

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y  
MANUFACTURERA



"DISEÑO DE UNA PLANTA COMERCIAL  
DE EXTRACCION DE ACEITE  
ESENCIAL DE ANIS"

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUIMICO

MONCADA RAMIREZ SONIA MARITZA  
PARIONA URTECHO MIRELLA ELVIRA

LIMA - PERU

1993

## **INDICE**

### **I. INTRODUCCION**

### **II. MATERIA PRIMA**

#### *2.1 Generalidades*

*2.1.1 Lugar de procedencia*

*2.1.2 Condiciones para su cultivo*

*2.1.3 Cosecha*

#### *2.2 Distribución y descripción botánica*

*2.2.1 Clasificación botánica*

*2.2.2 Características botánicas*

*2.2.3 Descripción del fruto de anís*

*2.2.4 Composición química del fruto de anís.*

*2.2.5 Usos*

#### *2.3 Estudio de Mercado*

*2.3.1 Lugares de producción*

*2.3.2 Producción histórica*

*2.3.3 Volúmenes de importación y/o exportación*

*2.3.4 Producción proyectada*

*2.3.5 Conclusiones*

### **III. PRODUCTO – ACEITE ESENCIAL DE ANIS**

#### *3.1 Generalidades*

*3.1.1 Definición de los Aceites Esenciales*

*3.1.2 Localización de los Aceites Esenciales*

*3.1.3 Función de los Aceites Esenciales*

*3.1.4 Composición de los Aceites Esenciales*

*3.1.5 Propiedades fisicoquímicas de los Aceites Esenciales*

*3.2 Aceite Esencial de Anís*

*3.2.1 Principales componentes del producto*

*3.2.1.1 Descripción del componente principal del Aceite Esencial de Anís*

*3.2.2 Propiedades fisicoquímicas - Normas de Identificación*

*3.2.3 Aplicaciones industriales*

*3.3 Estudio de mercado*

*3.3.1 Demanda en el país*

*3.3.2 Oferta*

*3.3.3 Mercado externo*

*3.3.4 Proyección de la demanda*

*3.3.5 Conclusiones*

#### **IV. TAMAÑO, LOCALIZACION DE PLANTA Y PLAN DE PRODUCCION**

*4.1 Tamaño*

*4.1.1 Tamaño - Materia Prima*

*4.1.1.1 Materia prima*

*4.1.1.2 Producto final*

*4.1.2 Tamaño - Tecnología*

*4.1.3 Tamaño - Financiamiento*

*4.1.4 Tamaño Propuesto*

*4.2 Localización*

*4.2.1 Factores cualitativos*

*4.2.1.1 Existencia de recursos*

*4.2.1.2 Clima*

*4.2.1.3 Accesibilidad a los centros de producción y mercado nacional*

*4.2.1.4 Disponibilidad de terreno*

- 4.2.1.5 *Política de gobierno*
- 4.2.1.6 *Disponibilidad de mano de obra calificada*
- 4.2.1.7 *Agua, desagüe y energía eléctrica*

#### *4.2.2 Localización propuesta*

### **V. TECNOLOGIA DEL PROCESO**

#### *5.1 Procesos posibles de obtención*

- 5.1.1 *Destilación por arrastre de vapor*
- 5.1.2 *Expresión*
- 5.1.3 *Extracción con solventes*
- 5.1.4 *Enflorado*

#### *5.2 Destilación por arrastre de vapor*

- 5.2.1 *Tipos de destilación por arrastre de vapor*
- 5.2.2 *Condiciones generales para la hidrodestilación*
- 5.2.3 *Efectos del vapor sobre el material vegetal*
  - 5.2.3.1 *Difusión*
  - 5.2.3.2 *Hidrólisis*
  - 5.2.3.3 *Efectos del calor sobre el material vegetal*
- 5.2.4 *Cuadro comparativo de los diversos tipos de hidrodestilación*

### **VI. PARTE EXPERIMENTAL**

#### *6.1 Introducción*

#### *6.2 Trabajo a nivel de planta piloto*

- 6.2.1 *Características de la materia prima*

*6.2.2 Descripción de los equipos a nivel planta piloto*

*6.3 Diseño factorial de experimentos*

*6.3.1 Aplicación del diseño factorial para la extracción del aceite esencial de anís*

*6.3.2 Consideraciones*

*6.4 Tabulación de datos y resultados*

*6.4.1 Cuadro de datos*

*6.4.2 Cuadro de resultados*

*6.5 Análisis del Aceite Esencial de Anís*

*6.5.1 Cuadro de análisis*

*6.5.2 Contenido de anetol*

## **VII. DISEÑO DE EQUIPOS PARA UNA UNIDAD COMERCIAL**

*7.1 Introducción*

*7.2 Descripción y diagrama del proceso*

*7.3 Tamaño de planta y plan de producción*

*7.4 Requerimientos del proceso*

*7.5 Descripción y diseño de equipos*

*7.6 Diagrama de flujo*

*7.7 Layout*

## **VIII. EVALUACION ECONOMICA**

*8.1 Inversión en capital fijo*

*8.2 Costo de producción*

*8.3 Precio de venta*

*8.4 Determinación de: VAN, TIR, B/C*

*8.5 Conclusiones*

## **IX. CONCLUSIONES**

## **X. BIBLIOGRAFIA**

## **APENDICES**

*APENDICE A : Balance de masa y energía.*

*APENDICE B : Cálculos en el diseño factorial de experimentos.*

*APENDICE C : Análisis cromatográficos.*

*APENDICE D : Equipos, diseño, especificaciones.*

## *CAPITULO I*

## **INTRODUCCION**

*Los aceites esenciales son productos odoríferos obtenidos de materias primas naturales por destilación habitualmente con agua y vapor. Estos aceites constituyen una valiosa fuente de ingresos, aunque de carácter mas bien secundario para gran número de agricultores y negociantes en pequeña escala en países en desarrollo como el nuestro.*

*Estudios realizados en el Centro de Comercio Internacional (CCI) sobre la industria de aceites esenciales naturales, muestra el gran auge de ésta desde el año 1984 al año 1987 (con un pico en el 87 de 8.5 TM por año), decayendo la curva a partir del 87 hasta el 90 debido al ingreso de los sintéticos a este mercado. Sin embargo estos productos ven restringida su aplicación para el consumo humano debido a su alta toxicidad, haciéndose necesario retomar el producto natural.*

*En este caso específico se estudiará la obtención del aceite esencial de anís que así como los otros aceites esenciales es insumo básico de una serie de productos elaborados tales como: bebidas, saborizantes, productos de confitería, de panificación, productos farmacéuticos, perfumes, cosméticos; entre otros.*



*El presente estudio propone el Diseño de una Planta Comercial de Extracción de Aceite Esencial de Anís, a partir del Pimpinella Anisum, instalada en el Valle de Curahuasi, zona que debido sus condiciones climatológicas ofrece, al igual que otros lugares en el territorio nacional, el ambiente adecuado para este cultivo.*

*El diseño de la planta se basará en corridas experimentales y en estudios de mercado que permitirán, en primer lugar, la obtención de un producto de buena calidad y, en segundo lugar, su consecuente comercialización.*

## **II. MATERIA PRIMA**

### **2.1 Generalidades**

#### **2.1.1 Lugar de Procedencia**

La planta de la cual se obtienen los granos de anís, cuyo nombre científico es *Pimpinella Anisum*, es oriunda del Asia Menor y Egipto. Actualmente es cultivada en varios países: España, Italia, Francia, Alemania, Rusia, Bulgaria, China, Chile, Grecia, Hungría, India, México, Siria, Tunes, Turquía, Yugoslavia, Marruecos, Polonia, Argentina, entre otros. Los cuatro primeros países citados producen la mayor parte de anís que pasa al comercio.

