



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EVALUACION ECONOMICA PARA EL  
ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTA  
PRODUCTORA DE ACIDO ASCORBICO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
MIGUEL ANGEL MORENO GOMEZ

FECHA DE ENTREGA



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

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

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

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

## INDICE

I. ANTECEDENTES.....	1
II. OBJETIVO Y ALCANCES.....	2
III. ESTUDIO DE MERCADO.....	3
3.1 DEFINICION DEL PRODUCTO.....	3
3.2 ANALISIS DE LA DEMANDA.....	4
3.3 ANALISIS DE PRECIOS.....	20
IV. ESTUDIO TECNICO.....	25
4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO.....	25
4.2 MATERIAS PRIMAS, SUBPRODUCTOS Y PRODUCTOS.....	29
4.3 DIAGRAMA DE FLUJO.....	30
4.4 BALANCE DE MATERIALES.....	37
4.5 LISTA DE EQUIPOS DE PROCESO.....	40
V. ESTUDIO ECONOMICO.....	42
5.1 ESTIMACION DEL COSTO DE LA INVERSION.....	42
5.2 ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCTO TERMINADO Y DEL CAPITAL DE TRABAJO.....	44
5.3 ESTADO DE RESULTADOS.....	47
5.4 EVALUACION DEL PROYECTO.....	54
5.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD.....	61
5.6 CONCLUSIONES.....	63
ANEXOS.....	66
A. TECNICAS ESTADISTICAS PARA LA ESTIMACION DE PRONOSTICOS.....	66
B. FUNCION DE PROBABILIDAD TRIANGULAR.....	71
BIBLIOGRAFIA.....	73

### I. ANTECEDENTES

El ácido ascórbico es importante en la industria alimentaria como aditivo y preservativo; tiene aplicaciones menores en agricultura, fotografía y farmacia, pero su principal y más importante aplicación es como Vitamina C.

Actualmente en México el consumo de este producto es del orden de cientos de toneladas, y no hay producción nacional ni transnacional. Hoy en día todo el ácido ascórbico que se consume en México es importado de Estados Unidos, Japón y los países europeos. Este hecho motiva el presente trabajo que consiste en la evaluación técnico económica de una planta productora de ácido ascórbico.

El trabajo se ha distribuido en tres secciones principales :

Primera parte : El análisis de mercado, para la estimación de la demanda y del precio.

Segunda parte : El estudio técnico, donde se describe el proceso, se especifican las materias primas y productos, se elabora el balance de materiales, y se especifican los equipos de proceso principales.

Tercera parte : El estudio económico, es la evaluación de la rentabilidad del proyecto.

En este trabajo se tiene especial interés por la aplicación de procedimientos estadísticos que permitan medir la incertidumbre que se maneja siempre en la evaluación de un proyecto, y cómo aprovechar esta información para la toma de decisiones.

## II. OBJETIVO Y ALCANCES

Este estudio es el anteproyecto para la construcción y operación de una planta productora de ácido ascórbico. El objetivo del estudio es la evaluación de la rentabilidad de este proyecto.

Los alcances del estudio son los siguientes :

1. Proyección de la demanda y del precio del producto durante los siguientes 13 años (1 año para la elaboración del trabajo, 2 años para su instalación, y los siguientes 10 para la estimación de la rentabilidad).
2. Proyección y tendencias durante los siguientes 13 años de las principales empresas que consumen el producto y de los principales países importadores.
3. Descripción del proceso de fabricación, especificación de materias primas, productos y subproductos, elaboración del balance de materiales, y predimensionamiento de los equipos de proceso principales.
4. Estimación de costos de inversión y producción.
5. Evaluar la rentabilidad del proyecto mediante el método de la tasa interna de rendimiento (TIR) y efectuar el análisis de riesgo.
6. Análisis de sensibilidad de la TIR.

### III. ESTUDIO DE MERCADO

#### 3.1 DEFINICION DEL PRODUCTO

Cristales monoclínicos blancos (en agujas o en platos), inoloros.

Especificaciones del producto :

Peso molecular : 176.13

Fórmula : C<sub>6</sub> H<sub>8</sub> O<sub>6</sub>

Densidad : 1.65 g/cm<sup>3</sup>

pH (5 mg/ml) : 3

pH (50 mg/ml) : 2

pK<sub>1</sub> : 4.17

pK<sub>2</sub> : 11.57

Potencial redox : +0.166 V a pH 4

Solubilidad en agua : 0.33 ml

Solubilidad en 95 % etanol : 0.033 ml

Solubilidad en etanol : 0.02 ml

Solubilidad en glicerol : 0.01 ml

Insoluble en éter, cloroformo, benceno, aceites y grasas

Pureza : Mayor al 99 %

Metales pesados : menor a 5 ppm

Materiales insolubles : menor al 0.01 %

Acido sulfúrico : menor al 0.1 %

Contenido de Calcio : menor al 0.05 %

Contenido de Cloro : menor al 0.001 %

Contenido de Hierro : menor al 0.001 %

Contenido de Estroncio : menor al 0.2 %

El ácido ascórbico es empacado en cantidades de 50 kg en contenedores de polietileno o tambores de fibra de vidrio. Las condicinos de almacenamiento son baja humedad y temperatura menor a los 23 C.

### 3.2 ANALISIS DE LA DEMANDA

Actualmente en México no hay producción de ácido ascórbico. Todo el volumen que se consume en el país es de importación.

Para el estudio de la demanda del producto se partió de los registros de importaciones que proporciona la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Se solicitó información de las importaciones del ácido ascórbico desde 1980.

En estos documentos viene reportado el volumen de las importaciones, el precio a que se pagó, la empresa que importó el producto, y el país que lo proporcionó. En la tabla 3.1 se presenta el volumen importado desde 1980.

Los países que exportaron ác. ascórbico a México durante la década de los 80's son numerosos (24). Muchos de estos países tienen muy poca participación y no resulta práctico analizar cada uno de ellos, por tanto se selecciona a los más representativos. En la tabla 3.2 se muestra el volumen acumulado desde 1980 y clasificado por países; para seleccionar a los países representativos se considera a todo aquel que tuviera una participación mayor al 5 %. De los 24 países se seleccionó a 5 de ellos (representan el 94 % del volumen total). En la tabla 3.2 se muestra cuales son los países representativos. Los demás países se agrupan en una categoría de "VARIOS" y es considerada como otro "elemento representativo".

Las empresas que importaron ác. ascórbico durante la década de los 80's se muestran en la tabla 3.3. También por la gran diversidad y poca participación de muchas de estas empresas, se seleccionó a las principales, siendo aquellas que tienen una participación mayor al 1 %.

De 120 empresas que importaron el producto, se eligió a 14 de ellas como las principales (constituyen el 87 % del volumen total). En la tabla 3.3 se muestra cuales son las empresas representativas. Las demás empresas se agrupan en una categoría de "VARIOS", y es considerada como otro "elemento representativo".

TABLA 3.1

VOLUMEN IMPORTADO DE ACIDO ASCORBICO  
AL PAIS DE 1980 HASTA 1988

AÑO	VOLUMEN (KG)	PRECIO PONDERADO (USD /KG)
1980	172,260	9.50
1981	150,476	10.20
1982	145,491	9.64
1983	281,200	9.66
1984	441,355	7.46
1985	143,420	9.92
1986	1,095,940	6.07
1987	1,257,468	9.98
1988	361,043	5.71
TOTAL	4,048,654	

REFERENCIA : Anuarios estadísticos de la Secretaría  
de Comercio y Fomento Industrial

TABLA 3.2

VOLUMEN ACUMULADO DE ACIDO ASCORBICO IMPORTADO AL PAIS  
DESDE 1980 HASTA 1988 Y SELECCION DE LOS PAISES REPRESENTATIVOS

P A I S	VOLUMEN ACUMULADO DECADA 1980 a 1988 (kilogramos)	PORCENTAJE	PORCENTAJES MAYORES AL 5 %
ESTADOS UNIDOS	909,343	22.5%	22.46%
R.F.A.	1,405,086	34.7%	34.71%
REINO UNIDO	54,159	1.3%	
JAPON	511,666	12.6%	12.64%
FRANCIA	16,215	0.4%	
JAMMU	1,224	0.0%	
VARIOS	2,550	0.1%	
SUIZA	312,919	7.7%	7.73%
SUECIA	7,610	0.2%	
URUGUAY	669,665	16.5%	16.54%
DINAMARCA	72,689	1.8%	
ESPAÑA	5,900	0.1%	
HOLANDA	2,261	0.1%	
RUMANIA	30	0.0%	
CANADA	963	0.0%	
PANAMA	250	0.0%	
BELGICA-LUXEMB.	42,876	1.1%	
YUGOSLAVIA	130	0.0%	
BRASIL	10	0.0%	
CHINA	3,050	0.1%	
GROENLANDIA	2,500	0.1%	
P. BAJOS	14,750	0.4%	
HONG KONG	11,500	0.3%	
ITALIA	528	0.0%	
TOTAL	4,048,654	100.0%	94.1%

TABLA 3.3

VOLUMEN ACUMULADO DE ACIDO ASCORBICO IMPORTADO AL PAIS  
DESDE 1980 HASTA 1988 Y SELECCION DE LOS EMPRESAS REPRESENTATIVOS

REFERENCIA : Anuarios estadísticos de la Secretaría  
de Comercio y Fomento Industrial

EMPRESA	VOLUMEN ACUMULADO DECADA 1980 a 1988 (kilogramos)	PORCENTAJE	PORCENTAJES MAYORES AL 1 %
1 ABBOT LAB.	56,950	1.4%	1.4%
2 A. H. ROBINS	1,000	0.0%	
3 ALCALOIDES	17,425	0.4%	
4 ARANAL	227	0.0%	
5 ARBIC	400	0.0%	
6 AURIBA	251	0.0%	
7 AUT. SABINAS	1	0.0%	
8 AVANFARM	1,000	0.0%	
9 BASF	90,339	2.2%	2.2%
10 BEBIDAS PURIF. LA PAZ	20	0.0%	
11 BIOQUÍMICA	4,424	0.1%	
12 CALIFRUIT	140	0.0%	
13 CASA ROCAS	32	0.0%	
14 CASA VELUX	50	0.0%	
15 CEN. INT. DE MEJORA	170	0.0%	
16 CENTRO INV. QUIM.	2	0.0%	
17 CEN. INV. CIE. ED. SUP.	1	0.0%	
18 CERVECERIA CUAUHTEMOC	1	0.0%	
19 CIA. UNIVERSAL IND.	12,625	0.3%	
20 CIBA GEIGY	1	0.0%	
21 CLAIROL	1,121	0.0%	
22 COCA COLA	43,050	1.1%	1.1%
23 CONTROL TEC. REP.	14	0.0%	
24 CRYOPHARMA	29,506	0.7%	
25 CYANAMID	100,250	2.5%	2.5%
26 CYOSA	1	0.0%	
27 DISTRIBUIDORA IMPA	35,921	0.9%	
28 DROMEX	800	0.0%	
29 DU PONT	3,123	0.1%	
30 ELI LILLY	13,754	0.3%	
31 EQUIPAR	1	0.0%	
32 E. R. SQUIBB SONS	33,461	0.8%	
33 EXP. IMP. OCCIDENTALES	15,640	0.4%	
34 FERMIC	7,668	0.2%	
35 FIRMENICH	1	0.0%	
36 FORMEX YBARRA	200	0.0%	
37 FRUTIBASES	8,517	0.2%	
38 FUND. ROCKEFELLER	29	0.0%	
39 FURARINA	2,000	0.0%	
40 GELCAPS EXPORT	26,024	0.6%	

EMPRESA	VOLUMEN ACUMULADO DECADA 1980 a 1988 (kilogramos)	PERCENTAJE	PERCENTAJES MAYORES AL 1 %
41 GLOBE CHEMICALS	36,300	0.9%	
42 GENERAL FOODS	231,640	5.7%	5.7%
43 GRUPO CARBEL	100	0.0%	
44 HAARMANN REIMER	2,900	0.1%	
45 HALMEX	500	0.0%	
46 HELM	330,238	8.2%	8.2%
47 HOECHST	1,359	0.0%	
48 IBAUR CHEM	276	0.0%	
49 ICH FARMACEUTICA	706	0.0%	
50 IND. PAVIMAR	1	0.0%	
51 IND. SIGMA	3	0.0%	
52 INT. FLAVORS FRAGRANC	4,292	0.1%	
53 INVEFA	33,200	0.8%	
54 ITALMEX	500	0.0%	
55 J. T. BAKER	13	0.0%	
56 JUGOS VALLE	61,400	1.5%	1.5%
57 KIR ALIMENTOS	817	0.0%	
58 LAB. ASOC. S.R.L.	2,148	0.1%	
59 LAB. AYERST	3,522	0.1%	
60 LAB. BEST	2,770	0.1%	
61 LAB. BRISTOL	308	0.0%	
62 LAB. CARNOT	12,347	0.3%	
63 LAB. ENDO	2,003	0.0%	
64 LAB. HORMONA	503	0.0%	
65 LAB. GO+IS S.R.L.	500	0.0%	
66 LAB. GROSSMAN	8,642	0.2%	
67 LAB. MESSEL	8,255	0.2%	
68 LAB. MILANO	550	0.0%	
69 LAB. SALUS	18,906	0.5%	
70 LAB. ZERBONI	55,725	1.4%	1.4%
71 LA CAMPANA	300	0.0%	
72 LECHE CONASUPO	1,530	0.0%	
73 LIMELAND LAB.	500	0.0%	
74 MARHX	1	0.0%	
75 MAZER	13,779	0.3%	
76 MEAD JOHNSON	10,115	0.2%	
77 MEGAFARMA	250	0.0%	
78 MERCK	844,838	20.9%	20.9%
79 MORIS	3,499	0.1%	
80 NOVA IMPORTACIONES	6,250	0.2%	

EMPRESA	VOLUMEN ACUMULADO DECADA 1980 a 1988 (kilogramos)	PORCENTAJE	PORCENTAJES MAYORES AL 1 %
81 NUTRIQUIM	205,284	5.1%	5.1%
82 PASTEURIZ. NOROESTE	89	0.0%	
83 PEMEX	42	0.0%	
84 PETROQUIM	10,650	0.3%	
85 PFIZER	18,314	0.5%	
86 PHARMATEX	2,436	0.1%	
87 PROCESAMAR	46	0.0%	
88 PROD. MEX. FARMACOS	30	0.0%	
89 PROD. QUIM. MONTERREY	252	0.0%	
90 PROD. QUIM. PUROS	1	0.0%	
91 PROD. VETERINARIOS MAL.	300	0.0%	
92 PRODUCTORA COSMETICOS	388	0.0%	
93 PRODUCTOS GERBER	16,964	0.4%	
94 PRODUCTOS KERMS	8,065	0.2%	
95 PRODUCTOS ROCHE	1,181,594	29.2%	29.2%
96 PRODUCTOS UVA	210	0.0%	
97 PROGELA	6,430	0.2%	
98 PROVEEDOR CIENTIFICO	1	0.0%	
99 PROV. IND. DEL BRAVO	16,600	0.4%	
100 QUIM. NOROESTE	247	0.0%	
101 QUIMORGAN	4	0.0%	
102 RAGAR	2,082	0.1%	
103 REP. INV. MEDICAS	805	0.0%	
104 RIKER	1,500	0.0%	
105 ROHM HAAS	906	0.0%	
106 SAF	8,400	0.2%	
107 SEARLE	10	0.0%	
108 SIN EMP. REGISTRADA	267,647	6.6%	6.6%
109 SYDNEY ROSS	1	0.0%	
110 T 500	6,457	0.2%	
111 TROPICANA PENINSULAR	3,100	0.1%	
112 U.A.M.	1	0.0%	
113 U. DE GUADALAJARA	27	0.0%	
114 U.N.A.M.	2	0.0%	
115 UPJOHN	68,954	1.7%	1.7%
116 VITADROG	3,640	0.1%	
117 IMP. MAN. BRULUART	5,310	0.1%	
118 PEPSI COLA	1,144	0.0%	
119 PROD. CIENTIFICOS	3,100	0.1%	
120 PROD. VETERINARIOS MAL.	300	0.0%	
<b>T O T A L E S</b>	<b>4,048,654</b>	<b>100.0%</b>	<b>87.4%</b>

Para la proyección de la demanda (volumen) se efectuaron las siguientes actividades :

#### 1. GENERAR UNA PROYECCION DEL VOLUMEN EN BASE A LOS PAISES REPRESENTATIVOS

Con cada país se reúne el volumen importado clasificado por año y se estima una proyección. Una vez generadas las proyecciones, la demanda total proyectada es equivalente a la suma de cada una de las proyecciones.

