOS MOMENTOS. EXISTEN VARIAS TECNOLOGIAS DISPONIBLES EN EL MUNDO.

EL PRECIO INTERNACIONAL DEL PENTAERITRITOL EN ESTOS MOMENTOS SE ESTIMA ENTRE 15-17 PESOS/KG FOB PUERTO PAIS VENDEDOR Y PARA ESTE ANTEPROYECTO SE HA DETERMINADO UN PRECIO DE VENTA DE 30 PESOS/KG PARA EL MERCADO INTERNO Y 19 PESOS/KG PARA EL DE EXPORTACIÓN, DONDE LA TENDENCIA DE PRECIOS SIGUE UNA LINEA ASCENDENTE.

BAJO ESTAS CONDICIONES SE HA ESTIMADO UNA INVERSIÓN TOTAL DE 35 596 000 PESOS PARA UNA PLANTA DE 3 000 TON/AÑO DE CAPACIDAD INSTALADA Y QUE ARRANCARÍA EN 1975 CON VENTAS PROYECTADAS POR UN TOTAL DE 2 300 TON/AÑO. LA RENTABILIDAD DURANTE EL PRI-

MER AÑO SERÍA DE 12.7% Y LA RECUPERACIÓN DEL CAPITAL SE ESTIMA EN 4.5 AÑOS APROXIMÁDAMENTE. PARA ESTE CASO EL PUNTO DE EQUILIBRIO SE HA CALCULADO EN 1 060 TON/AÑO.

B) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

COMO PROYECTO INDEPENDIENTE EL PRESENTE ESTUDIO ECONÓMICO DEFINITIVAMENTE NO JUSTIFICA LA INVERSIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE PENTAERITRITOL EN MÉXICO, PARA LA CAPACIDAD DE 3 000 TON/AÑO QUE SE HA SUGERIDO EMPLEAR. LA RAZÓN PRINCIPAL ESTriba EN QUE PARA QUE DICHO PROYECTO SEA RENTABLE SE REQUIERE VENDER EL POLIALCOHOL A 30 PESOS/KG PARA EL MERCADO INTERNO Y A 19 PESOS/KG PARA EL CASO DE EXPORTACIÓN. EL PRIMER CASO REPRESENTARÍA VENDER EL PRODUCTO UN 100% ARRIBA DEL PRECIO INTERNACIONAL, EN TANTO QUE EN EL SEGUNDO CASO SE TRATARÍA DE UN 25% ARRIBA DE SU PRECIO ACTUAL, LO QUE AUTOMÁTICAMENTE NOS COLOCA FUERA DE COMPETENCIA. QUIZÁ ESTA FORMA DE OPERACIÓN SEA ÚTIL DENTRO DE ALGUNOS AÑOS, CUANDO LA DEMANDA SEA SUPERIOR Y EL AUMENTO EN LA PRODUCCIÓN PERMITA DILUIR MAS LOS GASTOS, EN ESA FORMA EL PRECIO DE VENTA PODRÍA SER MENOR DEL QUE AHORA HEMOS CALCULADO.

COMO PROYECTO ADJUNTO SE HA HECHO UNA RECONSIDERACIÓN DEL ESTUDIO DEBIDO A QUE ESTO PERMITE DISMINUIR LA INVERSIÓN INICIAL Y SE LOGRAN OPTIMIZAR ALGUNOS GASTOS EN CIERTOS RENGLONES TALES COMO SUPERVISIÓN, MANTENIMIENTO, SERVICIOS COMUNES, EQUIPO AUXILIAR, ETC. SE LLEGÓ A LA CIFRA DE 12 330 000 PESOS POR

CONCEPTO DE INVERSIÓN FIJA Y DE 25 730 000 PESOS DE INVERSIÓN TOTAL, ESTABLECIÉNDOSE PRECIOS DE VENTA DE 28 PESOS/KG Y 17 PESOS/KG PARA LOS MERCADOS INTERNO Y DE EXPORTACIÓN RESPECTIVAMENTE. BAJO ESTAS CONDICIONES, PARA EL PRIMER AÑO DE OPERACIÓN LA RENTABILIDAD DEL ANTEPROYECTO SERÍA DEL 12%. COMO PUEDE OBSERVARSE, AÚN CUANDO SE HA LOGRADO OPTIMIZAR GASTOS EN ALGUNOS RENGLONES, LOS PRECIOS DE VENTA SIGUEN SIENDO ALTOS DEBIDO A QUE SE TRATA DE UN PROYECTO POCO SENSIBLE AL PRECIO.