Al parecer fueron los españoles los que introdujeron este cultivo, de allí que habiendo tratado de aclimatarlo, encontraron en Curahuasi el lugar ideal por su clima, semejante al reinante en las zonas aniseras españolas, motivo que explica la razón de tener en el Perú sólo la variedad española.

#### **2.1.2 Condiciones para su cultivo**

El anís es una planta que requiere la exposición a la luz todo el día, y la presencia constante de viento atemperante; factores que en combinación son los determinantes del buen grano de anís. Estos dos factores son los que imprimen una ecología especial al Valle de Curahuasi, razón por la cual en nuestro país el cultivo de anís está concentrado en esta zona.

- Suelo :

El terreno ha de ser bueno, permeable y preferentemente calizo, necesitando abonos solo cada dos años. Un suelo bien drenado, fértil ó moderadamente rico, es deseable para el buen crecimiento del anís.

En cuanto a las características de los suelos del valle de Curahuasi, éstos son bastante variables, pero la tendencia general es la de ser suelos franco limosos y franco arenosos con una riqueza considerable en materia orgánica; tienen un origen coluvial, situados en las faldas de los cerros que rodean y forman el Valle; pero según resultados obtenidos, los mejores son los de origen aluvial situados a orillas de un pequeño afluente del río Apurímac.

Según referencias bibliográficas el suelo del valle de Curahuasi presenta las siguientes características:

pH = 7.9 en la capa arable  
 m.o = 2.06% medianamente rico en materia orgánica  
 N = 0.14% buena cantidad de Nitrógeno  
 P = 61 Kg/Ha (contenido medio)  
 K = 625 Kg/Ha (bastante rico)

- Siembra:

En Curahuasi el anís se cultiva con la humedad de las lluvias que son controladas tan solo por la época de siembra, para lo cual el anís se siembra en los meses en que las lluvias se encuentran completamente normalizadas, por lo que en las etapas críticas (que comprende, una, el nacimiento de las plantitas desde la aparición de las hojas cotiledonales, hasta la aparición de las hojas primordiales y en menor cantidad hasta la floración) no se originen sequías

de más de 3 días, que son suficientes para perjudicar el anís. En Curahuasi se emplea algo de 60 a 70 Lb/Ha de semilla en siembra al voleo, en línea es menor la cantidad de semilla. La época de siembra es cuando las lluvias están normalizadas, generalmente en los últimos 15 días de febrero y los primeros 15 días de Mayo.

- Técnica cultural :

En Curahuasi, se realizan tres deshierbos :

- 1) A los 20 ó 30 días de la siembra (primeras hojas primordiales).
- 2) Pasados los primeros 20 días del primer deshierbo.
- 3) Este tercer deshierbo se realiza cuando el cultivo lo requiere ,cuando la planta está por florecer.

En cuanto los riegos, se realizan cuatro. Es importante mencionar que la planta no debe recibir cantidad alguna de agua en la floración. El último riego se realiza 20 días antes de la cosecha.

### **2.1.3 Cosecha**

En la zona de Curahasi la cosecha comprende las siguientes fases :

1) Arrancado de la planta : La planta se arranca de raíz debido que las umbelas no maduran en forma uniforme.

2) Formación de gavillas en el campo : arrancada la planta, se forman las gavillas con un diámetro de 30cm. que se colocan en un lado del terreno en forma alternada, para luego preparar atados o tercios para su transporte.

3) *Secado* : los tercios son llevados al lugar del secado donde se colocan las plantas con la raíz hacia arriba, para evitar que las umbelas se pongan negras con la escarcha de la noche ;para facilitar el secado se van formando conos, esta etapa dura de 3 a 5 días, dependiendo del clima.

4) *Escobillado o frotado de la semilla* : Después del secado se llevan en manojos las plantas al lugar donde se frota o pisa las umbelas, para la extracción de las semillas; este lugar está constituido por una especie de hondonada, de piso bien afirmado y un borde hecho de tierra, para evitar que la semilla se salga, llevada por el viento; esta operación se realiza con los pies (ojotas) y en forma suave para que no se rompa el fruto.

5) *Limpieza* : Extraída la semilla, se le lleva a otro lugar donde se hará la limpieza, para lo cual se echa el grano en el suelo, debidamente apisonado y limpio, y los trabajadores proceden quitar los tallos y terrones grandes.

6) *Zarandeo* : Se lleva a cabo con dos tipos de zarandas; el primero de diámetro mayor (6mm) que retiene las pajas y terrones con las demás impurezas, la segunda de diámetro mas reducido (4mm) que separa la tierra, el polvillo y otros restos que quedaron de la primera zarandeada; un auxiliar valioso en este momento, es la corriente de aire que debe haber por lo que la cosecha debe coincidir con el inicio del mes de Agosto.

## **2.2 Distribución y Descripción Botánica**

### **2.2.1 Clasificación Botánica**

La clasificación botánica del Anís "*Pimpinella anisum*", es la siguiente :

- Reyno : Vegetal
- División : Angiosperma
- Clase : Dicotiledonea
- Orden : Umbeliflorales
- Familia : Umbelifloras
- Género : *Pimpinella*
- Especie : *Anisum L.*

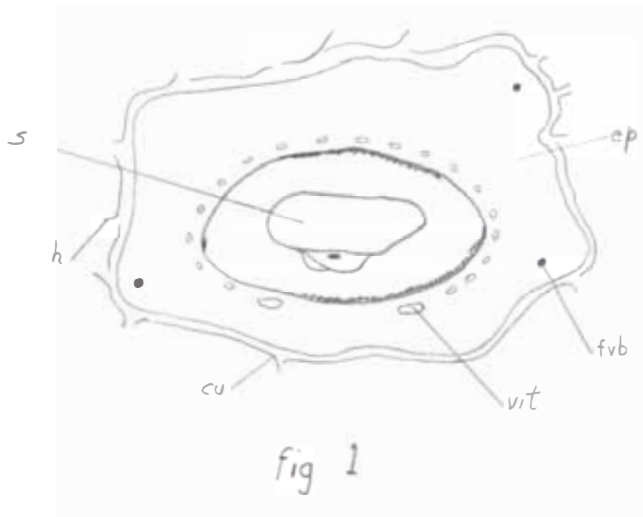
### **2.2.2 Características Botánicas**

El anís es una planta herbácea anual. Tiene un tallo cilíndrico, de 0.3 a 0.5 metros, de color verde grisáceo.