Para la estimación de los pronósticos se utilizan diferentes técnicas estadísticas para la generación de pronósticos :

- Método de Brown :Lineal, cuadrático y exponencial.
- Método de Holt.
- Línea recta - mínimos cuadrados (Análisis de tendencia).
- Función inversa - mínimos cuadrados (Curva de agotamiento).
- Curva exponencial - mínimos cuadrados.

Se prueban estas técnicas y se selecciona aquella que logre minimizar el error cuadrático medio (MSE : medium square error).

Es importante mencionar que en muchas ocasiones la curva que representa el mínimo error arroja resultados inaceptables para el pronóstico, por lo que también se toma en cuenta la tendencia de los resultados para la selección del mejor pronóstico. En el anexo A se presentan las bases para estas técnicas estadísticas.

En algunos casos, es necesario ignorar algunos datos, ya que representaba generar un pronóstico equivocado. En otras ocasiones, resulta conveniente generar datos por interpolación , cuando la información es demasiado limitada.

En la tabla 3.4 se presenta el volumen clasificado por país y por año para la ejecución de estas proyecciones. La proyecciones que se calculan son para los siguientes 5 años.

Es importante mencionar que para la estimación de las proyecciones para los siguientes 13 años se tomaron ciertas consideraciones :

- Se considera que los pronósticos generados son aceptables para los primeros 5 años.
- Para la estimación de los siguientes 8 años se calcula mediante la extrapolación de los primeros 5 años. Este pronóstico no es aceptable, pero para la ejecución del trabajo es necesario generar esta información.

## 2. GENERAR UNA PROYECCION DEL VOLUMEN EN BASE A LAS EMPRESAS REPRESENTATIVAS

Se sigue exactamente el mismo procedimiento que se describe en la actividad 1.

En la tabla 3.5 se presenta el volumen clasificado por empresa y por año para la ejecución de los pronósticos.

## 3. PROYECCION GLOBAL DEL VOLUMEN

De los resultados presentados en la tabla 3.1 se genera una proyección global en base al mismo procedimiento.

TABLAS 3.4

VOLUMEN Y PRECIO REPORTADOS  
 CLASIFICADO POR PAIS REPRESENTATIVO

PAIS 1	E.U.		
AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	275,842	26,863	10.27
1981	798,798	84,340	9.47
1982	592,485	57,457	10.31
1983	711,338	57,727	12.32
1984	698,937	68,304	10.23
1985	1,083,437	103,198	10.50
1986	1,053,849	121,426	8.68
1987	1,282,071	147,417	8.70
1988	1,166,007	242,611	4.81
SUBTOTALES	7,662,764	909,343	

PAIS 2	R.F.A.		
AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	1,303,222	144,820	9.00
1981	1,555,352	172,749	9.00
1982	1,396,671	142,370	9.81
1983	1,207,015	525,095	2.30
1984	1,409,988	142,929	9.86
1985	871,984	94,121	9.26
1986	217,805	23,612	9.22
1987	879,219	90,822	9.68
1988	788,143	68,568	11.49
SUBTOTALES	9,629,399	1,405,086	

PAIS 3	JAPON		
AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	1,038,502	120,716	8.60
1981	888,947	141,266	6.29
1982	684,183	108,704	6.29
1983	269,879	31,342	8.61
1984	55,274	5,588	9.89
1985	8,288	1,000	8.29
1986	152,852	19,180	7.97
1987	387,431	43,500	8.91
1988	405,892	40,370	10.05
SUBTOTALES	3,891,248	511,666	

## PAIS 4

## SUIZA

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	2,010	200	10.05
1983	51,464	5,400	9.53
1984	3,288	200	16.44
1985	336,097	36,183	9.29
1986	479,406	55,422	8.65
1987	804,971	80,516	10.00
1988	1,626,451	134,998	12.05
<b>SUBTOTALES</b>	<b>3,303,687</b>	<b>312,919</b>	

## PAIS 5

## URUGUAY

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	1,562,509	164,116	9.52
1981	1,394,237	155,148	8.99
1982	2,291,754	231,565	9.90
1983	220,665	21,030	10.49
1984	868,868	82,276	10.56
1985	150,694	15,530	9.70
1986	0	0	
1987	0	0	
1988	0	0	
<b>SUBTOTALES</b>	<b>6,488,727</b>	<b>669,665</b>	

## PAIS 6

## V A R I O S

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	249,024	25,776	9.66
1981	207,271	22,251	9.32
1982	166,546	18,656	8.93
1983	146,744	13,663	10.74
1984	72,274	7,231	10.00
1985	209,105	23,134	9.04
1986	82,981	9,161	9.06
1987	634,179	66,104	9.59
1988	525,086	54,000	9.72
<b>SUBTOTALES</b>	<b>2,293,210</b>	<b>239,976</b>	

TABLAS 3.5

VOLUMEN Y PRECIO REPORTADOS CLASIFICADO  
POR EMPRESAS REPRESENTATIVAS

## EMPRESA 1

ABBOT LAB.

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	0	0	
1983	0	0	
1984	0	0	
1985	126,800	16,000	7.93
1986	65,058	8,000	8.13
1987	169,277	18,500	9.15
1988	142,850	14,450	9.89
<b>SUBTOTALES</b>	<b>503,985</b>	<b>56,950</b>	

## EMPRESA 2

BASF

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	174,100	20,001	8.70
1982	384,567	36,307	10.59
1983	168,868	17,000	9.93
1984	93,987	9,026	10.41
1985	3	1	3.00
1986	0	0	
1987	27,596	3,004	9.19
1988	53,796	5,000	10.76
<b>SUBTOTALES</b>	<b>902,917</b>	<b>90,339</b>	

## EMPRESA 3

COCA COLA

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	94,274	10,000	9.43
1981	101,959	11,000	9.27
1982	0	0	
1983	0	0	
1984	0	0	
1985	0	0	
1986	194,765	22,050	8.83
1987	0	0	
1988	0	0	
<b>SUBTOTALES</b>	<b>391,008</b>	<b>43,050</b>	

## EMPRESA 4

## CYANAMID

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	11,206	986	11.37
1981	5,987	500	11.97
1982	9,560	800	11.95
1983	159,014	11,780	13.50
1984	190,529	13,952	13.66
1985	281,960	21,230	13.28
1986	136,713	10,812	12.64
1987	350,540	32,216	10.88
1988	101,763	7,974	12.76
SUBTOTALES	1,247,272	100,250	

## EMPRESA 5

## DISTRIBUIDORA IMPA

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	0	0	
1983	0	0	
1984	0	0	
1985	0	0	
1986	0	0	
1987	235,750	25,719	9.17
1988	45,265	10,202	4.44
SUBTOTALES	281,015	35,921	

## EMPRESA 6

## GENERAL FOODS

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	55,550	6,000	9.26
1981	149,181	16,400	9.10
1982	256,124	25,320	10.12
1983	216,084	21,520	10.04
1984	186,374	18,000	10.35
1985	267,361	32,500	8.23
1986	285,532	36,020	7.93
1987	341,075	36,100	9.45
1988	490,615	39,780	12.33
SUBTOTALES	2,247,896	231,640	

## EMPRESA 7

## HELM

ANO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	442,437	65,950	6.71
1981	561,777	104,500	5.38
1982	473,984	89,425	5.30
1983	164,333	19,500	8.43
1984	70,322	7,625	9.22
1985	42,386	4,688	9.04
1986	60,160	6,000	27.77
1987	166,631	16,200	10.80
1988	174,993	16,350	10.70
<b>SUBTOTALES</b>	<b>2,157,023</b>	<b>330,238</b>	

## EMPRESA 8

## INVEFA

ANO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	0	0	
1983	0	0	
1984	0	0	
1985	0	0	
1986	0	0	
1987	254,361	30,200	8.42
1988	27,893	3,000	9.30
<b>SUBTOTALES</b>	<b>282,254</b>	<b>33,200</b>	

## EMPRESA 9

## JUGOS VALLE

ANO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	0	0	
1983	115,999	11,320	10.25
1984	133,305	13,080	10.19
1985	78,913	9,000	8.77
1986	50,807	6,000	8.47
1987	119,011	12,000	9.92
1988	110,358	10,000	11.04
<b>SUBTOTALES</b>	<b>608,393</b>	<b>61,400</b>	

## EMPRESA 10

## LAB. ZERBOMI

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	0	0	
1983	48,043	5,100	9.42
1984	58,349	5,500	10.61
1985	81,633	8,143	10.02
1986	61,421	23,138	2.65
1987	167,519	13,844	12.10
1988	0	0	
<b>SUBTOTALES</b>	<b>416,965</b>	<b>55,725</b>	

## EMPRESA 11

## HERCK

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	868,081	99,569	8.72
1981	718,462	81,195	8.85
1982	729,496	77,533	9.41
1983	685,508	475,445	1.44
1984	681,215	69,872	9.75
1985	161,224	16,578	9.73
1986	43,381	4,652	9.33
1987	85,347	8,300	10.28
1988	137,216	11,694	11.73
<b>SUBTOTALES</b>	<b>4,109,930</b>	<b>844,838</b>	

## EMPRESA 12

## NUTRIQUIM

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	499,128	54,918	9.09
1981	391,293	42,866	9.13
1982	193,119	19,884	9.71
1983	138,906	12,778	10.87
1984	48,664	4,938	9.86
1985	0	0	
1986	13,014	1,500	8.68
1987	226,247	23,500	9.63
1988	460,139	44,900	10.25
<b>SUBTOTALES</b>	<b>1,970,510</b>	<b>205,284</b>	

## EMPRESA 13

## PRODUCTOS ROCHE

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	2,067,924	215,252	9.61
1981	2,601,025	285,614	9.11
1982	2,854,024	286,457	9.96
1983	337,315	32,500	10.38
1984	1,145,011	108,876	10.52
1985	184,740	17,700	10.44
1986	259,853	25,500	10.19
1987	608,045	58,691	10.36
1988	1,797,709	151,004	11.91
<b>SUBTOTALES</b>	<b>11,855,646</b>	<b>1,181,594</b>	

## EMPRESA 14

## UPJOHN

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	0	0	
1981	0	0	
1982	0	0	
1983	223,621	15,000	14.91
1984	146,381	12,708	11.52
1985	60,575	7,545	8.03
1986	58,135	7,500	7.75
1987	151,706	14,860	10.21
1988	120,868	11,341	10.66
<b>SUBTOTALES</b>	<b>761,286</b>	<b>68,954</b>	

## EMPRESA 15

## V A R I O S

AÑO	MONTO (USD)	VOLUMEN (KG)	PRECIO (USD/KG)
1980	390,499	29,616	13.19
1981	140,811	13,678	10.29
1982	232,775	23,226	10.02
1983	349,414	32,314	10.81
1984	354,492	42,951	8.25
1985	1,374,010	139,781	9.83
1986	758,054	77,628	9.77
1987	1,084,766	135,226	8.02
1988	848,114	214,850	3.95
<b>SUBTOTALES</b>	<b>5,532,935</b>	<b>709,270</b>	

## RESUMEN DE RESULTADOS

En la tabla 3.6 se muestran los resultados de las proyecciones estimadas; se incluye el error de la proyección (MSE), y qué técnica fue utilizada.

De los resultados presentados se pueden generar tres proyecciones del volumen total de producto. Estas tres proyecciones nos permiten reflejar la incertidumbre de nuestra evaluación, y para cada período proyectado se generaron los siguientes datos :

- Volumen esperado = Valor promedio de los tres datos generados para el periodo seleccionado.
- Volumen optimista = Valor máximo registrado en base a los mismos tres datos.
- Volumen pesimista = Valor mínimo registrado.

Con estos datos se modela una distribución triangular para cada período. En la tabla 3.9 se muestran las distribuciones triangulares estimadas por período, con el valor esperado (Esperanza) y la varianza. en el anexo B se presenta una introducción de la distribución triangular y las ecuaciones que se utilizan en este estudio.

Para la proyección de los últimos 8 años se efectua una extrapolación del volumen esperado, volumen optimista y volumen pesimista.

TABLA 3.6

## PROMOSTICO DE VOLUMEN : RESUMEN DE RESULTADOS

AÑO	(VOLUMEN EN TONELADAS METRICAS)					FUNCION UTILIZADA PARA PROMOSTICO	M.S.E. *
	1989	1990	1991	1992	1993		
<b>G L O B A L</b>	600	670	740	810	880	Holtz, a=0.9, b=0.4	38,398
<b>P A I S</b>	1989	1990	1991	1992	1993	FUNCION UTILIZADA PARA PROMOSTICO	M.S.E. *
E. U.	262	302	342	382	422	Brown Lineal, a=0.5	1,235
R. F. A.	100	100	100	100	95	A + exp(B/T)	20,752
JAPON	45	50	55	60	65	Holtz, a=0.9, b=0.1	2,155
SUIZA	170	210	250	290	330	Brown Lineal, a=0.7	353
URUGUAY	0	0	0	0	0	A + exp(B/T)	125,056
VARIOS	62	70	76	84	90	Brown Lineal, a=0.4	508
<b>TOTAL</b>	<b>639</b>	<b>732</b>	<b>823</b>	<b>916</b>	<b>1002</b>		
<b>E N P R E S A</b>	1989	1990	1991	1992	1993	FUNCION UTILIZADA PARA PROMOSTICO	M.S.E. *
ABBOT	16.5	17	17.5	17.5	17.5	Brown cuadrático, a=0.5	107
BASF	6.5	7	8.5	9.5	10.5	Brown Lineal, a=0.7	44
COCA COLA	2.4	1.9	1.3	0.9	0.5	A + B(T)	54
CYANAMID	16.5	17	17.5	18	18.5	Brown Lineal, a=0.4	154
GENERAL FOODS	42	44	45	46	47	Brown cuadrático, a=0.7	149
HELM	16	16	16	16	16	Brown simple, a=0.9	894
DIST. IMPA	15.5	17.5	18.5	21	22.5	Brown Lineal, a=0.6	155
INVEFA	10.6	11	11.2	11.6	11.4	Brown cuadrático, a=0.4	336
MERCK	20	20	20	20	20	A + exp(B/T)	23,499
NUTRIQUIM	56	68	82	94	106	Brown Lineal, a=0.6	251
LAB. ROCHE	175	200	230	260	290	Holtz, a=0.9, b=0.1	18,904
LAB. VALLE	11.6	12.3	13.1	14	14.6	Brown Lineal, a=0.4	32
UP JOHN	12.7	13.3	13.9	14.6	15.1	Brown Lineal, a=0.6	61
ZERBONI	6.2	5.6	5	4.3	3.8	Brown Lineal, a=0.4	95
VARIOS	240	270	310	350	380	Brown Lineal, a=0.5	2,775
<b>TOTAL</b>	<b>647.5</b>	<b>720.6</b>	<b>809.5</b>	<b>897.4</b>	<b>973.4</b>		

\* M.S.E. :Error cuadrático medio

### 3.3 ANALISIS DE PRECIOS

Para el análisis de precios se sigue un procedimiento semejante al método mostrado en el apartado 3.2 :

#### 1. GENERAR UNA PROYECCION DEL PRECIO EN BASE A LOS PAISES REPRESENTATIVOS

Con cada país se agrupa el precio ponderado y clasificado por año; posteriormente se estima una proyección. Una vez generadas las proyecciones, el precio promedio es igual al precio ponderado, que es la suma de la participación porcentual estimada por país, multiplicada por el precio estimado por país :

$$P = \sum P_i (X_i)$$

En la tabla 3.4 se muestran los precios clasificados por país y por año. En la tabla 3.7 se presenta la participación porcentual estimada por país; ésta se estima en base al volumen proyectado (información proporcionada en la tabla 3.6).

#### 2. GENERAR UNA PROYECCION DEL PRECIO EN BASE A LAS EMPRESAS REPRESENTATIVAS

Se sigue exactamente el mismo procedimiento que se describe en la actividad anterior.

En las tabla 3.5 se muestran los precios clasificados por empresa y por año. En base a la tabla 3.7 con la participación porcentual proyectada, se estima el precio ponderado.

#### 3. PROYECCION GLOBAL DEL PRECIO

De los resultados presentados en la tabla 3.1 se genera una proyección global en base al mismo procedimiento.