EL ÉXITO DE ESTE SEGUNDO PLANTEAMIENTO ESTARÍA DETERMINADO POR LA ACEPTACIÓN QUE EN UN MOMENTO DADO PUDIERA TENER EL PENTAERITRITOL DE FABRICACIÓN NACIONAL DENTRO DE LOS MERCADOS INTERNACIONALES, BAJO LAS CONDICIONES DE PRECIO Y CALIDAD QUE SE HAN MENCIONADO. CON ESTO SE PRETENDE INDICAR QUE SI EL PRODUCTO LLEGARA A SER DE INTERÉS, LO CUAL NO ES MUY AVENTURADO PENSAR DADA LA ESCASEZ POR LA QUE ESTAMOS ATRAVESANDO, A PARTIR DEL PRIMER AÑO LA PLANTA PODRÍA OPERAR A TODO SU CAPACIDAD Y AÚN ASÍ LA PRODUCCIÓN SERÍA INSUFICIENTE. ESTE MAYOR VOLUMEN PERMITIRÍA UNA MAYOR FLEXIBILIDAD EN EL PRECIO DE VENTA.

POR OTRA PARTE EL APOYO DE LAS AUTORIDADES GUBERNAMENTALES HACIA ESTE TIPO DE PROYECTOS JUEGA UN PAPEL MUY IMPORTANTE EN LO CONCERNIENTE A CIERRE DE FRONTERA Y PERMISOS DE OPERACIÓN BAJO CONDICIONES MUY INFERIORES A LAS DEL MERCADO INTERNACIONAL.

PARA PODER CONTESTAR ESTOS 2 ÚLTIMOS PUNTOS, SE REQUIERE DE UN ESTUDIO DE TAL PROFUNDIDAD QUE PERMITA FORMARNOS UN JUICIO DEL MERCADO YA CON CIFRAS MUY CERCANAS A LA REALIDAD, ESTO ES TEMA DE OTRO NUEVO TRABAJO Y SALE DE LOS ALCANCES DEL PRESENTE ESTUDIO.

EN CONCLUSIÓN, SE SUGIERE LA REVISIÓN DE ESTE ANTEPROYECTO CONSIDERADO COMO PARTE INTEGRAL DE ALGUNA INDUSTRIA YA EXISTENTE Y QUE CUENTE CON PARTE DE LOS ELEMENTOS REQUERIDOS PARA ESTA NUEVA INSTALACIÓN. POR OTRA PARTE SE RECOMIENDA LA REALIZACIÓN DE UN ESTUDIO DE MERCADO MUY PROFUNDO Y A NIVEL INTERNACIONAL PARA EL PENTAERITRITOL, ORIENTANDOLO DE TAL FORMA QUE PUEDA DARSE RESOLUCIÓN A LAS INTERROGANTES PLANTEADAS CON ANterioridad.

POR ÚLTIMO, DADO QUE SE ESTÁ PASANDO POR UNA SITUACIÓN INFLACIONARIA Y QUE EL PRESENTE ESTUDIO ECONÓMICO, COMO CUALQUIER OTRO, ESTÁ CONDENADO A SER RÁPIDAMENTE OBSOLETO, SE SUGIERE QUE CUALQUIER VARIACIÓN EN EL PRECIO TANTO DE LAS MATERIAS COMO DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN EN ESTA EVALUACIÓN, SEA REPERCUTIDA EN EL COSTO DEL PRODUCTO FINAL CON EL FIN DE NO PERDER LA RENTABILIDAD ESTIMADA.

VIII) BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ACTINOL TALLOIL PRODUCTS (BOLETÍN TECNICO).
ARIZONA CHEMICAL CO.
- 2.- AGENDA DEL QUÍMICO.
BLAS L.
EDICIONES AGUILAR, TERCERA EDICIÓN. (1963).
- 3.- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.
CONNER R. & ADKINS.
VOL 54, 4678-90. (1932).
- 4.- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.
FARTHING A.
AÑO 1955, 3648-54.
- 5.- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY JOURNAL.
LEW B. ,
VOL. 68, 1449. (1946).
- 6.- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY JOURNAL.
URRY W. & EISZNER.
VOL. 73, 297. (1951).
- 7.- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY.
WESTRUM R.
MARZO DE 1954, 26-30.
- 8.- AMERICAN MEDICIAN ASOCIATION JOURNAL.
HALL A.
VOL 125, 189. (1944).
- 9.- AMERICAN PAINT JOURNAL.
HEMPEL A. VOL. 38, 72-80.(1954).