**Hojas** con trimorfismo foliar, las inferiores redondeadas dentadas en su borde, las de la parte media divididas en tres segmentos profundos y las superiores en angostas lacinias. Sus flores son pequeñas, blancas, reunidas en umbelas compuestas. El fruto es un diáqueno piriforme invertido con numerosos tubos o sacos oleosos, varían en medida de 2 a 5 mm.

### **2.2.3 Descripción del Fruto de Anís**

Un corte transversal de uno de los aquenios que forma el fruto del anís revela las siguientes partes:



*fvb* = haz fibrovascular

*s* = semilla

- pericarpio

*vit* = tubo oleoso

*h* = pelo

*en* = endocarpio

*cu* = cutícula

*ep* = epidermis

#### **2.2.4 Composición Química del fruto de Anís**

*El fruto de Anís contiene :*

- *Materias nitrogenadas*
- *Agua*
- *Aceite etereo (volátiles)*
- *Lípidos y ácidos grasos*
- *Proteínas*
- *Carbohidratos*
- *Féculas*
- *Materia no nitrogenada*
- *Cenizas*

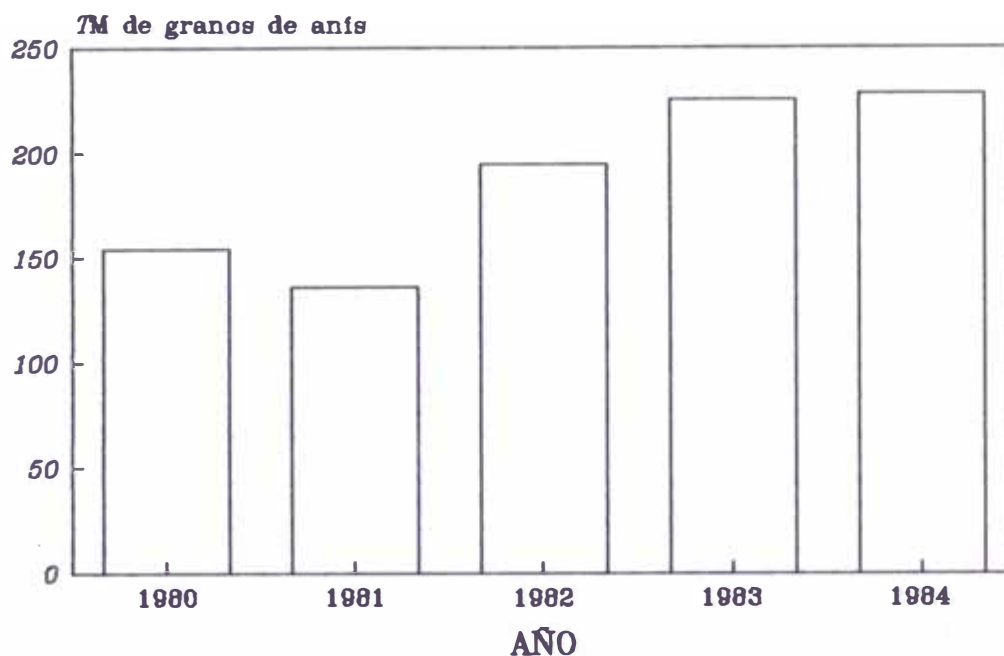
*El contenido de esencia de los granos varía entre 1.4 a 3.5% en peso, el porcentaje de proteínas es relativamente alto y puede llegar hasta 19%, lo mismo que el porcentaje de grasas que puede llegar hasta 22%.*

#### **2.2.5 Usos**

*Se emplea en la elaboración de bebidas filtrantes (mate de anís), para su uso como digestivo; en la elaboración de licores tipo anisado; en la elaboración de productos de panadería y a nivel industrial en la extracción de aceite esencial.*

*En veterinaria se usa la harina de las semillas en los*

**GRAFICO 1**  
**PRODUCCION NACIONAL DE GRANOS DE ANIS**



Fuente: Ministerio de Agricultura. OSI  
Oficina Sectorial de Estadística

**CUADRO 1**  
**PRODUCCION NACIONAL DE GRANOS DE ANIS**

AÑO	LUGAR	S Has	R kg/Ha	P TM	PN TM
1980	Apurímac	238	650	153	164
	Moquegua	3	400	1	
1981	Apurímac	210	600	126	136
	Moquegua	16	555	10	
1982	Apurímac	366	600	184	194
	Moquegua	19	550	10	
1983	Apurímac	360	600	216	226
	Moquegua	17	600	9	
1984	Apurímac	360	600	226	226

S: Superficie  
R: Rendimiento  
P: Producción de granos de anís  
PN: Producción nacional total de granos

Fuente: Min. de Agricultura. OSI



*alimentos de los animales de producción de leche, lo que aumenta considerablemente la producción.*

*Como planta medicinal se usa por sus aplicaciones como carminativo, colagogo, galactógeno, analgésico depurativo y expectorante.*

### ***2.3 Estudio de Mercado***

*Todo proyecto agroindustrial tiene a la materia prima como base fundamental para su desarrollo, de allí que se hace necesario un análisis referido específicamente a su disponibilidad. En tal sentido se revisarán los puntos que se detallan a continuación.*