TABLA 3.7

## PARTICIPACION PORCENTUAL DEL VOLUMEN PRONOSTICADO

PAIS	AÑO	1989	1990	1991	1992	1993
E. U.		41%	41%	42%	42%	42%
R. F. A.		16%	14%	12%	11%	9%
JAPON		7%	7%	7%	7%	6%
SUIZA		27%	29%	30%	32%	33%
URUGUAY		0%	0%	0%	0%	0%
VARIOS		10%	10%	9%	9%	9%
TOTAL		100%	100%	100%	100%	100%

EMPRESA	1989	1990	1991	1992	1993
ABBOT	3%	2%	2%	2%	2%
BASF	1%	1%	1%	1%	1%
COCA COLA	0%	0%	0%	0%	0%
CYANAMID	3%	2%	2%	2%	2%
GENERAL FOODS	6%	6%	6%	5%	5%
HELM	2%	2%	2%	2%	2%
DIST. IMPA	2%	2%	2%	2%	2%
INVEFA	2%	2%	1%	1%	1%
MERCK	3%	3%	2%	2%	2%
NUTRIQUIM	9%	9%	10%	10%	11%
LAB. ROCHE	27%	28%	28%	29%	30%
LAB. VALLE	2%	2%	2%	2%	1%
UP JOHN	2%	2%	2%	2%	2%
ZERBONI	1%	1%	1%	0%	0%
VARIOS	37%	37%	36%	39%	39%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

## RESUMEN DE RESULTADOS

En la tabla 3.8 se muestran los resultados de las proyecciones estimadas; se incluye el error de la proyección (MSE), y qué técnica fue utilizada.

De la misma manera, de los resultados presentados se pueden generar tres proyecciones del precio. Para cada periodo proyectado se generaron los siguientes datos :

- Precio esperado = Valor promedio de los tres datos generados para el periodo seleccionado.
- Precio optimista = Valor máximo registrado en base a los mismos tres datos.
- Precio pesimista = Valor mínimo registrado.

Con estos datos se modela una distribución triangular para cada periodo. En la tabla 3.9 se muestran las distribuciones triangulares estimadas por periodo, con el valor esperado (Esperanza) y la varianza.

Para la proyección de los últimos 8 años se efectua una extrapolación del precio esperado, precio optimista y precio pesimista.

TABLA 3.8

## PRONOSTICO DE PRECIOS : RESUMEN DE RESULTADOS

AÑO	(PRECIO EN USD/KG)					FUNCION UTILIZADA PARA PRONOSTICO	M.S.E. *	
	1989	1990	1991	1992	1993			
GLOBAL	10.1	10.2	10.2	10.3	10.3	Brown cuadrático, a=0.1	5.96	
P A I S	AÑO						FUNCION UTILIZADA PARA PRONOSTICO	M.S.E. *
		1989	1990	1991	1992	1993		
E. U.	11.3	11.3	11.3	11.3	11.2	exp(A + B(T))	2.56	
R. F. A.	13.7	14.7	15.5	16.2	17.3	Brown Lineal, a=0.5	16.35	
JAPON	11.0	11.4	11.7	12.2	12.5	Brown cuadrático, a=0.2	2.38	
SUIZA	13.0	13.2	13.5	13.6	13.8	Brown Lineal, a=0.4	18.72	
URUGUAY	11.7	11.7	11.8	11.8	11.8	Brown Lineal, a=0.3	0.25	
VARIOS	11.0	11.0	11.2	11.2	11.2	Brown Lineal, a=0.4	0.76	
PONDERADO	12.1	12.3	12.5	12.6	12.7			
EMPRESA						FUNCION UTILIZADA PARA PRONOSTICO	M.S.E. *	
	1989	1990	1991	1992	1993			
ABBOT	12.1	12.9	13.7	14.4	15.2	A + B(T)	0.03	
BASF	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	Brown simple, a=0.7	4.12	
COCA COLA	9.8	9.7	9.5	9.4	9.3	A + B(T)	0.01	
CYANAMID	14.1	14.0	13.9	13.9	13.8	Brown Lineal, a=0.4	1.58	
GENERAL FOODS	11.8	12.0	12.1	12.2	12.3	Brown Lineal, a=0.2	2.62	
HELM	13.7	13.9	14.1	14.3	14.5	Brown Lineal, a=0.1	61.07	
DIST. INPA	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	Brown simple, a=0.5	22.37	
INVEFA	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	Brown simple, a=0.5	0.77	
MERCK	14.4	15.3	16.1	17.0	17.8	Brown Lineal, a=0.5	19.31	
NUTRIQUIM	11.4	11.5	11.5	11.6	11.6	Brown Lineal, a=0.2	0.48	
LAB. ROCHE	13.1	13.3	13.6	13.8	14.0	Brown Lineal, a=0.3	0.47	
LAB. VALLE	11.4	11.4	11.3	11.3	11.2	Brown cuadrático, a=0.1	1.55	
UP JOHN	11.0	10.7	10.2	9.7	9.1	Brown cuadrático, a=0.1	6.29	
ZERBONI	12.7	13.3	13.8	14.5	15.1	Brown Lineal, a=0.5	0.81	
VARIOS	9.0	8.9	8.7	8.7	8.7	A + exp(B/T)	3.16	
PONDERADO	11.1	11.2	11.2	11.3	11.4			

\* M.S.E. :Error cuadrático medio

TABLA 3.9

ESTIMACION DE LA DISTRIBUCION TRIANGULAR PARA LA  
PROYECCION DEL VOLUMEN Y DEL PRECIO

(VOLUMEN EN TONELADAS METRICAS)

AÑO	V1	V2	V3	VOLUMEN MINIMO	VOLUMEN PROM	VOLUMEN MAXIMO
1989	639	648	600	600	629	648
1990	732	721	670	670	708	732
1991	823	810	740	740	791	823
1992	916	897	810	810	874	916
1993	1,002	973	880	880	952	1,002
1994	1,093	1,055	950	950	1,033	1,093 *
1995	1,184	1,136	1,020	1,020	1,113	1,184 *
1996	1,274	1,218	1,090	1,090	1,194	1,274 *
1997	1,365	1,299	1,160	1,160	1,275	1,365 *
1998	1,456	1,381	1,230	1,230	1,356	1,456 *
1999	1,547	1,462	1,300	1,300	1,436	1,547 *
2000	1,637	1,544	1,370	1,370	1,517	1,637 *
2001	1,728	1,625	1,440	1,440	1,598	1,728 *

\* DATOS GENERADOS POR EXTRAPOLACION LINEAL

(PRECIO EN USD/KG)

AÑO	P1	P2	P3	PRECIO MINIMO	PRECIO PROM	PRECIO MAXIMO
1989	10.1	12.1	11.1	11.1	11.6	12.1
1990	10.2	12.3	11.2	11.2	11.7	12.3
1991	10.2	12.5	11.2	11.2	11.8	12.5
1992	10.3	12.6	11.3	11.3	11.9	12.6
1993	10.3	12.7	11.4	11.4	12.1	12.7
1994	10.4	12.9	11.5	11.5	12.2	12.9 *
1995	10.4	13.1	11.5	11.5	12.3	13.1 *
1996	10.5	13.2	11.6	11.6	12.4	13.2 *
1997	10.5	13.4	11.7	11.7	12.5	13.4 *
1998	10.6	13.5	11.7	11.7	12.6	13.5 *
1999	10.7	13.7	11.8	11.8	12.7	13.7 *
2000	10.7	13.8	11.9	11.9	12.8	13.8 *
2001	10.8	14.0	11.9	11.9	13.0	14.0 *

\* DATOS GENERADOS POR EXTRAPOLACION LINEAL

#### IV. ESTUDIO TECNICO

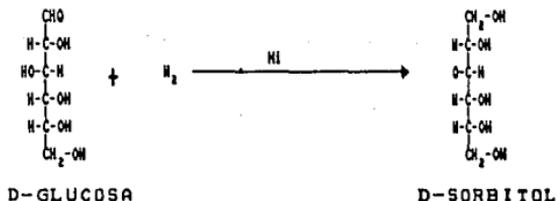
##### 4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso se puede dividir en 5 etapas :

1. Hidrogenación de glucosa y obtención de D-sorbitol
2. Fermentación de D-sorbitol y obtención de L-sorbosa
3. Adición de acetona a L-sorbosa y obtención de Bis-isopropilideno-alfa-L-sorbofuranosa
4. Oxidación de Bis-isopropilideno-alfa-L-sorbofuranosa y obtención de Bis-isopropilideno-2-oxo-L-ácido gulónico
5. Hidrólisis de Bis-isopropilideno-2-oxo-L-ácido gulónico y obtención de ácido ascórbico

##### 1. HIDROGENACION CATALITICA DE GLUCOSA Y OBTENCION DE D-SORBITOL

La hidrogenación catalítica de la D-glucosa se lleva a cabo a altas temperaturas y alta presión. Se inyecta Hidrógeno a presión en presencia de Niquel como catalizador. La reacción es la siguiente :

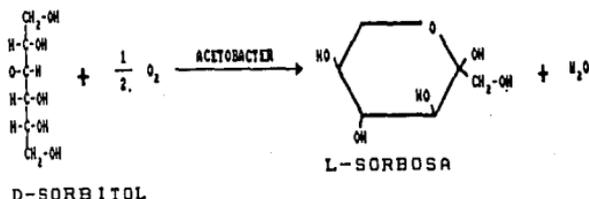


La eficiencia de la reacción es mayor al 97 %.

Para la obtención de la D-glucosa se puede utilizar materias primas tales como el jarabe de maíz y el almidón hidrolizado, los cuales tienen un alto contenido en glucosa (del orden del 50 % en peso).

## 2. FERMENTACION DE D-SORBITOL Y OBTENCION DE L-SORBOSA

La solución con D-sorbitol (concentración 20 % en peso) se somete a un proceso de oxidación microbiológica. Para llevar a cabo la reacción es necesario inyectar aire estéril y preparar un cultivo de Acetobacter Suboxidans. La reacción se presenta a continuación :



La eficiencia de esta reacción se estima mayor al 90 %.

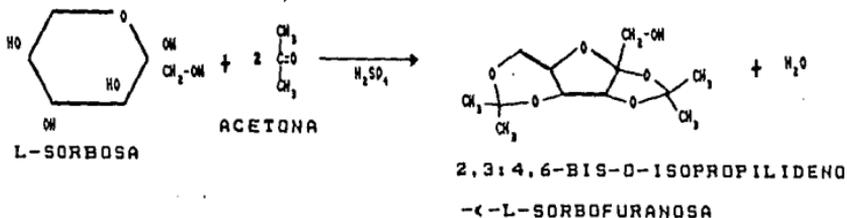
Una vez concluida la reacción, la biomasa se separa mediante filtros.

## 3. ADICION DE ACETONA A L-SORBOSA Y OBTENCION DE BIS-ISOPROPILIDENO-ALFA-L-SORBOFURANOSA

La Sorbosa reacciona con Acetona. La reacción se efectúa en presencia de Acido Sulfúrico y a bajas temperaturas. El ácido funciona como catalizador y como agente deshidratante.

La reacción produce dos derivados del Isopropilideno con el mismo peso molecular : 80 % se transforma en 2,3,4,6-bis-O-Isopropilideno-alfa-L-Sorbofuranosa, y el 20 % restante se transforma en Mono-O-Isopropilideno-L-Sorbosa.

La reacción de adición es la siguiente :

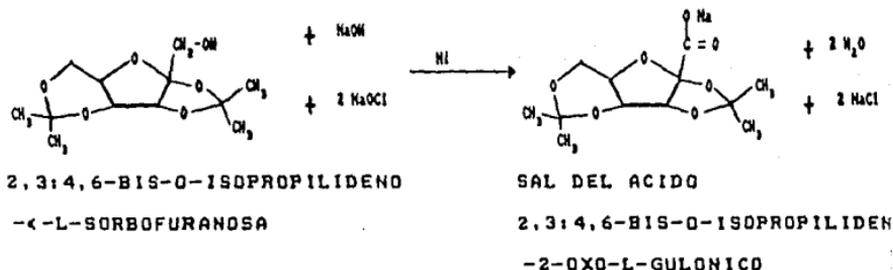


Para la recuperación de este producto se utiliza un sistema de extracción mediante un solvente inerte. Posteriormente se recupera este solvente y la acetona que no reaccionó en un sistema de destilación.

#### 4. OXIDACION DE BIS-ISOPROPILIDENO-ALFA-L-SORBOFURANOSA Y OBTENCION DE BIS-ISOPROPILIDENO-2-OXO-L-ACIDO GULONICO

Se lleva a cabo la oxidación de Bis-isopropilideno-alfa-L-sorbofuranosa con Hidróxido de Sodio diluido e hipoclorito de sodio como agente oxidante. La reacción se lleva a cabo en presencia de un catalizador que puede ser Niquel.

La reacción es :



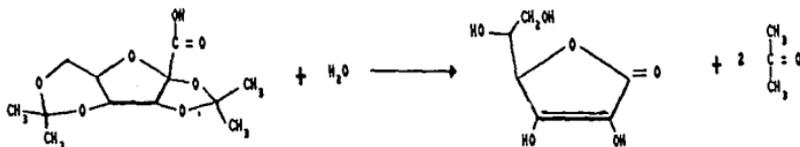
Una vez consumida la reacción, se neutraliza con ácido clorhídrico para obtener el Bis-Isopropilideno-2-Oxo-L-Acido Gulónico.

La eficiencia de la reacción es mayor al 90 %.

#### 5. HIDROLISIS DE BIS-ISOPROPILIDENO-2-OXO-L-ACIDO GULONICO Y OBTENCION DE ACIDO ASCORBICO

El Bis-Isopropilideno-2-Oxo-L-Acido Gulónico es tratado con etanol y ácido clorhídrico en presencia de un solvente inerte, tales como hidrocarburos, solventes clorados o cetonas. Como producto de la reacción se obtiene el ácido Ascórbico.

La reacción de hidrólisis es la siguiente :



SAL DEL ACIDO

2,3:4,6-BIS-O-ISOPROPILIDENO

-2-OXO-L-GULONICO

ACIDO ASCORBICO

La eficiencia de la reacción es mayor al 80 %.

El producto se separa mediante un filtro rotatorio y se hace pasar por un secador.

## 4.2 MATERIAS PRIMAS, SUBPRODUCTOS Y PRODUCTOS

En la tabla 4.1 se muestran las materias primas, subproductos y productos que intervienen en el proceso. Se proporciona el peso molecular, fórmula molecular, concentración y densidad.

También se escribe una columna con los nombres abreviados que se utilizan en apartados siguientes.

TABLA 4.1

ESPECIFICACION DE MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

ABREVIACION	NOMBRE	ESTADO	FORMULA	PESO MOLECULAR COMPONENTE PURO	CONCENTRACION	GRAVEDAD ESPECIFICA
1 AGUA	AGUA DE PROCESO	LIQUIDO	H2O	18	PURO	1
2 GLUCOSA	D-GLUCOSA	LIQUIDO	C6H12O6	180	50 %	* 1.55
3 H2	HIDROGENO	GAS	H2	2	PURO	-
4 SORBITOL	D-SORBITOL	LIQUIDO	C6H14O6	182	-	* 1.6
5 BIOMASA	BIOMASA	SOLIDO	-	-	50 % HUMEDAD	-
6 O2	OXIGENO	GAS	O2	32	21 % EN AIRE	-
7 SORBOSA	L-SORBOSA	LIQUIDO	C6H12O6	180	-	* 1.65
8 H2SO4	ACIDO SULFURICO	LIQUIDO	H2SO4	98	100 %	1.83
9 ACETONA	ACETONA	LIQUIDO	CH3COCH3	58	100 %	0.79
10 BIS-ISF	**	LIQUIDO	C12H20O6	260	-	-
11 MONO-IS	***	LIQUIDO	C12H20O6	260	-	-
12 NaOH	HIDROXIDO DE SODIO	LIQUIDO	NaOH	40	50 %	1.53
13 NaOCl	HIPOCLORITO DE SODIO	LIQUIDO	NaOCl	74.5	10 %	1.05
14 CaSO4	SULFATO DE CALCIO	SOLIDO	CaSO4	136	PURO	2.96
15 CaO	OXIDO DE CALCIO	SOLIDO	CaO	56	PURO	3.32
16 SOLVENTE	SOLVENTE	LIQUIDO	-	-	PURO	-
17 NaCl	CLORURO DE SODIO	SOLIDO	NaCl	58.5	PURO	2.16
18 BIS-IGANA	****	LIQUIDO	C12H17O7Na	296	-	-
19 AC.ASC.	ACIDO ASCORBICO	SOLIDO	C6H8O6	176	PURO	1.65
20 HCl	ACIDO CLORHIDRICO	LIQUIDO	HCl	36.5	37 %	1.18
21 ETANOL	ETANOL	LIQUIDO	C2H5OH	46	100 %	0.8

\* DENSIDAD COMO SOLIDO PURO

\*\* 2,3,4,6-BIS-O-ISOPROPILIDENO-ALFA-L-SORBOFURANOSA

\*\*\* MONO-O-ISOPROPILIDENO-L-SORBOSA

\*\*\*\* SAL DEL ACIDO 2,3,4,6-BIS-O-ISOPROPILIDENO-2-OXO-L-ACIDO GULONICO

#### 4.3 DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo se presenta en 5 esquemas :

DF-01	OBTENCION DE SORBOSA
DF-02	REACCION CON ACETONA
DF-03	EXTRACCION Y OXIDACION
DF-04	OBTENCION DE ACIDO ASCORBICO
DF-05	DESTILACION Y RECUPERACION DE SOLVENTES

En cada dibujo se presentan los equipos de proceso principales, los cuales tienen un número de identificación (TAG). La lista de equipo se encuentra en un apartado posterior. En los diagramas de flujo se representan las corrientes que alimentan estos equipos. En los siguientes apartados se presenta el balance de materiales del proceso en base a estas corrientes.