- 10.- ANGEW CHEMICAL.
SCHULTZ & WAGNER.
VOL 62, 105-18. (1950).
- 11.- ANGIOLOGY.
PERLMAN A.
VOL. 3 16-19. (1952).
- 12.- ANNUAL INSTITUTE HORMES REPORT.
CHIPAULT J.R. MINNESOTA UNIVERSITY.
AÑO 1951-1952, 15-18.
- 13.- ANNUARY OF CHEMICAL.
TOLLENS & WIGAND.
VOL. 265, (1891).
- 14.- ANUARIO DE COMERCIO EXTERIOR DE CHILE.
EDICIONES PERIÓDICAS DEL "INFORMATIVO".
CÁMARA DE COMERCIO DE SANTIAGO DE CHILE. (1969).
- 15.- ANUARIO DE FARMACIA, FRANCIA.
CHARONNAT R. & LECHAT.
VOL. 10, 246-252.
- 16.- ANUARIO GENERAL DE IMPORTACIONES.
SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO.
AÑOS: 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973 Y 1974.
- 17.- BULLETIN SOCITIE CHIMIE.
BARBIERE J.
VOL 5, 1565-7. (1938).
- 18.- CHEMICAL ENGINEERING COST ESTIMATION.
ARIES R. & NEWTON R.
MC GRAW HILL CO. INC. , NEW YORK. (1955).

- 19.- CHEMICAL ENGINEERING HAND BOOK.
PERRY J.L.(STAFF OF SPECIALIST).
MC. GRAW HILL BOOK Co, INC. SEGUNDA EDICIÓN. (1941).
- 20.- CHEMICAL LISTY.
MLEZINA J.
VOL. 50, 164-6. (1956).
- 21.- CHEMICAL INDUSTRIES.
COOLEY R.A.
VOL. 59, 645-9. (1946).
- 22.- CHEMICAL MARKETING REPORT.
VOL. 201, MARZO DE 1972. N° 13.
- 23.- CHEMICAL PROCESS INDUSTRIES.
SHREVE N.R.
MC GRAW HILL BOOK Co. (1965). SEGUNDA EDICIÓN.
- 24.- CHEMICAL SOCIETY BULLETIN, JAPÓN.
NITTA I.
AÑO 1926, 62-63.
- 25.- CHEMICAL SOCIETY BULLETIN, JAPÓN.
NITTA I.
VOL. 24, 63-9. (1951).
- 26.- CHEMICAL SOCIETY JOURNAL.
BRADLEY & COTSON.
AÑO 1953, 1684-8.
- 27.- CHEMICAL SOCIETY JOURNAL, JAPÓN.
KUBOTA M.
VOL. 71, 1176-87.

- 28.- CHEMICAL TECHNOLOGY.
VAN EUNSBERGEN.
VOL 7, 2. (1951).
- 29.- CHEMISCHE KRISTALLOGRAPHIE.
GROTH P.
VOL.3,385. (1940).
- 30.- CHEMISTRY OF POWDER & EXPLOSIVES.
DAVIS T.L.
VOL 2,278-9. JOHN WILEY, 1943.
- 31.- CHIMIE ET INDUSTRIE.
DESVERGNES L.
VOL 29,1263-77. (1933).
- 32.- COMPT. RENDIMIENTS.
BASSET J.
VOL. 231, 759-61. (1950).
- 33.- CONDICIONES ÓPTIMAS Y SUPERFICIES DE RESPUESTA EN LA
PRODUCCIÓN DE PENTAERITRITOL.
BUCA Y B. Y BARROETA P.
SEGUNDA CONVENCION NACIONAL DEL IMIQ.
- 34.- DESARROLLO Y PERSPECTIVAS DEL SECTOR SECUNDARIO DE LA
INDUSTRIA PETROQUÍMICA.
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO,(1973).
- 35.- GUIA DE LA INDUSTRIA QUÍMICA Y MANUFACTURAS.
EDITORIAL COSMOS. (1974)
- 36.- HEYDEN NEWPORT CHEMICAL CORP.
GARFIELD,N.J. (NO PUBLICADO).
- 37.- COMERCIAL WAXES.
CHEMICAL PUBLISHING Co. (1944).