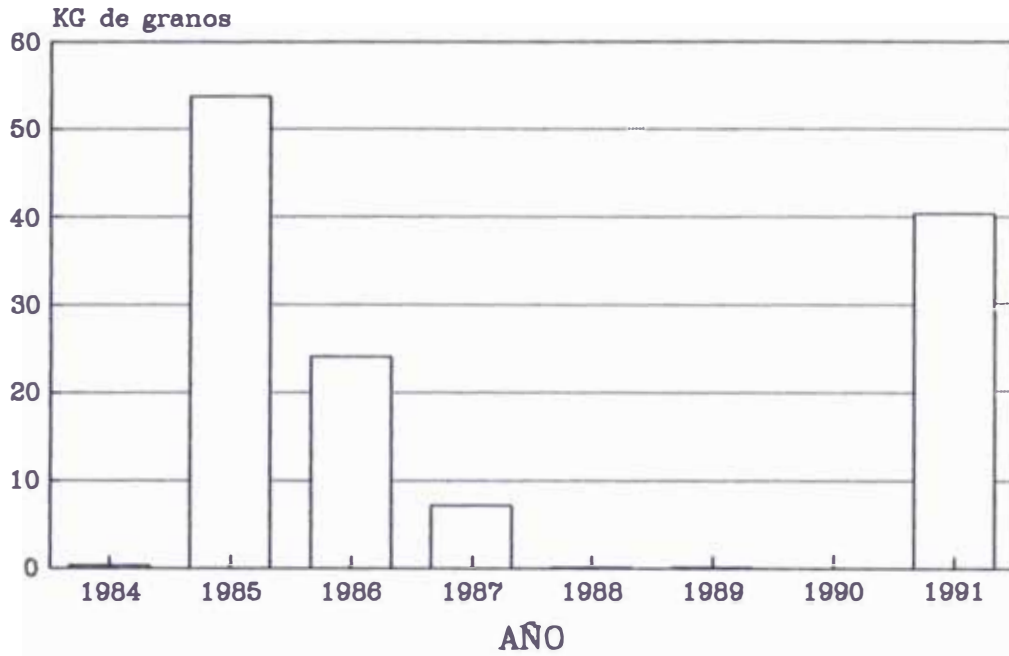
#### ***2.3.1 Lugares de Producción***

*En nuestro país las zonas dedicadas al cultivo del anís son los departamentos de Apurímac y Moquegua siendo Apurímac el más importante con un 95% aproximadamente de la producción nacional.*

*En Apurímac (Valle de Curahuasi) existen 600 Has destinadas a este cultivo, de las cuales sólo se están aprovechando alrededor de 400 Has que con un rendimiento de 600 kg/Ha da una producción anual promedio de 240 TM. En Moquegua se observa un rendimiento de 550 kg/Ha.*

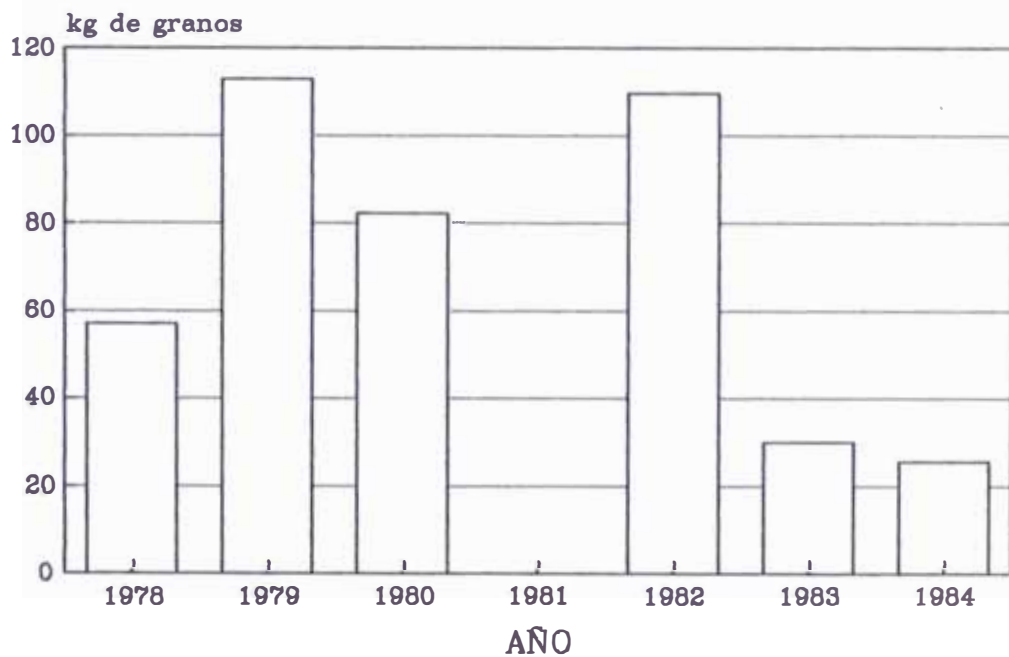
*Según referencias bibliográficas en Curahuasi podría obtenerse un alto rendimiento por hectárea del anís y éste podría llegar hasta 1000 ó 1200 kg/Ha, se conoce además que los meses de cosecha en este lugar son Junio y Julio.*

G CO N°2  
IMPORTACIONES DE GRANOS DE ANIS



Fuente: Anuarios de Comercio Exterior  
FOPEX

GRAFICO N° 3  
EXPORTACIONES DE GRANOS DE ANIS



Fuente: Anuarios de Comercio Exterior  
FOPEX

### **2.3.2 Producción Histórica**

*Sólo se disponen de datos estadísticos de producción nacional hasta el año 1984, ya que al no ser el anís un cultivo representativo (en porcentaje) de la agricultura nacional no está considerado en las estadísticas actuales.*

*En el cuadro Nº 1 se observa la producción nacional por departamento, así como la producción agrícola nacional total de anís por año, debiéndose anotar la tendencia al incremento de la superficie de cultivo.*

### **2.3.3 Volúmenes de Importación y/o Exportación**

*En este ítem se ha puesto más énfasis en el análisis de las importaciones ya que para el presente estudio son de mayor importancia.*

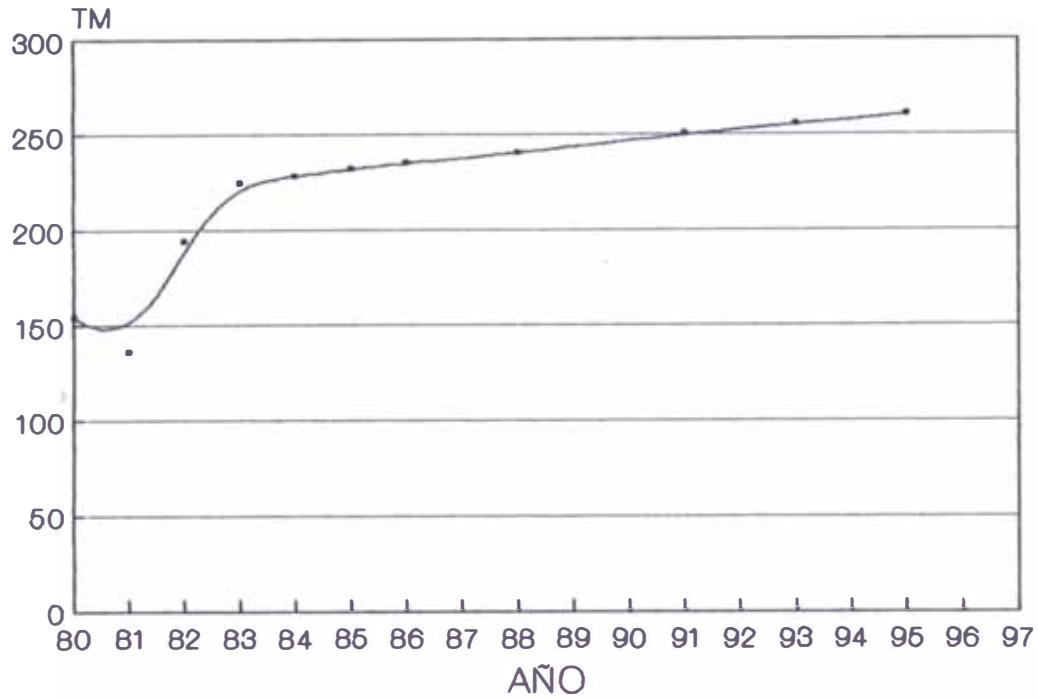
*En el cuadro Nº 2 se muestran las importaciones de granos de anís por país de procedencia, año, así como los promedios anuales. En cuanto a las exportaciones, éstas se muestran en el cuadro Nº 3.*