En el diagrama DF-01 se presentan las primeras etapas del proceso :

- Se efectúa la dilución de la glucosa en un tanque con agitación (equipo 200). Como fuente de glucosa puede utilizarse almidón hidrolizado o extracto de maíz.

- Posteriormente se efectúa la reacción de hidrogenación en un reactor empacado (reactor 201) donde se inyecta hidrógeno a presión. Con la reacción de hidrogenación se obtiene el sorbitol.

- La siguiente etapa es un proceso de fermentación. El proceso se inicia en el reactor semilla 202, donde se inicia el crecimiento del cultivo. Posteriormente se vacía a los fermentadores (reactores 203 y 204) donde se efectúa el proceso de obtención de sorbosa.

El diagrama DF-02 es la continuación del DF-01. Se presentan las siguientes operaciones :

- Separación de la biomasa producida durante el proceso de fermentación mediante el filtro rotatorio 300.

- La reacción de adición de acetona se efectúa en el reactor 205 en presencia de ácido sulfúrico como catalizador. La acetona se adiciona en exceso y posteriormente es recuperada por extracción y destilación. Como producto de la adición se obtiene el Bis-Isopropilideno-alfa-L-sorbofuranosa.

- Se adiciona un elemento para la formación y la precipitación de sulfatos, y por consiguiente la eliminación del sulfúrico. La adición se efectúa en el tanque 206, y la separación en el filtro de platos 301.

El diagrama DF-03 muestra las siguientes operaciones :

- Se lleva a cabo una operación de extracción para la eliminación de subproductos indeseables así como la recuperación de la acetona. Para la extracción se adiciona y mezcla un solvente (puede ser éter, hidrocarburos o derivados clorados). Como no se cuenta con las curvas de reparto no es factible dimensionar el sistema de extracción. Como un predimensionamiento se considera un sistema de tres etapas a contracorriente. Cada etapa está constituida de un equipo para mezclado (equipos 207, 208 y 209) y un equipo para la separación de las fases orgánica y acuosa (tanques 210, 211 y 212).

- El Bis-Isopropilideno-alfa-L-sorbofuranosa sufre un proceso de oxidación mediante la adición de un agente oxidante (hipoclorito de sodio) en presencia de un catalizador. La adición y mezclado de hipoclorito se efectúa en el tanque 213, y la reacción de oxidación en el reactor 214.

En el diagrama DF-04 se presentan las etapas finales y la obtención del producto :

- En el tanque 215 se adiciona ácido corhídrico para efectuar la reacción de hidrólisis y la formación de ácido ascórbico. Posteriormente se adiciona etanol y un solvente (éter o algún hidrocarburo) para inducir la formación de cristales.

- Los cristales de ácido ascórbico son recolectados en el filtro rotatorio 302, y secados con aire seco en el secador rotatorio 303.

El ácido ascórbico es empacado en contenedores de polietileno o tambores de fibra de vidrio para 50 kg de producto.

- La corriente de líquidos proveniente del filtro rotatorio 302, es enfriada para inducir la precipitación de productos y sales indeseables, las cuales pasan a un filtro rotatorio. Es factible, en caso de justificarse, reprocesar estos precipitados si presentan alto contenido de ácido ascórbico debido a alguna falla en la formulación o en el proceso efectuado en el reactor 215.

El diagrama DF-05 muestra el sistema de destilación para la separación de etanol, acetona y éter.