- 38.- IBID.
MEDARD L. & THOMAS.
VOL. 36, 97-127. (1954).
- 39.- IBID.
RAVEP & TOLLENS.
VOL. 276. (1894).
- 40.- INDUSTRIAL CHEMICAL.
BURRELL H.
VOL. 37, 86-9. (1945).
- 41.- INDUSTRIAL CHEMICALS.
FAITH W.L., KEYES D.B., CLARK R.L.
JOHN WILEY & SONS, TERCERA EDICIÓN. (1965).
- 42.- INDUSTRIAL CHEMICAL ENGINEERING.
VOL. 47. SEPTIEMBRE DE 1955.
- 43.- MIXED CATALIST IN THE PRODUCTION OF PENTAERITRITOL.
VALENTINE & PETERS.
CHEMICAL ENGINEERING PROGRESS, JUNIO DE 1957
- 44.- MODERN COST ENGINEERING TECHNIC.
HERBERT, POPPER.
MC. GRAW HILL BOOK Co. INC. PRIMERA EDICIÓN. (1970).
- 45.- NORSK FARMA SELSKAP.
HALSE M.
VOL. 16, 166-9. (1954).
- 46.- OFICIAL DIGEST FEDERATION PAINT & VARNISH.
LUNDENBERG W.O.
VOL. 297, 648-98. (1949).
- 47.- OIL & SOAP.
BURRELL H.

Vol. 21. (1944).

- 48.- OIL, PAINT & DRUG, CHEMICAL DIRECTOR BUYERS & CHEMICAL
MARKETING. REPORTER 1973-1974.
- 49.- ORGANIC CHEMISTRY.
MORRISON & BOYD.
GRIJALVO. PRIMERA EDICIÓN. (1962).
- 50.- PATENTE ALEMANA 81664.
REINISCH-WESTFALISCHE A.G. (1894).
- 51.- PATENTE USA 2357078.
ATLAS POWDER Co. (1944).
- 52.- PATENTE USA 2680108.
ALLIED CHEMICAL. BAKER T.C. (1954).
- 53.- PATENTE USA 2643555.
BARTH R.H. (1948).
- 54.- PATENTE USA 2583084.
UNION CARBIDE & CARBON Co. BURT S.L.
- 55.- PATENTE USA 2611756.
CAMBRIDGE IND. Co. POCKEL I. (1952).
- 56.- PATENTE USA 2077371.
DEVOE. REINECK.
- 57.- PATENTE USA 2643078.
STANDARD OIL Co. (1944).
- 58.- PATENTE FRANCIA 852136.
MINISTRE DEFENSE NATIONALE. (1940).
- 59.- PATENTE FRANCIA
I.G. FABER INDUSTRIE.
- 60.- PATENTE INGLESA 604490.
ICI LTD. MC LEAN & MARRIAN. (1948).

- 61.- PATENTE SUIZA 176918.
LONZA ELEKTRIZITATS WERKA. (1935).
- 62.- PENTAERITRITOLS PRODUCTION YIELDS.
PETERS & QUINN.
- 63.- PENTAERITRITOLS.
BERLOW, BRTH & A. SNOW.
AMERICAN CHEMISTRY SOCIETY, N^o 136. REINHOLD PUBLISHING.(1958)
- 64.- PROCESOS DE TRANFERENCIA DE CALOR.
KERN D.Q. EDITORIAL CONTINENTAL. (1965).
- 65.- PROCESS ACADEMY SCITIFIC.
GOVAERT 'F. AMSTERDAM.VOL.37, 156-62. (1934).
- 66.- RECOPILE TRV. CHIMIE.
BACKER & KEUNNING. VOL. 53, 812-5. (1934).
- 67.- RECOPILE TAV. CHIMIE.
BOESEKEN J. VOL. 40, 553-67. (1921).
- 68.- RESEARCH.
WHETSTONES.
VOL 2 194-5. (1944).
- 69.- SUENSK KEMITRE TIDS.
ENGLUND B.
VOL. 40, 278-85. (1928).
- 70.- U.S. BURNES MINES.
HARTMAN I. & NAGY J.
VOL 38. (1944).
- 71.- U.S. EXPORTS, CEDULE B COMMOPITY BY COUNTRY DOMESTIC MER-
CHANDISE.(1973).
U.S. DEPARTMENT OF COMERCE, SOCIAL & ECONOMICS STATICS.