### **2.3.4 Producción Proyectada**

*Como no se cuentan con datos estadísticos de los últimos 7 años, se tomará como referencia la producción del período 1980 - 1984 que, según conversaciones con personal de las estadísticas departamentales del Ministerio de Agricultura, puede asumirse como constante para efectos de proyección.*

*Considerando los puntos anteriores se proyecta una*

GRAFICO 4  
 PRODUCCION PROYECTADA DE GRANOS DE ANIS



CUADRO 4  
 PRODUCCION PROYECTADA DE GRANOS DE ANIS

AÑO	TM
1993	255
1994	257
1995	260
1996	262
1997	268

Fuente: Elaboración propia.

producción para los próximos cinco años tal como se muestra en el gráfico Nº 4 y se especifica en el cuadro Nº 4.

### **2.3.5 Conclusiones**

Apurímac es el principal productor nacional de granos de anís, existiendo 200 Has no cultivadas aún.

El rendimiento (kg/Ha) se podría duplicar, mejorando las técnicas de cultivo.

Se observa una ligera pendiente positiva en la producción nacional de granos de anís.

En el período 1985 - 1990 las cifras muestran claramente un descenso en los volúmenes de importación de granos debido probablemente a la política del gobierno en turno, en contraste el año 1991 reporta cifras considerables.

En cuanto a los precios unitarios de importación (\$CIF/kg) del grano, éstos variaron de acuerdo al país de procedencia observándose un promedio de 2.3\$CIF/kg. De los anuarios de exportación, éstas se inician en el año 1978, reportándose cifras sólo hasta el año 1984. Brasil y Argentina han sido los principales importadores del anís peruano.

Las cifras proyectadas representan un nivel mínimo de la producción nacional esperada.

Nuestro país debido a su riqueza geográfica y climatológica ofrece muchos lugares que reúnen las condiciones para el cultivo del anís.

### **III PRODUCTO - ACEITE ESENCIAL DE ANIS**

#### **3.1 Generalidades**

##### **3.1.1 Definición de los Aceites Esenciales**

Los aceites esenciales pueden definirse como cuerpos odoríferos de naturaleza oleosa, obtenidos casi exclusivamente de fuentes vegetales. Suelen ser líquidos (a veces semisólidos y raramente sólidos) a las temperaturas ordinarias. Son volátiles en corriente de vapor y se evaporan, con velocidades diferentes, la temperatura ambiental y presión atmosférica; de allí la existencia de términos tales como aceites volátiles o etéreos.

Aparte de su composición química, la diferencia fundamental entre los aceites esenciales y los aceites o grasas (triglicéridos) se encuentra en la evaporación relativamente rápida y olor característico de los aceites esenciales.

##### **3.1.2 Localización de los Aceites Esenciales**

De las miles de especies vegetales que se conocen, sólo unas cuantas producen aceites esenciales y éstos pueden localizarse por toda la planta o en sólo determinadas partes de ella, como raíz, tronco, corteza, hojas, flores y frutos. En algunos casos una misma planta posee aceites esenciales de composición química diferente en distintos órganos como ocurre, por ejemplo, en los cítricos.

Los siguientes son unos pocos ejemplos de aceites esenciales, citados de acuerdo con su presentación en la planta.

En las raíces : regaliza, aceite de espárragos.  
 En los tallos : trementina.  
 En las hojas : menta, aceite de geranio.  
 En las flores : jazmín, aceite de azahar, aceite de rosas.  
 En los frutos : aceites de naranja y de limón, aceite de anís, esencias de fresas, de uvas, entre otros.

### **3.1.3 Función de los Aceites Esenciales**

La función fisiológica de los aceites esenciales en el metabolismo vegetal es todavía oscura. Mientras que el principio oloroso de las hojas y flores se puede asumir que es útil para atraer a los insectos hacia el pólen, tal propiedad no puede adscribirse al aceite presente en otras porciones de la planta. El aceite actúa posiblemente como una protección contra el ataque de los insectos. Hasta la fecha, sin embargo, no hay ninguna prueba en favor de teoría alguna y la única alternativa que existe es la de considerar a los aceites esenciales (como otros productos secundarios, antocianinas, alcaloides, taninos, etc.) como productos de desechos del metabolismo vegetal.

### **3.1.4 Composición de los Aceites Esenciales**

La composición química de los aceites esenciales suele ser compleja. La mayoría contiene un número elevado de constituyentes, no siendo raro el que existan entre 30 ó 40. Sólo unos pocos están formados por un componente único, por ejemplo los aceites de

abedul (salicilicato de metilo) y el aceite de casia (aldehido cinámico). Los componentes básicos de los aceites esenciales pueden ser diversas clases de compuestos orgánicos, principalmente terpenos y sesquiterpenos, junto con sus alcoholos, ésteres, aldehídos y cetonas.

Pueden ser clasificados del modo siguiente:

- 1.\_ Esteres : Principalmente de los ácidos benzoico,acético,salicílico y cinamico.
- 2.- Alcoholes: Linalol, geraniol, citronelol, terpinol, mentol, borneol.
- 3.- Aldehídos: Citral,citronelal,benzaldehído,cinamaldehído,aldehído cumínico.
- 4.- Acidos : Benzoico,cinaámico,mirístico,isovalérico en estado libre.
- 5.\_ Fenoles : Eugenol,timol,carvanol.
- 6.\_ Cetonas : Carvona,mentona,pulegona,irona, fen - cona,tuyona,alcanfor,metil-nonil-cetona,metil-eptenona.
7. Eteres : Cineol(eucaliptol),anetol,safrol.
8. Lactonas : Cumarina
- 9.\_ Terpenos : Canfeno,pineno,limoneno,fenandreno, cedreno.
- 10.\_Hidrocarburos : Cimeno,estireno(feniletileno).

### **3.1.5 Propiedades Fisicoquímicas de los Aceites Esenciales**

Los aceites esenciales son por lo general insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos, aunque pueden disolverse en el agua la cantidad suficiente de aceite para comunicar la solución un olor intenso, como ocurre en el agua de rosas y en el agua



fig 2



Peso Molecular = 148.2



*p*-metoxipropenilbenzol

### ANETOL

#### **Propiedades**

Se presenta como una masa blanca cristalina de sabor y olor intensamente dulce y anisado. Es casi insoluble en agua, pero miscible en todas proporciones con solventes orgánicos.