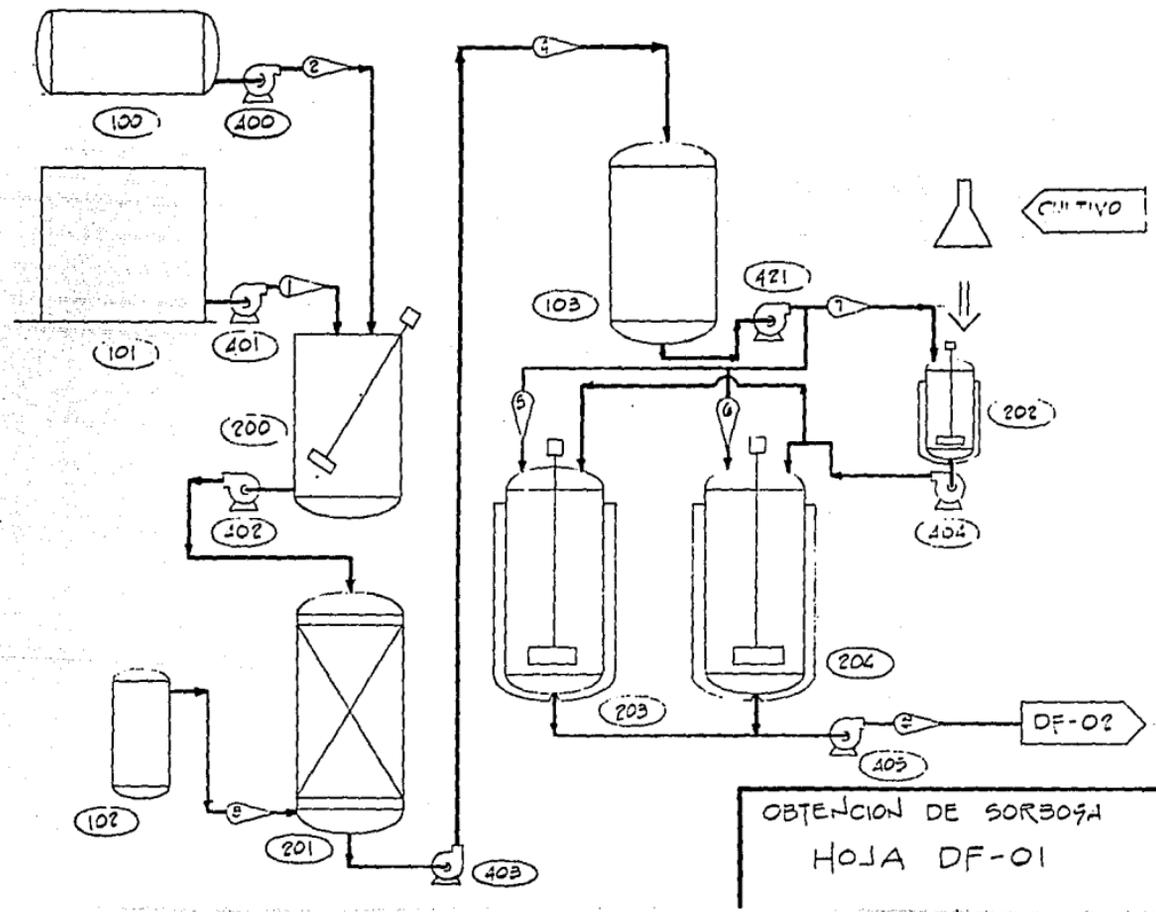
AGUA

GLUCOSA

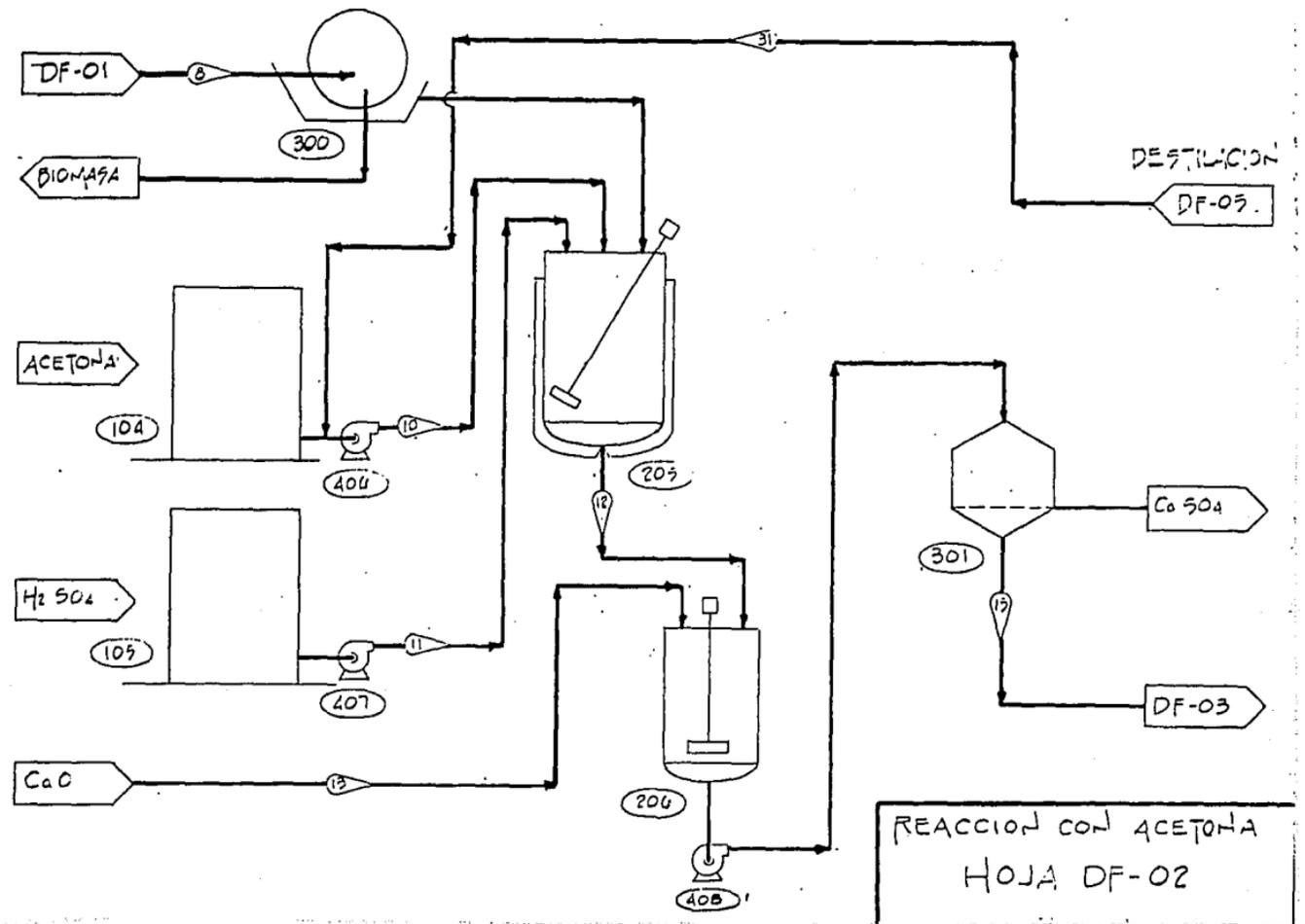
H<sub>2</sub>

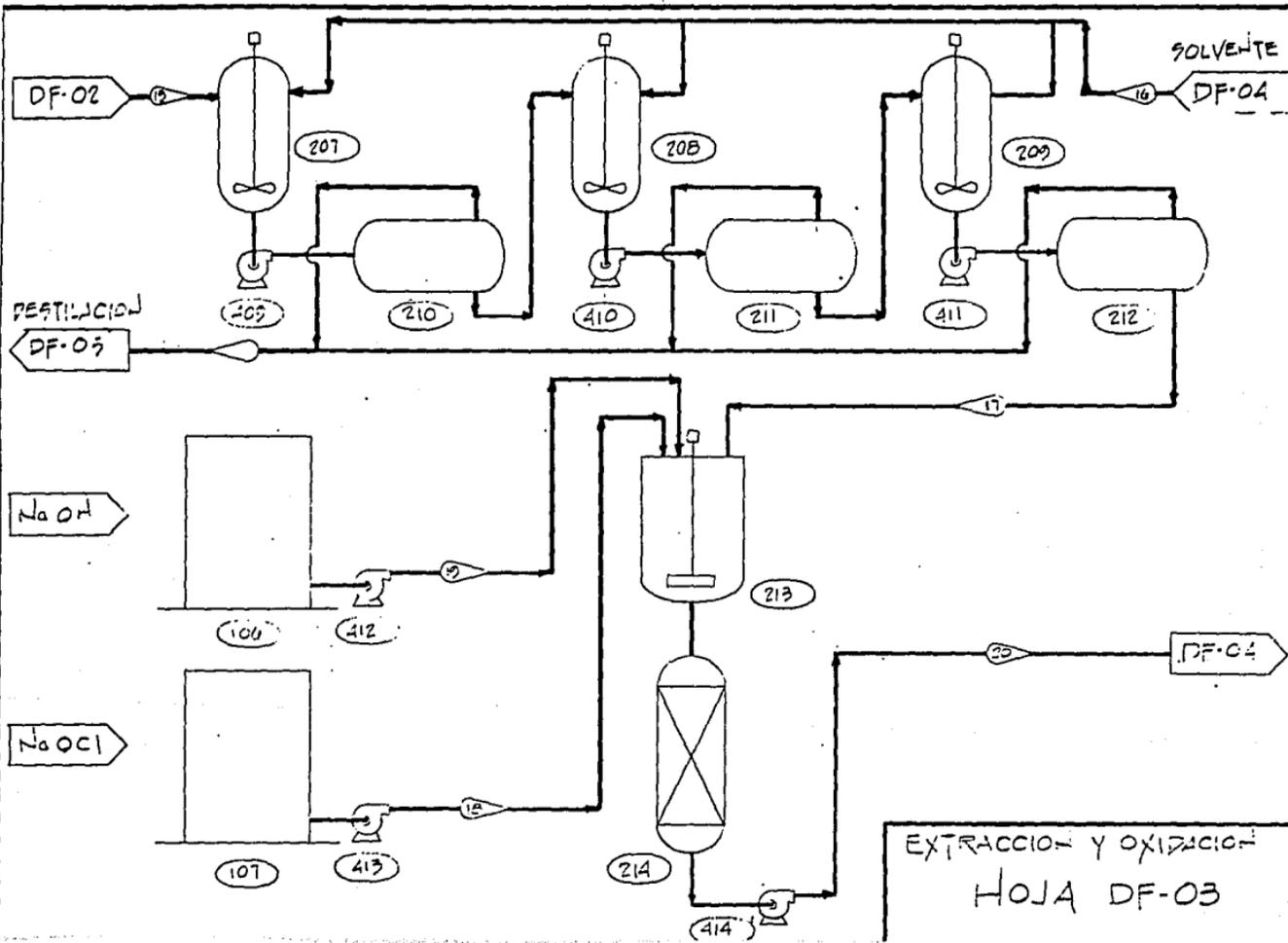
CULTIVO

DF-02

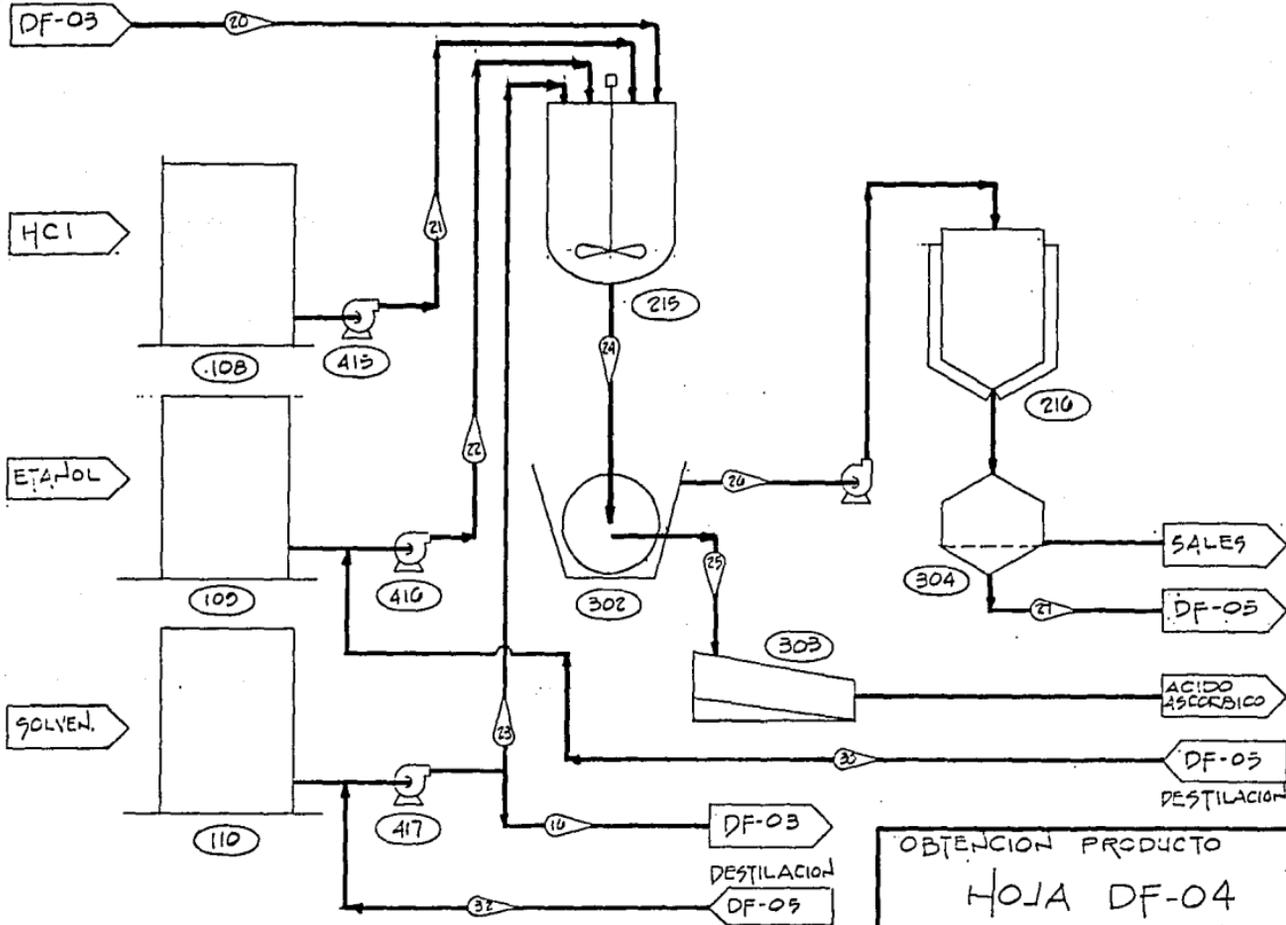


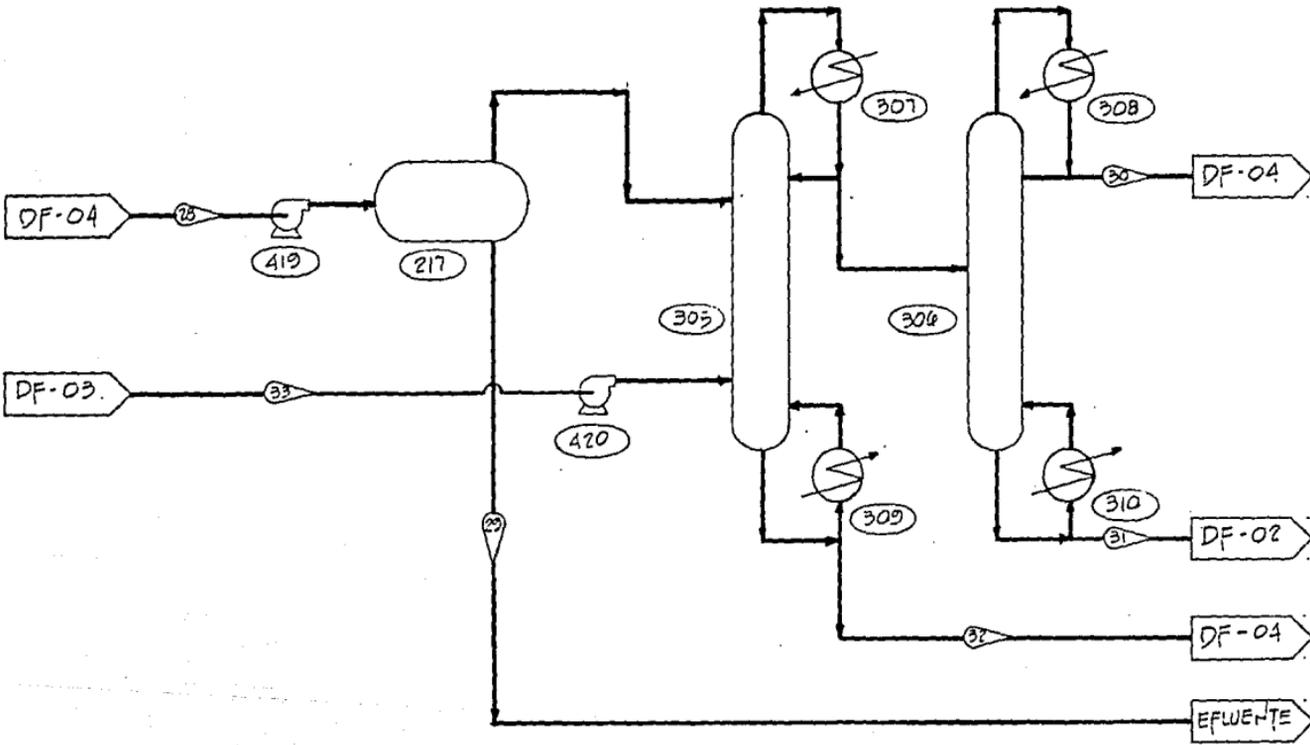
OBTENCIÓN DE SORBOSA  
HOJA DF-01





EXTRACCION Y OXIDACION  
HOJA DF-03





DESTILACION  
HOJA DF-05

#### 4.4 BALANCE DE MATERIALES

En la tabla 4.2 se presentan las 6 reacciones involucradas en el proceso, y se muestra el balance estequiométrico.

El balance se plantea para una producción de 1598 ton de ácido ascórbico al año (1598 ton es el volumen promedio esperado según las proyecciones realizadas). Con esta base se realizará el predimensionamiento de los equipos de proceso. Se consideran 330 días al año de producción trabajando 24 horas diarias; los otros 35 días se consideran para paro de planta y mantenimiento.

La tabla 4.3 muestra el balance de materiales basado en la estequiometría de las reacciones presentadas en la tabla 4.2. El balance se presenta en base al número de corriente, y como ya se escribió, las corrientes están numeradas en el diagrama de flujo.

TABLA 4.2

## REACCIONES QUIMICAS : BALANCE ESTEQUIOMETRICO

REACCION 1									
GLUCOSA	+	EFIC. =	0.97						
C6 H12 O6		HIDROGENO	-----	SORBITOL	+	AGUA			
		H2		C6 H14 O6		H2O			
KG/KGMOL		2		182		18			
KGMOL/HR		2.15		2.08		2.08			
KG/HR		386.23		378.81		37.46			
REACCION 2									
SORBITOL	+	EFIC. =	0.9						
C6 H14 O6		OXIGENO	-----	SORBOSA	+	AGUA			
		1/2 O2		C6 H12 O6		H2O			
KG/KGMOL		32		180		18			
KGMOL/HR		1.04		1.87		1.87			
KG/HR		33.30		337.18		33.72			
REACCION 3									
SORBOSA	+	EFIC. =	1						
C6 H12 O6		ACETONA	-----	BIS-ISF	+	MONO-IS	+	AGUA	
		2 CH3 CO CH3		.85 C12 H20 O6		.15 C12 H20 O6		2 H2O	
KG/KGMOL		58		260		260		18	
KGMOL/HR		3.75		1.59		0.28		3.75	
KG/HR		217.29		413.98		73.06		67.44	
REACCION 4									
BIS-ISF	+	EFIC. =	0.9						
C12 H20 O6		HIPOCLOR.	+	SOSA	-----	BIS-IGANa	+	AGUA	+
		2 NaOCl		NaOH		C12 H17 O7 Na		2 H2O	SAL
									2 NaCl
KG/KGMOL		74.5		40		296		18	58.5
KGMOL/HR		3.18		1.59		1.43		2.87	2.87
KG/HR		237.24		63.69		424.17		51.59	167.66
REACCION 5									
BIS-IGANa	+	EFIC. =	1						
C12 H17 O7 Na		AC. CLOR.	-----	BIS-IGA	+	SAL			
		HCl		C12 H18 O7		NaCl			
KG/KGMOL		36.5		274		58.5			
KGMOL/HR		1.43		1.43		1.43			
KG/HR		52.30		392.64		83.83			
REACCION 6									
BIS-IGA	+	EFIC. =	0.8						
C12 H18 O7		AGUA	-----	AC.ASCORB	+	ACETONA			
		H2O		C6 H8 O6		2 CH3 CO CH3			
KG/KGMOL		18		176		58			
KGMOL/HR		1.43		1.15		2.29			
KG/HR		25.79		201.77		132.98			



#### 4.5 LISTA DE EQUIPOS DE PROCESO

Con el diagrama de flujo se reúnen los equipos de proceso principales, y el predimensionamiento de equipos se elabora en base al balance de materiales.

Los equipos principales de proceso se enlistan en la tabla 4.4. Se aparta una columna para el material de construcción y otra para el predimensionamiento.

La última columna muestra el costo aproximado de cada equipo (orden de magnitud). En el apartado 5.1 se presenta el estimado de costo de la inversión, que toma como base el costo de todos los equipos. En este mismo apartado se hace referencia a las fuentes de información utilizadas.

TABLA 4.4

LISTA DE EQUIPOS

TAG EQUIPO	CARACTERISTICAS ESPECIALES	MATERIAL	CAPACIDAD UNIDAD	COSTO * (USD)
100 TANQUE AGUA DE PROCESO		fibra de vidrio	23,200 LITROS	6,496
101 TANQUE GLUCOSA		fibra de vidrio	147,338 LITROS	18,154
102 TANQUE HIDROGENO	a presión	acero al carbón	5,678 LITROS	3,123
103 TANQUE ACUMULADOR SORBITOL		acero al carbón	19,752 LITROS	7,112
104 TANQUE ACETONA		fibra de vidrio	15,005 LITROS	5,098
105 TANQUE AC. SULFURICO		fibra de vidrio	6,682 LITROS	3,251
106 TANQUE HIDROXIDO SODIO		fibra de vidrio	44,909 LITROS	9,378
107 TANQUE HIPOCLORITO		fibra de vidrio	74,825 LITROS	12,456
108 TANQUE AC. CLORHIDRICO		acero al carbón	60,382 LITROS	14,869
109 TANQUE ETANOL		fibra de vidrio	43,294 LITROS	9,189
110 TANQUE SOLVENTE		acero al carbón	6,647 LITROS	3,466
200 MEZCLADOR PARA DILUCION	agitado	acero al carbón	18,967 LITROS	7,484
201 REACTOR PARA HIDROGENACION	a presión, empaçado	acero inoxidable	18,967 LITROS	31,484
202 REACTOR SEMILLA	agitado, enchaquetado	acero inoxidable	165 LITROS	8,100
203 REACTOR DE SORBOSA 1	agitado, enchaquetado	acero inoxidable	37,528 LITROS	38,269
204 REACTOR DE SORBOSA 2	agitado, enchaquetado	acero inoxidable	37,528 LITROS	38,269
205 REACTOR ADICION ACETONA	agitado, enchaquetado	acero inoxidable	20,998 LITROS	32,413
206 MEZCLADOR NEUTRALIZACION	agitado	acero inoxidable	10,949 LITROS	26,906

TAG EQUIPO	CARACTERISTICAS ESPECIALES	MATERIAL	CAPACIDAD UNIDAD	COSTO * (USD)
207 MEZCLADOR EXTRACCION 1	agitado	acero al carbón	1,052 LITROS	1,587
208 MEZCLADOR EXTRACCION 2	agitado	acero al carbón	1,052 LITROS	1,587
209 MEZCLADOR EXTRACCION 3	agitado	acero al carbón	1,052 LITROS	1,587
210 TANQUE SEPARADOR 1		acero al carbón	2,105 LITROS	1,622
211 TANQUE SEPARADOR 2		acero al carbón	2,105 LITROS	1,622
212 TANQUE SEPARADOR 3		acero al carbón	2,105 LITROS	1,622
213 MEZCLADOR PARA OXIDACION	agitado	acero inoxidable	40,347 LITROS	45,306
214 RECTOR DE OXIDACION	agitado	acero inoxidable	40,347 LITROS	45,306
215 REACTOR FORMACION PRODUCTO	agitado	acero inoxidable	33,240 LITROS	31,044
216 ENFRIADOR PRECIPITACION	agitado, enchaquetado	acero inoxidable	31,746 LITROS	36,481
217 TANQUE SEPARADOR EFLUENTES		acero al carbón	1,134 LITROS	1,079
300 FILTRO CENTRIFUGO DE BIOMASA			31 LIT/HR	26,086
301 FILTRO DE PLATO DE SULFATOS			23 LIT/HR	5,185
302 FILTRO CENTRIFUGO DE PRODUCTO			202 LIT/HR	35,004
303 SECADOR DE PRODUCTO			202 KG/HR	150,000
304 FILTRO DE PLATO PARA SALES			85 LIT/HR	9,437
305 COLUMNA DESTILACION 1			3,035 LIT/HR	583,913
306 COLUMNA DESTILACION 2			1,188 LIT/HR	393,866
307 CONDENSADOR 1		INCLUIDOS EN		
308 CONDENSADOR 2				
309 EVAPORADOR 1		DESTILACION 1 Y 2		
310 EVAPORADOR 2				
400 BOMBA CORRIENTE 2	centrifuga	**		5,000
401 BOMBA CORRIENTE 1	centrifuga	**		5,000
402 BOMBA ALIMENTACION 201	centrifuga	**		5,000
403 BOMBA CORRIENTE 4	centrifuga	**		5,000
404 BOMBA ALIMENTACION 203,204	centrifuga	**		5,000
405 BOMBA CORRIENTE 8	centrifuga	**		5,000
406 BOMBA CORRIENTE 10	centrifuga	**		5,000
407 BOMBA CORRIENTE 11	centrifuga	**		5,000
408 BOMBA CORRIENTE 14	centrifuga	**		5,000
409 BOMBA EXTRACCION 1	centrifuga	**		5,000
410 BOMBA EXTRACCION 2	centrifuga	**		5,000
411 BOMBA EXTRACCION 3	centrifuga	**		5,000
412 BOMBA CORRIENTE 19	centrifuga	**		5,000
413 BOMBA CORRIENTE 18	centrifuga	**		5,000
414 BOMBA CORRIENTE 20	centrifuga	**		5,000
415 BOMBA CORRIENTE 21	centrifuga	**		5,000
416 BOMBA CORRIENTE 22	centrifuga	**		5,000
417 BOMBA ALIMENTACION SOLV.	centrifuga	**		5,000
418 BOMBA CORRIENTE 26	centrifuga	**		5,000
419 BOMBA CORRIENTE 28	centrifuga	**		5,000
420 BOMBA CORRIENTE 33	centrifuga	**		5,000
421 BOMBA CORRIENTES 5,6,7	centrifuga	**		5,000
TOTAL INVERSION POR COMPRA DE EQUIPOS ( USD )				1,757,849

\* COSTOS EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 1989

\*\* SE DESCONOCEN LAS TRAYECTORIAS, Y POR TANTO LAS CABEZAS DE LAS BOMBAS. SE CONSIDERA UNA CANTIDAD FIJA ESTIMADA PARA UNA BOMBA DE 100 GPM Y 150 FT DE CABEZA. MATERIAL : ACERO INOXIDABLE

## V. ESTUDIO ECONOMICO

### 5.1 ESTIMACION DEL COSTO DE LA INVERSION

El costo de los equipos se encuentra en la tabla 4.3. Para su estimación se utilizaron las siguientes fuentes :

1. Cotización comercial.
2. Avaluos de equipos.
3. Artículos de revistas técnicas.

Con los datos fuentes se siguen los siguientes ajustes :

1. Ajuste a fecha base con índices de inflación.

2. Ajuste para la capacidad del equipo. Se utiliza una función exponencial utilizando exponentes específicos según el tipo de equipo, y en caso de no tener referencia se utiliza 0.6 como exponente (regla de los seis décimos). Estos exponentes están publicados en revistas técnicas y libros especializados (ver referencias bibliográficas).

Para la estimación de la inversión se utiliza el método de factores : En base al costo de los equipos de proceso principales (dato base), es posible estimar el costo de la inversión con una precisión de +/- 30 % (orden de magnitud). En la tabla 5.1 se presentan los conceptos incluidos en el estimado, el factor o criterio utilizado, y el costo de la inversión desglosado por concepto.

Dentro de la estimación de la inversión se incluye el Capital de Trabajo. Este concepto se estima en base al costo de las materias primas y del producto. En el apartado 5.2 se presenta la estimación del Capital de Trabajo, y en la tabla 5.4 se presenta el resumen de esta estimación.