Bajo la influencia de la luz y el aire, o el calor, el anetol pierde su poder de cristalizar, adquiriendo simultáneamente una apariencia viscosa, un color amarillo y un desagradable sabor amargo. Esto es acompañado por una elevación de la gravedad específica por encima de 1 y un aumento de la solubilidad en alcohol.

#### **Obtención:**

El aislamiento del anetol se puede hacer por:

##### **-Destilación al vacío (17 mm de presión):**

Se obtiene anetol de (98 - 99)% de riqueza, con leve tufo eliminable por lavados con sosa.

##### **-Cristalización enfriando a 5 grados y centrifugando luego:**

El anetol tiene 98-99% de riqueza, pero retiene todas las colas.

CUADRO N 5

NORMAS DE IDENTIFICACION DEL ACEITE ESENCIAL DE ANIS

CARACTERISTICAS	NORMAS DEL ITINTEC		
APARIENCIA	LIQUIDO CRISTALINO		
COLOR	INCOLORO O LIGERAMENTE AMARILLO		
OLOR	DE ANISADO, AROMATICO QUE RECUERDA AL ANETOL		
DENSIDAD RELATIVA A 20 ° C	0.980	-	0.990
INDICE DE REFRACCION A 20 ° C	1.552	-	1.559
ROTACION OPTICA A 20 ° C	 - 2 °	A	+ 2 °
SOLUBILIDAD EN ALCOHOL A 90 %	SOLUBLE HASTA EN 3 VOLU- MENES DE ALCOHOL		
PUNTO DE CONGELACION	DE 15°C		19°C

*-Cristalización en éter de petróleo (previamente rectificado y deodorizado), donde se disuelve la esencia, se enfría a 19-20 grados y se separa por filtración el anetol cristalizado, quedando disueltas las cabezas y las colas. Aunque luego se calientan los cristales de anetol en baño maría para eliminar los restos de éter, siempre queda algo de su olor.*

*El anetol también es sintetizado químicamente partir del metilchavicol (estragol), el que a su vez es obtenido por destilación fraccionada del aceite de pino americano, por lo que se le clasifica como semisintético. El anetol semisintético debido a su menor precio, ha desplazado considerablemente del mercado internacional al aceite natural de anís; sin embargo, es necesario hacer notar que el anetol semisintético puede ser dañino para la salud humana debido a la presencia del isómero tóxico cis-anetol en varios de ellos. Este isómero no se presenta en el aceite natural de anís, el cual solamente posee el inocuo trans anetol.*

### **3.2.2 Propiedades Fisicoquímicas - Normas de Identificación**

*A la temperatura de 20°C el aceite de anís es un líquido incoloro de gran poder refringente, de sabor puro muy dulce y olor peculiar, se solidifica al frío comenzando a fundirse a 15°C o menos y completando la licuación a 18 ó 20°C, su gusto es más fino que el de la esencia de badiana, motivo por el cual es utilizado en licores y dentríficos.*

*En nuestro país el ITINTEC registra las normas de identificación Que se muestran en cuadro N°5.*

CUADRO # 6

VOLUMENES DE IMPORTACION DE ACEITE ESENCIAL DE ANIS Y ANETOL

ANO	PRODUCTO	PROCEDECIA	CANTIDAD KG	VALOR(CIF) \$
1984	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	25	211
		ESPAÑA	85	12,462
		ESTADOS UNIDOS	113	1,599
		REINO UNIDO	45	495
TOTAL		268	14,767	
-----				
1984	ANETOL	ALEMANIA FEDERAL	185	2,790
		ARGENTINA	875	8,700
		ESTADOS UNIDOS	1,069	8,575
		REINO UNIDO	202	2,378
TOTAL		2,331	22,303	
-----				
1985	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	22	164
		ESPAÑA	115	19,146
		ESTADOS UNIDOS	216	5,022
		REINO UNIDO	28	444
		SUIZA	5	344
TOTAL		386	25,120	
-----				
1985	ANETOL	ALEMANIA FEDERAL	1,040	10,351
		ARGENTINA	435	3,643
		ESPAÑA	440	4,411
		ESTADOS UNIDOS	2,960	24,651
		REINO UNIDO	257	3,200
TOTAL		5,132	46,256	
-----				
1986	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	61	1,500
		ESPAÑA	8	252
		ESTADOS UNIDOS	28	690
		REINO UNIDO	18	295
TOTAL		117	2,926	

CONTINUACION DEL CUADRO # 6

ANO	PRODUCTO	PROCEDECIA	CANTIDAD KG	VALOR(CIF) \$
1986	ANETOL	ALEMANIA FEDERAL	979	14,941
		ESPAÑA	1,706	20,092
		ESTADOS UNIDOS	3,539	27,316
TOTAL		6,224	62,349	
1987	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	72	2,123
		ESPAÑA	42	7,761
		SUIZA	9	1,151
TOTAL		123	11,035	
1987	ANETOL	ALEMANIA FEDERAL	238	5,927
		ARGENTINA	662	9,264
		ESPAÑA	4,144	50,921
		ESTADOS UNIDOS	3,155	27,882
		JAPON	117	1,434
TOTAL		138	1,465	
TOTAL		8,454	76,893	
1988	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	95	2,877
		ESPAÑA	78	17,602
		ESTADOS UNIDOS	14	288
TOTAL		187	20,767	
1988	ANETOL	ALEMANIA FEDERAL	12	282
		ESPAÑA	989	21,917
		ESTADOS UNIDOS	2172	24,677
TOTAL		4173	46,876	
1989	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	13	309
		REP. P.CHINA	6	282
TOTAL		19	591	

CONTINUACION DEL CUADRO # 6

ANO	PRODUCTO	PROCEDECIA	CANTIDAD KG	VALOR(CIF) \$
1989	ANETOL	ESTADOS UNIDOS	944	15,299
TOTAL			944	15,299
1990	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	12	307
		REP. P. CHINA	6	242
		ESPAÑA	23	305
		MEXICO	75	2,963
		SUIZA	4	587
TOTAL			120	4,404
1990	ANETOL	ESPAÑA	873	14,821
TOTAL		ESTADOS UNIDOS	614	11,588
			1,487	26,409
1991	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	12	572
TOTAL		SUIZA	3	370
			15	942
1991	ACEITE ESENC.	ALEMANIA FEDERAL	167	3,127
		ARGENTINA	434	7,134
		ESPAÑA	1,310	19,990
		ESTADOS UNIDOS	310	7,475
		REINO UNIDO	40	793
TOTAL			2,261	38,519

Fuente: Anuarios de Comercio Exterior del MICTI

### **3.2.3 Aplicaciones Industriales**

*En farmacia y en la industria de cosméticos:*

*Es utilizado como carminativo, estimulante y expectorante en muchas preparaciones.*