Es importante mencionar que el estudio económico se presenta en moneda nacional (Pesos constantes del segundo semestre de 1989, con una paridad promedio frente al dolar de 2,650 \$/USD).



## 5.2 ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCTO TERMINADO Y DEL CAPITAL DE TRABAJO

Para la estimación del costo de producción se considera también el método de factores basado en el costo de materias primas.

En la tabla 5.2 se presenta la lista de materias primas y su consumo, todo ello basado en el balance de materiales descrito en el apartado 4.4. Se investigaron los precios y se estima el costo por consumo de materias primas. Como resultado se presenta el costo de materias primas por kilogramo de producto terminado.

En la tabla 5.3 se presentan los conceptos incluidos como costo de producto terminado, los criterios utilizados, y el monto estimado. Como resultado se presenta el costo de producción por kilogramo de producto terminado.

En la tabla 5.4 se presenta la estimación del Capital de Trabajo, en base al costo del producto y de las materias primas.

TABLA 5.2

### CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS

MATERIA PRIMA	CONSUMO PRODUCTO PURO		CONSUMO PRODUCTO COMERCIAL		PRECIO		
	KG/HR	% EN PESO	KG/HR	USD/KG	** TOTALES TOTALES		
					USD/HR	M \$/HR	
1 GLUCOSA	386.2	50X	772.5	0.25	193.1	512	
2 H2	4.3	100X	4.3	0.18	0.8	2	
3 H2SO4	10.2	100X	10.2	0.08	0.8	2	
4 ACETONA	84.3	100X	84.3	0.66	55.6	147	
5 NaOH	63.7	50X	127.4	0.27	34.4	91	
6 NaOCl	237.2	10X	2,372.4	0.03	69.7	185	
7 CaO	5.8	100X	5.8	0.20	1.2	3	
8 HCl	52.3	37X	141.4	0.06	8.8	23	
9 ETANOL	0.0	98X	0.0	-	-	-	
10 SOLVENTE	0.0	100X	0.0	-	-	-	

EL COSTO DE MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCIR 201.8 KG/HR DE PRODUCTO

ES 965.6 M \$/HR

PRECIO DEL PRODUCTO POR MATERIAS PRIMAS ES 4.786 M \$/KG DE PRODUCTO

PARIDAD PROMEDIO 2,650 \$/USD

\*\* BASE : SEGUNDO SEMESTRE DE 1989

TABLA 5.3

## COSTOS Y GASTOS

CONCEPTO		CRITERIO	BASE	COSTO ** (\$/KG)
A COSTOS DIRECTOS DE OPERACION	COSTOS FIJOS			
	1 MANO DE OBRA DE OPERACION	15 % DEL TOTAL	15 % DEL TOTAL	2,925
	2 SUPERVISION DE OPERACION	15 % DE MANO DE OBRA (1)	15 % DE (1)	439
	3 MANTENIMIENTO	2 AL 11 % DE LA INVERSION	8 % DE INVERSION	1,126
	4 SUMINISTROS DE OPERACION	15 % DE MANTENIMIENTO (3)	15 % DE (3)	169
	5 LABORATORIO	10-20 % MANO DE OBRA (1)	15 % DE (1)	439
	COSTOS VARIABLES			
	6 MATERIAS PRIMAS	BALANCE DE MATERIALES	B. MATERIALES	4,786
	7 SERVICIOS	10-15 % DEL TOTAL	15 % DEL TOTAL	2,925
	8 REGALIAS	1-5 % DEL TOTAL	3 % DEL TOTAL	585
B COSTOS INDIRECTOS DE PLANTA	COSTOS FIJOS			
	9 SERVICIO MEDICO	PARA INDIRECTOS CONSIDERAR	60 % DE	2,694
	10 SEGURIDAD		(1 + 2 + 3)	
	11 COMEDOR			
	12 INDIRECTOS DE NOMINA	50-70 % DE		
	13 PRESTACIONES	MANO DE OBRA (1),		
	14 CONTROL DE LABORATORIOS	SUPERVISION (2) Y MANTENIMIENTO (3)		
	COSTOS VARIABLES			
	15 ENVASE Y EMPAQUE			
	16 SERVICIOS DE ALMACENAMIENTO			
<b>T O T A L C O S T O S</b>				<b>16,088</b>
C GASTOS ADMINISTRATIVOS	17 SALARIOS DE EJECUTIVOS	PARA GASTOS	50 % DE (1)	1,463
	18 COSTOS LEGALES Y DE INGENIERIA	ADMINISTRATIVOS		
	19 MANTENIMIENTO DE OFICINAS	CONSIDERAR		
	20 SERVICIOS DE COMUNICACION	40-60 % DE MANO DE OBRA (2)		
D GASTOS DE VENTAS	21 OFICINAS DE VENTAS	PARA GASTOS	10 % DEL TOTAL	1,950
	22 GASTOS DE REPRESENTACION	DE VENTAS		
	23 TRANSPORTES	CONSIDERAR		
	24 PUBLICIDAD	2-20 % DEL TOTAL		
	25 SERVICIOS TECNICOS DE VENTAS			
	26 PLANEACION Y DESARROLLO			
<b>T O T A L G A S T O S</b>				<b>3,413</b>
<b>T O T A L</b>			<b>TOTAL</b>	<b>19,501</b>
E CONTINGENCIAS	1-5 % DEL CTP	3 % DEL CTP		585
REFERENCIA :		CTP + CONTINGENCIAS		20,086 \$/KG
APUNTES INGENIERIA ECONOMICA II FACULTAD DE QUIMICA		** COSTO BASE : SEGUNDO SEMESTRE DE 1989		

TABLA 5.4  
ESTIMACION DEL CAPITAL DE TRABAJO

	CAPACIDAD DE PRODUCCION (1992)	874 TON/AÑO
	COSTO DEL PRODUCTO	20,086 \$/KG
	COSTO DE MATERIA PRIMA	4,786 \$/KG DE PRODUCTO
CPD =	COSTO DEL PRODUCTO POR DIA	53.20 MM \$/DIA
CMD =	COSTO DE MATERIA PRIMA POR DIA	12.68 MM \$/DIA
		MONTO ESTIMADO ** (MM \$)
C O N C E P T O	C R I T E R I O	
COSTO DE MATERIA PRIMA EN INVENTARIO	30 DIAS CMD	380
+ COSTO DE PRODUCTO EN PROCESO	3 DIAS CMD	38
+ COSTO DE PRODUCTO EN INVENTARIO	7 DIAS CPD	372
+ CREDITO A CLIENTES	30 DIAS CPD	1,596
+ EFECTIVO EN CAJA	15 DIAS CMD	190
- CUENTAS POR PAGAR	30 DIAS CMD	(380)
		2,196

\*\* COSTO BASE : SEGUNDO SEMESTRE DE 1989

### 5.3 ESTADO DE RESULTADOS

Para elaborar el Estado de Resultados para los primeros 10 años de operación, se utilizan pesos constantes (2o. semestre de 1989). Esto obedece a dos consideraciones :

- El crecimiento del precio del producto es menor al crecimiento de la inflación reportada para los mismos años. Si se utiliza la proyección del precio, y se incrementan los costos y gastos en base a la inflación, se obtienen Estados de Resultados que van disminuyendo hasta llegar a ser negativos. Por tanto, es mejor considerar que el índice de crecimiento del precio del producto es igual al índice de crecimiento de los costos y gastos de producción.

- Es muy difícil estimar con precisión la inflación en México para los siguientes años. Por lo que es mejor evitar proyectar los datos en base a una inflación pronosticada.

Se considera la construcción de las instalaciones durante 1990 y 1991. Los primeros 10 años de producción inician en 1992 y finalizan en 2001. Por tanto, se consideran los recursos de la inversión (24,154 MM \$) durante 1990 y 1991, y los Estados de Resultados se presentan desde 1992.

Finalmente se reúne toda la información generada en los cuadros de Estado de Resultados.

- Los ingresos por ventas. Se considera el precio de 1989, y se multiplica por el volumen pronosticado para el año correspondiente. Con estos datos se genera una distribución triangular y se estima el valor esperado y la varianza de los ingresos por ventas.

- Los costos de producción son el volumen proyectado para el año respectivo (volumen mínimo esperado, volumen esperado, y volumen máximo esperado) multiplicados por el costo de producto terminado estimado en el apartado 5.2. Con estos datos se genera una distribución triangular y se estima el valor esperado y la varianza del costo de producción.

- Los gastos por Administración y ventas son el volumen proyectado para el año respectivo (volumen mínimo esperado, volumen esperado, y volumen máximo esperado) multiplicados por el gasto estimado en el apartado 5.2. Con estos datos se genera una distribución triangular y se estima el valor esperado y la varianza de los gastos.

- Depreciación : Para plantas químicas se considera un 10% anual del valor de los equipos.

- La Utilidad gravable o Utilidad antes de impuestos, es igual a las Ventas, menos los costos de producción, menos los gastos, menos la depreciación.

- El impuesto sobre la renta se considera el 42 % de la utilidad antes de impuestos (Utilidad gravable). El reparto de utilidades es el 10 % de la utilidad gravable.

- El flujo neto de efectivo para el periodo considerado (Utilidad después de impuestos) es la diferencia entre la Utilidad antes de impuestos, menos los impuestos sobre la renta, menos el reparto de utilidades.

Para obtener el valor esperado de la Utilidad después de impuestos (Flujo Neto de Efectivo), se siguen las operaciones aritméticas descritas; para calcular la varianza del Flujo Neto de Efectivo, se SUMAN las varianzas.

Esto se basa en las siguientes propiedades estadísticas :

$$E(X+Y) = E(X) + E(Y)$$

$$\text{Var}(C X) = C^2 \text{Var}(X)$$

donde C es una constante. Si  $C = -1$ ,  $C^2 = +1$ .

En las tablas 5.5 se presenta el Estado de Resultados para los 10 años proyectados.

TABLAS 5.5

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1992			VALOR ESPERADO	VARIANZA (MM \$ ^2)
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		810	874	916		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)			16.57 M \$/KG			
GASTOS (1989)			3.52 M \$/KG			
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
♦ VENTAS		23,826	26,857	29,372	26,688	1,285,294
- COSTOS DE PRODUCCION		13,422	14,483	15,179	14,361	130,398
- GASTOS		2,847	3,072	3,220	3,047	5,869
- DEPRECIACION	10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
■ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					8,814	1,424,815
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA	42%				3,702	251,337
- REPARTO DE UTILIDADES	10%				881	14,248
■ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					4,231	1,690,401

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1993			VALOR ESPERADO	VARIANZA (MM \$ ^2)
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		880	952	1,002		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)			16.57 M \$/KG			
GASTOS (1989)			3.52 M \$/KG			
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
♦ VENTAS		25,885	29,264	32,129	29,093	1,628,123
- COSTOS DE PRODUCCION		14,582	15,775	16,604	15,654	172,135
- GASTOS		3,094	3,347	3,522	3,321	7,747
- DEPRECIACION	10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
■ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					9,653	1,811,259
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA	42%				4,054	319,506
- REPARTO DE UTILIDADES	10%				965	18,113
■ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					4,633	2,148,878

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1994			VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ *2)
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		950	1,033	1,093		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)			16.57 M \$/KG			
GASTOS (1989)			3.52 M \$/KG			
-----						
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ *2)
+ VENTAS		27,944	31,754	35,047	31,582	2,105,791
- COSTOS DE PRODUCCION		15,742	17,117	18,112	16,990	235,976
- GASTOS		3,340	3,631	3,842	3,604	10,620
- DEPRECIACION	10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
-----						
■ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					10,521	2,355,642
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA		42%			4,419	415,535
- REPARTO DE UTILIDADES		10%			1,052	23,556
-----						
■ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					5,050	2,794,734

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1995			VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ *2)
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,020	1,113	1,184		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)			16.57 M \$/KG			
GASTOS (1989)			3.52 M \$/KG			
-----						
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ *2)
+ VENTAS		30,003	34,214	37,965	34,061	2,644,094
- COSTOS DE PRODUCCION		16,902	18,443	19,620	18,322	309,565
- GASTOS		3,586	3,913	4,162	3,887	13,932
- DEPRECIACION	10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
-----						
■ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					11,386	2,970,846
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA		42%			4,782	524,057
- REPARTO DE UTILIDADES		10%			1,139	29,708
-----						
■ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					5,465	3,524,612

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1996			VALOR ESPERADO	VARIANZA
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,090	1,194	1,274		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)				16.57 M \$/KG		
GASTOS (1989)				3.52 M \$/KG		
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
+ VENTAS		32,062	36,704	40,851	36,539	3,221,598
- COSTOS DE PRODUCCION		18,062	19,785	21,111	19,653	389,546
- GASTOS		3,832	4,197	4,479	4,169	17,532
- DEPRECIACION 10% EQUIPOS		326	466	606	466	3,255
+ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					12,251	3,631,931
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA		42%			5,145	640,673
- REPARTO DE UTILIDADES		10%			1,225	36,319
+ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					5,881	4,308,923

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1997			VALOR ESPERADO	VARIANZA
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,160	1,275	1,365		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)				16.57 M \$/KG		
GASTOS (1989)				3.52 M \$/KG		
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
+ VENTAS		34,121	39,194	43,769	39,028	3,881,382
- COSTOS DE PRODUCCION		19,222	21,128	22,619	20,989	483,195
- GASTOS		4,078	4,482	4,799	4,453	21,747
- DEPRECIACION 10% EQUIPOS		326	466	606	466	3,255
+ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					13,120	4,389,579
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA		42%			5,510	774,322
- REPARTO DE UTILIDADES		10%			1,312	43,896
+ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					6,297	5,207,796

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1988			VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,230	1,356	1,456		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)			16.57 M \$/KG			
GASTOS (1989)			3.52 M \$/KG			
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
+ VENTAS		36,180	41,683	46,687	41,517	4,602,637
- COSTOS DE PRODUCCION		20,382	22,470	24,127	22,326	586,943
- GASTOS		4,324	4,767	5,118	4,736	26,416
- DEPRECIACION	10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
■ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					13,988	5,219,251
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA		42%			5,875	920,676
- REPARTO DE UTILIDADES		10%			1,399	52,193
■ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					6,714	6,192,119

ESTADO DE RESULTADOS	AÑO	1999			VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,300	1,436	1,547		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)			16.57 M \$/KG			
GASTOS (1989)			3.52 M \$/KG			
		MINIMO (MM \$)	PROMEDIO (MM \$)	MAXIMO (MM \$)	VALOR ESPERADO (MM \$)	VARIANZA (MM \$ ^2)
+ VENTAS		38,240	44,143	49,605	43,996	5,384,557
- COSTOS DE PRODUCCION		21,542	23,795	25,635	23,657	700,393
- GASTOS		4,570	5,048	5,438	5,019	31,522
- DEPRECIACION	10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
■ UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS					14,854	6,119,726
- IMPUESTO SOBRE LA RENTA		42%			6,239	1,079,520
- REPARTO DE UTILIDADES		10%			1,485	61,197
■ UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS					7,130	7,260,443

ESTADO DE RESULTADOS		AÑO 2000				
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,370	1,517	1,637		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)		16.57 M \$/KG				
GASTOS (1989)		3.52 M \$/KG				
		MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	VALOR	VARIANZA
		(MM \$)	(MM \$)	(MM \$)	ESPERADO	(MM \$ %2)
-----						
+	VENTAS	40,299	46,633	52,490	46,474	6,196,538
-	COSTOS DE PRODUCCION	22,702	25,138	27,126	24,989	818,404
-	GASTOS	4,816	5,333	5,755	5,301	36,833
-	DEPRECIACION 10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
-----						
+	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS				15,718	7,055,030
-	IMPUESTO SOBRE LA RENTA	42%			6,602	1,244,507
-	REPARTO DE UTILIDADES	10%			1,572	70,550
-----						
+	UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS				7,545	8,370,087

ESTADO DE RESULTADOS		AÑO 2001				
		MIN.	PROM.	MAX.		
EQUIPOS (MM \$ DE 1989)		3,261	4,658	6,055		
INVERSION (MM \$ DE 1989)		16,908	24,154	31,400		
VOLUMEN (TON)		1,440	1,598	1,728		
PRECIO (M \$/KG, 1989)		29.42	30.74	32.07		
COSTOS (1989)		16.57 M \$/KG				
GASTOS (1989)		3.52 M \$/KG				
		MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO	VALOR	VARIANZA
		(MM \$)	(MM \$)	(MM \$)	ESPERADO	(MM \$ %2)
-----						
+	VENTAS	42,358	49,123	55,408	48,963	7,099,909
-	COSTOS DE PRODUCCION	23,862	26,480	28,634	26,325	951,960
-	GASTOS	5,062	5,618	6,075	5,585	42,844
-	DEPRECIACION 10% EQUIPOS	326	466	606	466	3,255
-----						
+	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS				16,587	8,097,967
-	IMPUESTO SOBRE LA RENTA	42%			6,967	1,428,481
-	REPARTO DE UTILIDADES	10%			1,659	80,980
-----						
+	UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS				7,962	9,607,428

#### 5.4 EVALUACION DEL PROYECTO

Para la evaluación económica del proyecto se utiliza el método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y el análisis de riesgo.