*También es utilizado para enmascarar olores indeseables en drogas y productos cosméticos, y como componente fragancioso en dentríficos, perfumes, jabones, detergentes, cremas y lociones, con niveles de uso de hasta 0.25 % del aceite en perfumes.*

*En alimentos:*

*Es ampliamente utilizado en pastelería y como ingrediente en mayor parte de los alimentos, incluyendo bebidas alcohólicas (bitters, brandies, anisado) y no alcohólicas dulces, caramelos, gelatinas. El nivel máximo de uso para el aceite de anís es de 0.06% (570ppm) en preparados alcohólicos y 0.07% (681ppm) en dulces.*

*También se emplea como sensibilizador en procesos de decoloración y en fotografía en color.*

## **3.3 Estudio de Mercado**

### **3.3.1 Demanda en el País**

*La demanda del aceite esencial de anís estará representada por los volúmenes de importación del aceite esencial y su componente principal el anetol.*

*El cuadro Nº 6 muestra detalladamente dichas importaciones por país de procedencia y por año. Las*

*cantidades totales así como los precios CIF promedios anuales se dan en el cuadro Nº 7.*

### ***3.3.2 Oferta***

*No existen registros industriales que indiquen producción nacional de aceite esencial de anís; sin embargo se tiene conocimiento de la existencia de pequeñas plantas informales de procesamiento de aceites esenciales, cuyos volúmenes de producción no son constantes y abastecen un mercado bastante limitado.*

### ***3.3.3 Mercado Externo***

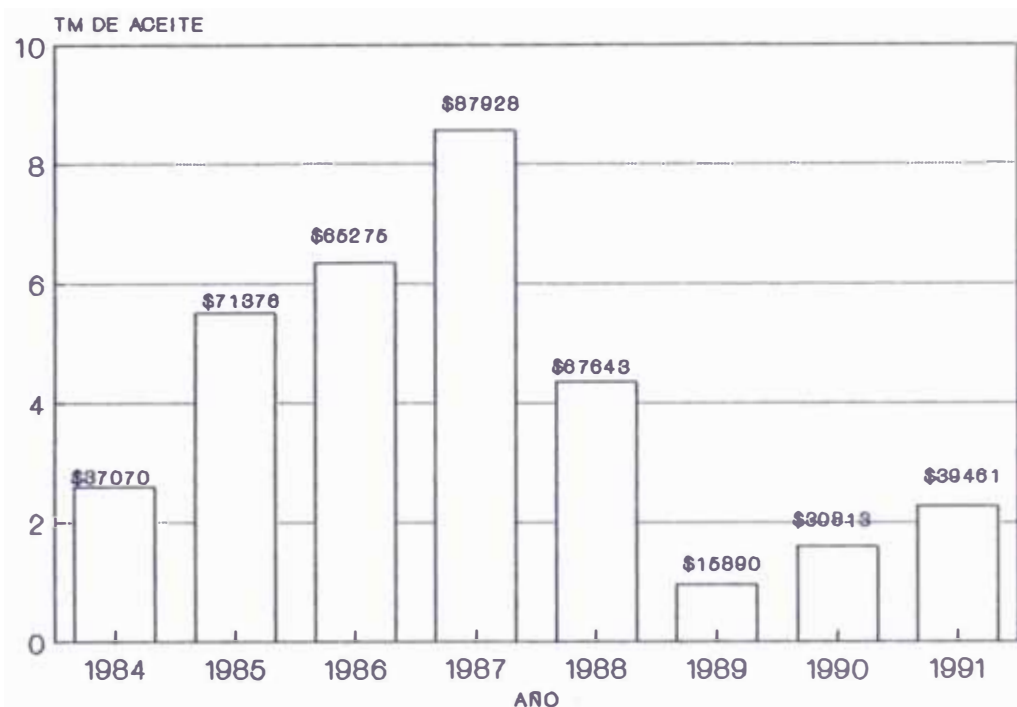
*El objetivo del Estudio de Mercado del aceite esencial de anís se orienta no sólo a satisfacer la demanda nacional sino también a seleccionar un segmento a nivel internacional que brinde facilidades a la introducción de este producto.*

*Es en base a estas consideraciones que en un primer lugar se piensa en el Grupo Andino, Organismo que ofrece una situación sumamente dinámica promoviendo las políticas de desarrollo industrial y de promoción de exportaciones , como parte de su plan de integración.*

*Otros de los principales consumidores a nivel mundial que permitirían la entrada de un nuevo proveedor que les garantice la calidad y un regular abastecimiento del producto serían Estados Unidos y Francia, que aunque no se tiene conocimiento detallado de los volúmenes de consumo se sabe que por ejemplo Estados Unidos bordea las 30 TM/año.*



GRAFICO 5  
IMPORTACION DE ACEITE ESENCIAL DE ANIS



CUADRO N 7  
PRECIOS CIF PROMEDIO DE ACEITE ESENCIAL DE ANIS

AÑO	CANTIDAD TOTAL (kg)	CIF PROMEDIO (\$)
1984	2599	66.10
1985	6868	64.53
1986	6341	24.46
1987	8677	87.39
1988	4360	143.74
1989	963	22.61
1990	1807	38.70
1991	2276	82.80

### **3.3.4 Proyección de la Demanda**

La demanda global del aceite esencial de anís ha venido declinando debido al impacto de los sintéticos; sin embargo últimamente existe la tendencia a prohibir el uso de aditivos no naturales en alimentos, en especial en países desarrollados (aunque se está generalizando a nivel mundial), lo que hace que el mercado de este aceite sea bastante estable incluso aumente ligeramente. Esta situación se ha visto reflejada en el Perú, notándose (del gráfico Nº 5) un considerable descenso del consumo nacional (representado por las importaciones) en el periodo 1987 - 1989, observándose por otro lado un ligero aumento a partir del último año de este periodo.

Tomando en cuenta los considerandos anteriores se proyecta una demanda para los próximos cinco años tal como se muestra en el gráfico Nº 6.

### **3.3.5 Conclusiones**

Los precios promedio de importación en el Perú sufren fuertes fluctuaciones principalmente por razones de calidad. Los precios más altos corresponden a Suiza y España con 162.61 \$CIF/kg y 91.17 \$CIF/kg respectivamente.

El producto del proyecto pretende competir con los aceites provenientes de Suiza y España por su buena calidad

Los principales proveedores de aceite esencial de anís al Perú son Alemania, España, Estados Unidos y Suiza.