La TIR representa el porcentaje o tasa de interés obtenido sobre el saldo no recuperado de una inversión. Es la tasa de interés obtenida sobre las Utilidades, de tal forma que el Valor Presente Neto de la inversión sea cero.

Para el análisis de riesgo, se determina el Valor Presente Neto (VPN) bajo una TIR supuesta, y se estima la probabilidad de obtener esta TIR.

El procedimiento se describe a continuación :

Se estima el Valor Presente Neto (VPN) en base a la siguiente ecuación :

$$VPN = \sum C_j (X_j)$$

Donde  $X_j$  es la Utilidad después de Impuestos en el periodo  $j$ , y  $C_j$  es un factor que toma en cuenta el valor de la TIR, como se muestra a continuación :

$$\text{Si } j = 0 \qquad C_j = -1$$

$$\text{Si } j = 1 \qquad C_j = \frac{1}{(1+TIR)}$$

$$\text{Si } j = 2 \qquad C_j = \frac{1}{(1+TIR)(1+TIR)}$$

y así sucesivamente, para cada periodo  $j$ .

El valor esperado del Valor Presente Neto es :

$$E(VPN) = \sum C_j * M_j = \sum C_j * E(X_j)$$

Donde  $M_j = E(X_j)$  y es el valor esperado de la Utilidad después de impuestos. Para 1990 se considera que  $M_j$  es igual a la inversión estimada.

La varianza del Valor Presente Neto es :

$$\text{Var}(VPN) = \sum C_j^2 * S_j^2$$

2  
 Donde  $S_j$  es la varianza de la Utilidad después de impuestos en el período  $j$ .

Para la evaluación de los resultados se supone un valor de TIR; se estiman los valores de  $C_j$ . Los valores  $M_j$  y  $S_{j2}$  se toman de los Estados de Resultados.

Se calculan los valores de  $E(VPN)$  y  $Var(VPN)$  para cada período, y finalmente se suman todos los períodos.

En base al Teorema del límite Central, se considera una distribución normal como resultado de la suma de las distribuciones triangulares.

En las tablas 5.6 se presentan los cuadros para valores de TIR de 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 25 %.

TABLAS 5.6

## RESUMEN A DIFERENTES VALORES DE TIR

AÑO	5%					
	TIR	Cj	Mj	E(VPN)	Cj2	Sj2
1990	0.95	(24,154)	(23,004)	0.91	8,751,236	7,937,629
1991	0.91	0	0	0.82	0	0
1992	0.86	4,231	3,655	0.75	1,690,401	1,261,403
1993	0.82	4,633	3,812	0.68	2,148,878	1,454,445
1994	0.78	5,050	3,957	0.61	2,794,734	1,715,724
1995	0.75	5,465	4,078	0.56	3,524,612	1,962,636
1996	0.71	5,881	4,179	0.51	4,308,923	2,176,299
1997	0.68	6,297	4,262	0.46	5,207,796	2,385,751
1998	0.64	6,714	4,328	0.42	6,192,119	2,572,953
1999	0.61	7,130	4,377	0.38	7,260,443	2,736,385
2000	0.58	7,545	4,411	0.34	8,370,087	2,861,313
2001	0.56	7,962	4,433	0.31	9,607,428	2,978,955
			18,490			30,043,493

TIR		10%				
AÑO	CJ	MJ	E(VPM)	CJ2	SJ2	VAR(VPM)
1990	0.91	(24,154)	(21,958)	0.83	8,751,236	7,232,426
1991	0.83	0	0	0.68	0	0
1992	0.75	4,231	3,179	0.56	1,690,401	954,187
1993	0.68	4,633	3,165	0.47	2,148,878	1,002,467
1994	0.62	5,050	3,136	0.39	2,794,734	1,077,491
1995	0.56	5,465	3,085	0.32	3,524,612	1,123,050
1996	0.51	5,881	3,018	0.26	4,308,923	1,134,674
1997	0.47	6,297	2,938	0.22	5,207,796	1,133,368
1998	0.42	6,714	2,848	0.18	6,192,119	1,113,707
1999	0.39	7,130	2,749	0.15	7,260,443	1,079,219
2000	0.35	7,545	2,644	0.12	8,370,087	1,028,232
2001	0.32	7,962	2,537	0.10	9,607,428	975,400
			7,339			17,854,221

TIR		15%				
AÑO	CJ	MJ	E(VPM)	CJ2	SJ2	VAR(VPM)
1990	0.87	(24,154)	(21,003)	0.76	8,751,236	6,617,191
1991	0.76	0	0	0.57	0	0
1992	0.66	4,231	2,782	0.43	1,690,401	730,807
1993	0.57	4,633	2,649	0.33	2,148,878	702,472
1994	0.50	5,050	2,511	0.25	2,794,734	690,815
1995	0.43	5,465	2,363	0.19	3,524,612	658,775
1996	0.38	5,881	2,211	0.14	4,308,923	608,974
1997	0.33	6,297	2,059	0.11	5,207,796	556,530
1998	0.28	6,714	1,909	0.08	6,192,119	500,355
1999	0.25	7,130	1,762	0.06	7,260,443	443,615
2000	0.21	7,545	1,622	0.05	8,370,087	386,703
2001	0.19	7,962	1,488	0.03	9,607,428	335,629
			351			12,231,867

TIR		20X				
AÑO	CJ	MJ	E(VPN)	CJ2	SJ2	VAR(VPN)
1990	0.83	(24,154)	(20,128)	0.69	8,751,236	6,077,247
1991	0.69	0	0	0.48	0	0
1992	0.58	4,231	2,448	0.33	1,690,401	566,112
1993	0.48	4,633	2,234	0.23	2,148,878	499,760
1994	0.40	5,050	2,030	0.16	2,794,734	451,365
1995	0.33	5,465	1,830	0.11	3,524,612	395,309
1996	0.28	5,881	1,641	0.08	4,308,923	335,607
1997	0.23	6,297	1,465	0.05	5,207,796	281,679
1998	0.19	6,714	1,301	0.04	6,192,119	232,582
1999	0.16	7,130	1,151	0.03	7,260,443	189,382
2000	0.13	7,545	1,015	0.02	8,370,087	151,615
2001	0.11	7,962	893	0.01	9,607,428	120,853
			(4,119)			9,301,511

TIR		25X				
AÑO	CJ	MJ	E(VPN)	CJ2	SJ2	VAR(VPN)
1990	0.80	(24,154)	(19,323)	0.64	8,751,236	5,600,791
1991	0.64	0	0	0.41	0	0
1992	0.51	4,231	2,166	0.26	1,690,401	443,128
1993	0.41	4,633	1,898	0.17	2,148,878	360,522
1994	0.33	5,050	1,655	0.11	2,794,734	300,082
1995	0.26	5,465	1,433	0.07	3,524,612	242,209
1996	0.21	5,881	1,233	0.04	4,308,923	189,508
1997	0.17	6,297	1,057	0.03	5,207,796	146,586
1998	0.13	6,714	901	0.02	6,192,119	111,547
1999	0.11	7,130	766	0.01	7,260,443	83,707
2000	0.09	7,545	648	0.01	8,370,087	61,760
2001	0.07	7,962	547	0.00	9,607,428	45,370
			(7,020)			7,585,212

Como se trata de una distribución normal :

$$Z = \frac{( M - E(VPN) )}{\text{SQR} ( \text{VAR}(VPN) )}$$

donde M es la media real del VPN, que en nuestro caso debe ser CERO :  $M = 0$ .

La probabilidad de que VPN sea mayor a cero a una TIR supuesta, es igual a la probabilidad de que Z sea mayor a la Z calculada :

$$P(VPN > 0) = P \left( Z > \frac{( 0 - E(VPN) )}{\text{SQR} ( \text{VAR}(VPN) )} \right)$$

Por ejemplo, para una TIR del 5 % se estima :

$$E(VPN) = 18,490 \text{ MM } \$$$

$$\text{VAR}(VPN) = 30,043,493 \text{ (MM } \$)^2$$

$$P(VPN > 0) = P \left( Z > \frac{( 0 - 18,490 )}{\text{SQR} ( 30,043,493 )} \right) = P ( Z > -3.37 )$$

De tablas de la distribución normal :

$$P(VPN > 0) = 100 \%$$

También se calculó la TIR más probable (cuando  $E(VPN) = 0$ ). En la tabla 5.7 se presenta el cuadro con la TIR más probable, que en este caso es de 15.32 %.

De la misma manera se calculó la probabilidad para 5 %, 10 %, 15 %, 15.32 %, 20 % y 25 % de TIR; los resultados se presentan en la tabla 5.8, y se anexa una gráfica de % de probabilidad para que  $VPN > 0$ , contra TIR.

Se muestra la gráfica de la probabilidad para que VPN sea mayor a cero, a una TIR específica.

TABLA 5.7

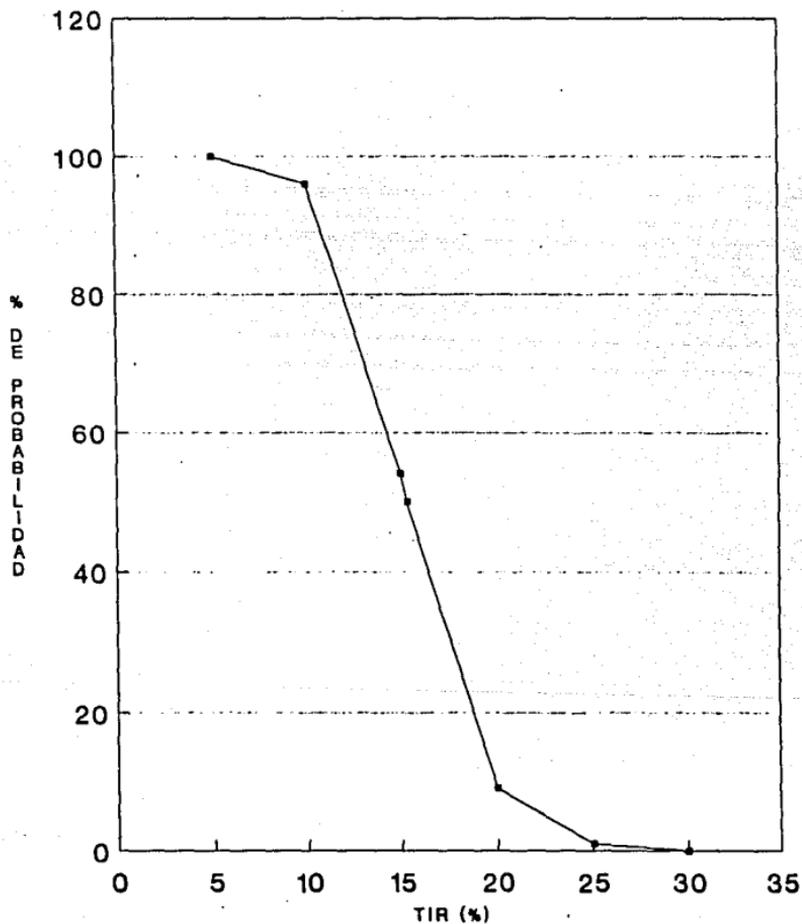
TIR MAS PROBABLE		15.32X				
AÑO	CJ	NJ	E(VPN)	CJ2	SJ2	VAR(VPN)
1990	0.87	(24,154)	(20,945)	0.75	8,751,236	6,580,233
1991	0.75	0	0	0.57	0	0
1992	0.65	4,231	2,759	0.43	1,690,401	718,630
1993	0.57	4,633	2,620	0.32	2,148,878	686,909
1994	0.49	5,050	2,476	0.24	2,794,734	671,738
1995	0.43	5,465	2,323	0.18	3,524,612	637,004
1996	0.37	5,881	2,168	0.14	4,308,923	585,560
1997	0.32	6,297	2,013	0.10	5,207,796	532,144
1998	0.28	6,714	1,861	0.08	6,192,119	475,758
1999	0.24	7,130	1,714	0.06	7,260,443	419,451
2000	0.21	7,545	1,573	0.04	8,370,087	363,597
2001	0.18	7,962	1,439	0.03	9,607,428	313,812
						(0)
						11,984,836

TABLA 5.8

## RESUMEN DE RESULTADOS

TIR	E(VPN)	V(VPN)	Z	P ( VPN > 0 )
5X	18,490	30,043,493	-3.37	100X
10X	7,339	17,854,221	-1.74	96X
15X	351	12,231,867	-0.10	54X
TIR MAS PROBABLE= 15.32X	(0)	11,984,836	0.00	50X
20X	(4,119)	9,301,511	1.35	9X
25X	(7,020)	7,585,212	2.55	1X

## PROBABILIDAD PARA QUE VPN &gt; 0



## 5.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

El estudio de sensibilidad consiste en mostrar la variación de la TIR, aplicando una variación a algún concepto dentro de las estimaciones.

Se aplicaron variaciones de +/- 30 %, +/- 20 % y +/- 10 %. Se analizaron tres conceptos : Costos de producción, Inversión y precio del producto.

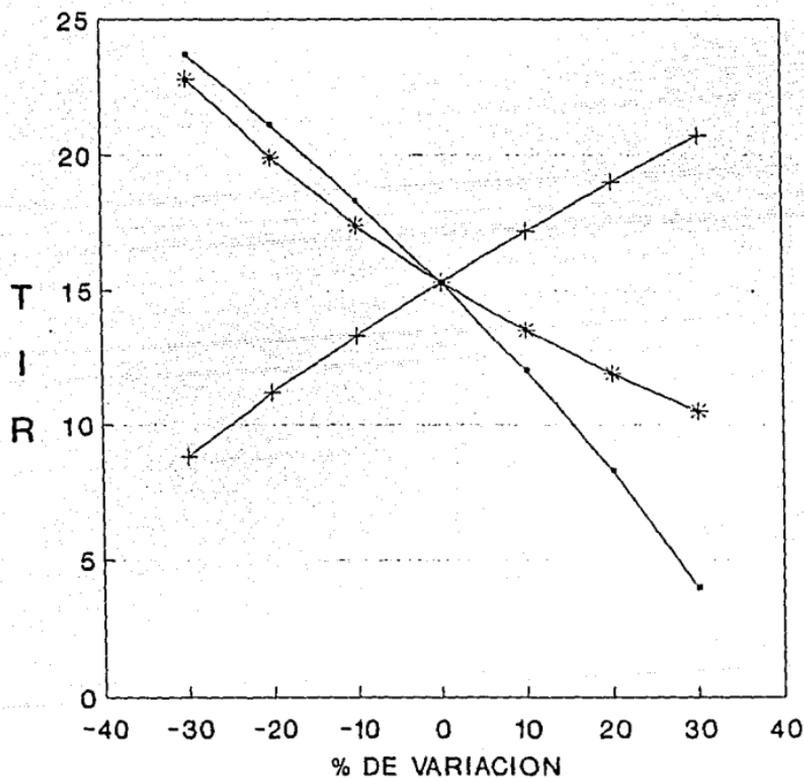
A un 0 % de variación la TIR es igual a 15.32 % (TIR más probable).

En la tabla 5.9 se presentan los valores de TIR calculados, y se anexa una gráfica de los resultados.

TABLA 5.9  
ANALISIS DE SENSIBILIDAD

% VARIACION	C O S T O S		P R E C I O		I N V E R S I O N	
	M \$/KG	%	M \$/KG	%	MM \$	%
-30%	11.60	23.7%	21.52	8.8%	16,908	22.8%
-20%	13.26	21.1%	24.59	11.2%	19,323	19.9%
-10%	14.91	18.3%	27.67	13.3%	21,739	17.4%
0%	16.57	15.3%	30.74	15.3%	24,154	15.3%
10%	18.23	12.0%	33.81	17.2%	26,569	13.5%
20%	19.88	8.3%	36.89	19.0%	28,985	11.9%
30%	21.54	4.0%	39.96	20.7%	31,400	10.5%

## ANALISIS DE SENSIBILIDAD COSTOS, PRECIO E INVERSION



—●— COSTOS    —+— PRECIO    —\*— INVERSION

## 5.6 CONCLUSIONES

### ESTUDIO DE MERCADO

Se detectó una necesidad del producto en el país muy significativa (del orden de 1000 ton por año). Este suministro no solo es importante sino también creciente; ello obedece a las muy variadas aplicaciones que se tienen en la industria de los alimentos; hechos que motivaron el desarrollo del presente trabajo.

Al revisar la demanda de este producto se encontró que todo el producto que se consume en el país es de importación, siendo 4 países los representativos. Estados Unidos es el principal (42 % del volumen).

Al realizar el análisis del mercado se consideraron conceptos como las empresas importadoras y el precio del producto, de acuerdo al volumen de consumo del país. En cuanto a las empresas importadoras, son 2 las que representan un porcentaje notable: Laboratorios Roche (28 %) y Valle (9 %). Hay además 118 empresas que importan ácido ascórbico para diferentes aplicaciones, pero que no representan un porcentaje del volumen significativo.

En cuanto al precio del producto, no varía mucho entre empresas (9 a 11 USD de 1988), pero sí varía más significativamente entre países (Alemania Federal representa un costo más alto que el promedio). La tendencia de crecimiento del precio es muy baja: (1 - 2 %).

En el estudio se evaluó la capacidad de la planta en base al consumo nacional aparente. Es importante mencionar que esto podría modificarse si se considera la posibilidad de un comercio internacional.

### ESTUDIO TECNICO

Capacidad : La capacidad instalada de la planta debe ser 1598 ton/año; con esta capacidad se estima cubrir la necesidad a nivel nacional hasta 2001.

Materias primas : Las materias primas principales son : Glucosa, Acetona, sosa, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico e Hidrógeno. Además participan en el proceso algunos solventes : éter, etanol y agua.

No se prevén problemas de suministro de materias primas, excepto por la glucosa, la materia prima principal. Las plantas en Estados Unidos utilizan como fuente de suministro de este carbohidrato el jarabe de maíz hidrolizado, ello obedece al bajo costo y gran abundancia de este recurso. Para

este proyecto exista la posibilidad de utilizar otros recursos de la agro-industria, como por ejemplo el obtener un licor del bagazo de caña de azúcar. Para evaluar esta posibilidad es necesario un estudio más detallado de estas alternativas.

Producto : El producto final es Ácido ascórbico en estado sólido (polvo) al 99 % de pureza.

Requerimientos de instalaciones auxiliares : Sistema de extracción y destilación para la recuperación de acetona, etanol y solventes.

Requerimientos de servicios : Electricidad, vapor, aire limpio y seco, y agua de enfriamiento.

Mantenimiento : Aunque el producto final es un polvo cristalino, prácticamente todo el proceso es en fase líquida y con fluidos poco viscosos. Con la ausencia de equipos para manejo de sólidos, la actividad de mantenimiento se ve favorecida.

Operabilidad : Las condiciones de operación en los reactores catalíticos y en los bioreactores son muy sensibles, por lo que se preveen requerimientos de Control e Instrumentación importantes. Además es necesario evitar la contaminación de las corrientes, ya que de lo contrario se preveen problemas operativos en los reactores catalíticos y bioreactores.

Contaminación y riesgos ambientales : Durante el proceso se generan corrientes de deshecho (corrientes acuosas), por lo que se requiere del tratamiento de efluentes para control de estos desperdicios y así evitar la contaminación de aguas. En cuanto a contaminación atmosférica, no hay emisión de gases tóxicos a la atmósfera.

Seguridad : Los solventes que se manejan (acetona, etanol, etc) son inflamables, por lo que se preveen condiciones de seguridad especiales en las áreas donde se ocupan estas sustancias (instalaciones a prueba de explosión).

Se utilizan sustancias tóxicas, tales como sosa, ácido clorhídrico y sulfúrico, donde se deberá preveer un posible derrame (fosas de retención, unidades de lavado).

Condiciones de almacenamiento : El producto está empacado en contenedores de 50 kg, en condiciones de baja humedad y temperatura abajo de los 23 C.

Requerimientos tecnológicos : La manera más viable de disponer de esta tecnología es a través de Licenciadores que puedan proporcionar información tecnológica de vanguardia.

Riesgos tecnológicos : El diseño debe establecerse en base a una tecnología de vanguardia, sin embargo el proceso químico es susceptible de modificaciones para ser optimizado, lo que sugiere cambios estructurales que puedan cambiar completamente el diseño.

Programa general de ejecución : Es necesario una etapa de Adquisición y Asimilación Tecnológica, y posteriormente elaborar la Especificación de equipos y sistemas en una Ingeniería Básica. Posteriormente se elaboraría la Ingeniería de Detalle con fundamento en la Básica, y finalmente la construcción de la instalación.

#### ASPECTOS ECONOMICOS

Se estimó una inversión de 24,154 MM \$, un costo de producción de 16.57 M \$/kg de producto y gastos de administración y ventas por 3.52 M \$/kg de producto. El método utilizado para el cálculo de estos valores es en base a factores típicos de construcción y producción en la industria química.

Del análisis de riesgo (ver tabla 5.8), se estima una TIR de 15.32 % como valor más probable. Pero se puede observar que el valor de TIR mínimo esperado es de 5 %, y el máximo esperado es de 30 %.

Considerando que la Tasa de Rentabilidad Mínima Atractiva (TREMA) fue de 15 %, el proyecto es atractivo puesto que se obtiene una TIR superior. Sin embargo, existe un riesgo de obtener una rentabilidad menor, y este riesgo es de 4 % de probabilidad para una TIR entre 5 y 10 %, y 42 % de probabilidad para una TIR entre 10 y 15 %. Es significativo el riesgo de no alcanzar la TREMA deseada, pero no se espera que la rentabilidad esté por debajo del 10 %.

En el análisis de sensibilidad se observó al concepto de costos de producción como el factor más importante a cuidar, ya que puede afectar considerablemente la rentabilidad del proyecto, tanto a la baja como a la alza. La inversión total es el factor que más puede favorecer la rentabilidad.

Finalmente, podemos decir que las condiciones de mercado existentes en el país, pueden dar viabilidad a este proyecto, y que como ejercicio teórico el trabajo presenta los conceptos más relevantes para la implantación de un proyecto productivo en la Industria Química, haciendo notar que quizá se requiera mayor profundidad y extensión en la evaluación de todos los factores que debería tener un proyecto de inversión real, y que esto involucraría un estudio de tecnología y de mercado a nivel internacional.

## ANEXO A

## TECNICAS ESTADISTICAS PARA LA ESTIMACION DE PRONOSTICOS

A continuación se da una introducción de los siguientes técnicas :

1. Suavizamiento exponencial de Brown (Brown's Exponential Smoothing)
2. Suavizamiento exponencial lineal de Holt (Holt's Linear Exponential Smoothing)
3. Mínimos cuadrados para función lineal (Simple Trend Analysis)
4. Mínimos cuadrados para función exponencial (Exponential Power Curve)
5. Mínimos cuadrados para función exponencial inversa (Life-Cycle Fitting)

Para la medición del error se aplicaron las siguientes definiciones :

Si  $X_i$  es el dato actual en el periodo  $i$  y  $F_i$  es el valor pronosticado para el mismo periodo  $i$ , el error para el periodo es :

$$E_i = X_i - F_i$$

A) Error medio = ME (Mean Error) =  $(\sum E_i)/n$   
donde  $n$  es el número de datos o períodos reunidos

B) Error medio absoluto = MAE (Mean Absolute Error)  
=  $(\sum |E_i|)/n$

C) Error cuadrático medio = MSE (Mean Square Error)  
=  $(\sum E_i^2)/n$

D) Error porcentual = PEI (Percentage Error)  
=  $(X_i - F_i)/X_i * 100$

E) Error porcentual medio = MPE (Mean Percentage Error)  
=  $(\sum PE_i)/n$

F) Error porcentual absoluto medio = MAPE (Mean Percentage Absolute Error) =  $(\sum |PE_i|)/n$

### 1. Suavizamiento exponencial de Brown

Se consideran tres variantes : Suavizamiento simple, suavizamiento lineal, y suavizamiento cuadrático

Suavizamiento simple :

$$F_{t+1} = A X_t + (1 - A) F_t$$

para el periodo 0 :  $F_0 = X_0$

para el periodo t+1 :  $F_{t+1} = X_{t+1}$

"A" es un factor que varía entre 0 y 1

Suavizamiento lineal :

Para la presentación del algoritmo, primero se muestra la nomenclatura utilizada para cada periodo. "n" es el número de datos de la serie de tiempo, y "m" es el número de periodo para ser pronosticado :

PERIODO	0	1	2	.....	m-1	m	m+1	m+2	m+3	.....
DATO	X0	X1	X2	.....	Xn					
PRONOSTICO	F0	F1	F2	.....	Fn	Fm	Fm+1	Fm+2	Fm+3	.....

"A" es un factor que puede tomar valores entre 0 y 1.

$$F_{t+m} = a + b m$$

$$a = S'_t + (S'_t - S''_t)$$

$$b = (S'_t - S''_t) A / (1 - A)$$

$$S'_t = A X_t + (1 - A) S'_{t-1}$$

$$S''_t = A S'_t + (1 - A) S''_{t-1}$$

para el periodo 0 :  $F_0 = X_0$

## Suavizamiento cuadrático :

Para la presentación del algoritmo, primero se muestra la nomenclatura utilizada para cada periodo. "n" es el número de datos de la serie de tiempo, y "m" es el número de periodo para ser pronosticado :

	PER									
PERIODO	0	1	2	...	m-1	m	m+1	m+2	m+3	.....
DATO	X0	X1	X2	...	Xn					
PRONOSTICO	F0	F1	F2	...	Fn	Fm	Fm+1	Fm+2	Fm+3	.....

"A" es un factor que puede tomar valores entre 0 y 1.

$$F_{t+m} = a + b m + \frac{1}{2} c m^2$$

$$a =$$

$$a = 3 \frac{S'_t}{t} - 3 \frac{S''_t}{t} + \frac{S'''_t}{t}$$

$$b =$$

$$b = \frac{((6-5A)S'_t + (10-8A)S''_t + (4-3A)S'''_t) A}{2(1-A)}$$

$$c = \frac{(S'_t - 2S''_t + S'''_t) A^2}{(1-A)}$$

$$S'_t = A X_t + (1-A) S'_{t-1}$$

$$S''_t = A S'_t + (1-A) S''_{t-1}$$

$$S'''_t = A S''_t + (1-A) S'''_{t-1}$$

## 2. Suavizamiento exponencial lineal de Holt

El método de Holt es similar al método de suavizamiento exponencial lineal de Brown, solo que se realiza un "doble" suavizamiento.

"A" y "B" son constantes de suavizamiento que varían entre 0 y 1.

$$F_{t+m} = S_t + b m$$

$$S_t = A X_t + (1 - A) (S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = B (S_t - S_{t-1}) + (1 - B) b_{t-1}$$

## 3. Mínimos cuadrados para función lineal

El método es regresión y correlación en base a la función lineal :

$$F = m X + b$$

donde "m" y "b" son constantes que se evalúan por mínimos cuadrados.

F = valor pronosticado

X= dato proporcionado

## 4. Mínimos cuadrados para función exponencial

El método es regresión y correlación en base a la función exponencial :

$$F = \exp (a + b X)$$

donde "a" y "b" son constantes que se evalúan con regresión.

F = valor pronosticado

X= dato proporcionado

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

### 5. Mínimos cuadrados para función exponencial inversa

El método es regresión y correlación en base a la función exponencial :

$$F = \exp (a + b / X)$$

donde "a" y "b" son constantes que se evalúan con regresión.

F = valor pronosticado

X= dato conocido

Para mayor detalle de estos procedimientos, consultar FORECASTING, METHODS AND APPLICATIONS; Autores : Makridakis, Wheelwright, McGee (ver referencia bibliográfica).

## ANEXO B

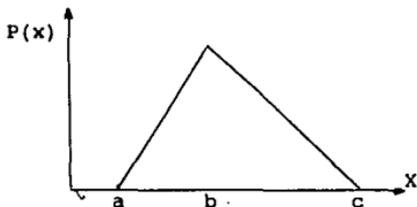
## FUNCION DE PROBABILIDAD TRIANGULAR

La función de probabilidad triangular representa una forma simple de representar la incertidumbre de una variable. Esencialmente, para construir una función de este tipo, se necesitan evaluar 3 datos :

Valor mínimo esperado = a

Valor más probable = b

Valor máximo esperado = c



La función de probabilidad triangular es la siguiente :

$$P(x) = \frac{2(x-a)}{(c-a)(b-a)} \quad \text{cuando } a < x < b$$

$$P(x) = \frac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} \quad \text{cuando } b < x < c$$

La esperanza, valor esperado o valor medio de x es :

$$E(x) = \int_a^c x P(x) dx$$

Para la función triangular, la esperanza es :

$$E(x) = (a + b + c) / 3$$

La varianza de x es :

$$V(x) = E(x^2) - [E(x)]^2$$

Para la función triangular, la variancia queda como :

$$V(x) = ( a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc ) / 18$$

Para el cálculo de probabilidad se utilizaron las siguientes ecuaciones :

Si  $P(x \leq X') < P(x \leq b)$ , la función de probabilidad es :

$$P(x \leq X') = \int_a^{X'} \frac{2(x-a)}{(c-a)(b-a)} dx = \frac{(X' - a)^2}{(c-a)(b-a)}$$

La probabilidad  $P(x \leq b)$ , se estima de la siguiente manera :

$$P(x \leq b) = \int_a^b \frac{2(x-a)}{(c-a)(b-a)} dx = \frac{(b-a)^2}{(c-a)(b-a)}$$

Si  $P(x \leq X') < P(x > b)$ , la función de probabilidad es :

$$P(x \leq X') = 1 - P(x > b) = 1 - \int_a^{X'} \frac{2(c-x)}{(c-a)(c-b)} dx$$

$$P(x \leq X') = 1 - \frac{(c - X')^2}{(c-a)(c-b)}$$

## BIBLIOGRAFIA

## LIBROS :

Baca Urbina  
EVALUACION DE PROYECTOS  
México, D.F. (1989)

Coss Bu, R.  
ANALISIS Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION  
Ed. Limusa. México, D.F. (1981)

Evans, F. L.  
EQUIPMENT DESIGN HANDBOOK  
Gulf Publishing Co. U.S.A., Houston (1974)

Granger, C.W.J:  
FORECASTING IN BUSINESS AND ECONOMICS  
(1980)

Kirk-Othmer  
ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY  
Wiley & Sons (1980)

Kuong, J. F.  
APPLIED NOMOGRAPHY  
Gulf Publishing Co. U.S.A., Houston (1965)

Makridakis/McGee/Wheelwright  
FORECASTING METHODS AND APPLICATIONS  
Wiley & Sons (1980). Hong Kong (1986)

MERCK INDEX  
(1983)

Meyer, P. L.  
PROBABILIDAD Y APLICACIONES ESTADISTICAS  
Ed. Fondo Educativo Interamericano. México, D.F. (1973)

Moo-Young, M.  
COMPREHENSIVE BIOTECHNOLOGY  
Ed. Wheaton and Co. (1986)

Perry, R. H.  
MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO  
Ed. Mc Graw Hill. México, D.F. (1973)

Quintero R., R.  
INGENIERIA BIOQUIMICA  
Ed. Alhambra Mexicana. México, D.F. (1987)

Scriban, R.  
BIOTECNOLOGIA  
Ed. El Manual Moderno. México, D.F. (1985)

Weaver, R.  
PROCESS PIPING DRAFTING  
Gulf Publishing Co. U.S.A., Houston (1970)

CURSOS, NOTAS, APUNTES :

Arnaud H., R.  
APUNTES INGENIERIA ECONOMICA II

Mendoza M., R,  
FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS INDUSTRIALES  
INFOTEC (1988)

ARTICULOS Y PUBLICACIONES :

ANUARIO ESTADISTICO DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE LA  
SECRETARIA DE COMERCIO  
(1989)

CHEMICAL MARKETING REPORT  
(Diciembre 1989)

Gauthier, G. J.  
DUAL CATALYST SEQUENTIAL METHOD FOR PRODUCTION OF SORBITOL  
FROM HYDROLIZED STARCH SOLUTION  
United States Patent

Guthrie, K. M.  
CAPITAL COST ESTIMACION  
Hydrocarbon Processing (1968)

Hall, R. S.  
PROCESS EQUIPMENT  
Chemical Engineering (abril 1982)

INFORMACION ESTADISTICA DEL BANCO DE MEXICO  
(1989)

Walas, M. S.  
RULES OF THUMB, SELECTING AND DESIGNING EQUIPMENT  
Chemical Engineering (Marzo, 1989)

**CENTROS DE INFORMACION CONSULTADOS**

**ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA (ANIQ)**  
Providencia núm. 1118

**BIBLIOTECA DEL BANCO DE MEXICO**  
Tacuba núm. 4

**CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA**  
Av. Cuauhtémoc núm. 1481

**INFOTEC**  
San Fernando núm. 37

**SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL**  
Alfonso Reyes núm. 30