*No existe producción nacional de aceite esencial de anís registrada.*

*Las condiciones básicas para encontrar mercados para los aceites esenciales son calidad constante, precios estables y abastecimiento regular.*

*Se consideran a Venezuela y Colombia como probables mercados dentro del grupo andino, por sus altas cifras de importación.*

*Debido a su fácil introducción y al alto consumo Estados Unidos y Francia son también países atractivos para la comercialización del aceite esencial de anís.*

*La demanda se proyecta de manera lineal con una ligera pendiente positiva.*

#### **IV. TAMAÑO, LOCALIZACION DE PLANTA Y PLAN DE PRODUCCION**

##### **4.1 TAMAÑO**

*El análisis del tamaño de planta se hará en base a los siguientes factores.*

##### **4.1.1 TAMAÑO - MATERIA PRIMA**

###### **4.1.1.1 Materia Prima**

*No habrán limitaciones de abastecimiento ya que en la zona del Valle de Curahuasi existen 600 Has disponibles de tierras aptas para el cultivo del anís, que con un rendimiento mínimo de 600 kg/Ha da un producción de 360 TM/AÑO. En el cuadro Nº 1 se puede observar en forma detallada el hectareaje dedicado a este cultivo.*

*Es importante resaltar que el mejorar las técnicas de cultivo duplicaría el rendimiento por superficie (kg/Ha). Asimismo cabe señalar que hay varias zonas agrícolas en la Sierra con condiciones adecuadas para este cultivo, existiendo por lo tanto teóricamente un potencial de incremento de la producción nacional de anís.*

###### **4.1.1.2 Producto Final**

*El producto final estará destinado a reemplazar las importaciones del aceite esencial de anís y del anetol. Es a partir del estudio de mercado que se*

*estiman las cifras mostradas en el cuadro Nº 8 , que corresponden a la demanda proyectada para el período 1993 - 1997.*

*Considerando estos dos factores y el rendimiento de la materia prima se propone que el tamaño de la planta debe ser tal que esté en capacidad de procesar entre 122 TM/año y 244 TM/año de granos de anís.*

#### **4.1.2 TAMAÑO - TECNOLOGIA**

*La tecnología en sí no es un factor limitante ya que se cuenta con recursos propios para aplicar tecnología de acuerdo nuestra realidad y los equipos adecuados para cada una de las operaciones del proceso serán diseñados para el tamaño de planta elegido.*

#### **4.1.3 TAMAÑO - FINANCIAMIENTO**

*El monto necesario para la puesta en marcha de la planta está representado básicamente por los costos de adquisición e instalación de equipos. Se evaluaron dos alternativas: adquirir los equipos importados o recurrir a los fabricantes nacionales, encontrándose una considerable diferencia en precios , siendo la más económica la alternativa nacional.*

*Podemos concluir que el diseño y la construcción de los equipos aliviarán en gran porcentaje la inversión total del proyecto, lo que incrementará la factibilidad de realización del mismo*

siendo Moquegua el segundo, con un 5% ,  
aproximadamente, de la producción nacional.

#### **4.2.1.2 Clima**

La zona de Curahuasi está ubicada en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Región Inca a una altitud de 2 560 msnm y presenta las siguientes condiciones climatológicas:

Temperatura media	-	16.1 C
Precipitación media anual	=	86mm
Evaporación media anual		124.5
Humedad media relativa	-	72 %

Este valle es predominantemente agrícola.

#### **4.2.1.3 Accesibilidad a los Centros de Producción y Mercado Nacional**

Las principales vías de acceso a partir de Curahuasi son las siguientes:

Lima	-	988 Km
A Abancay	-	73 km
A Cuzco	-	121 km

#### **4.2.1.4 Disponibilidad de Terreno**

Este factor cualitativo no constituye un factor determinante para el estudio debido a que se dispone de terrenos en cantidad suficiente como para edificar la fábrica.

#### **4.2.1.5 Política del Gobierno**

*De acuerdo a la Ley General de Industrias vigente el gobierno promueve la descentralización de la actividad industrial, de modo específico apoya al desarrollo de la industria de aceites esenciales ya que promueve la industrialización de los recursos naturales del país en armonía con el interés nacional.*

#### **4.2.1.6 Disponibilidad de Mano de Obra Calificada**

*El proceso no es exigente en cuanto a requerimiento de mano de obra calificada, éste será satisfecho por gente del lugar. La buena calidad del producto final será ya que la planta estará supervisada por un profesional calificado.*

#### **4.2.1.7 Agua, Desague y Energía Eléctrica**

*La zona de Curahuasi tiene agua suficiente para satisfacer los requerimientos de la población en general así como para los que requieren los diversos usos industriales. En cuanto a la energía eléctrica ésta será abastecida por un grupo electrógeno.*

#### **4.2.2 Localización Propuesta**

*Que el valle de Curahuasi sea el principal productor de la materia prima es un factor determinante para que la planta esté localizada en este lugar. La proximidad de las áreas de cultivo con la planta de procesamiento, permitirá un mayor contacto con los agricultores, lo cual hará posible establecer*

convenios o contratos específicos que aseguren el abastecimiento de los granos de anís, además un punto importante a resaltar será el ahorro considerable en cuanto a los costos de transporte. Por otro lado el análisis de los demás factores refuerzan la elección de este Valle como la zona en la cual será localizada la planta. Además dadas las condiciones de suministros básicos en Apurímac será conveniente, como medida de seguridad y prevención, la adquisición de un grupo electrógeno de la capacidad que indique el Estudio de Ingeniería, y un reservorio de agua para su abastecimiento y posterior regulación de su uso.

*Se concluye, entonces, que la planta industrial de Extracción de Aceite Esencial de Anís estará localizada en el Valle de Curahuasi.*



## **V. TECNOLOGIA DEL PROCESO**

### **5.1 Procesos Posibles de Obtención**

Los aceites esenciales son obtenidos del material fresco que los contiene utilizando principalmente el clásico procedimiento de destilación por arrastre de vapor. Otros métodos usuales son los de expresión, extracción con solventes y el enflorado.

#### **5.1.1 Destilación por Arrastre de Vapor**

Es el proceso mayormente utilizado y se describe con más detalle en el ítem 5.2.

#### **5.1.2 Expresión**

Se emplea fundamentalmente con las frutas que contienen un mínimo de 0.3% de aceite esencial en la corteza exterior tales como naranja, limón, mandarina, toronja. Tienen una ventaja y es el hecho de no haber sido sometidas a altas temperaturas, evitándose así la degradación del sabor.

#### **5.1.3 Extracción con Solvente**

Se emplean sustancias como cloruro de metilo o isobutano licuado. El solvente es recuperado y la mezcla aceite y cera, llamada concreto, se procesa para remover las ceras disolviendo la mezcla en alcohol frío. El alcohol se retira luego por destilación vacío.

#### **5.1.4 Enflorado**

*Es un procedimiento poco empleado, costoso, lento y que requiere mucha mano de obra. A partir de pétalos de flores, se logra una adsorción de los aceites fragantes en una capa aceitosa y delgada; luego se disuelve en alcohol frío, eliminándose un residuo grasoso y se somete a destilación a vacío, obteniéndose un producto que reproduce perfectamente la fragancia natural de la flor. Es bastante utilizado en perfumería.*

*Los aceites obtenidos mediante cualquiera de éstos métodos se concentran removiendo los componentes neutrales o indeseados del aceite básico; puede efectuarse luego un tratamiento químico específico o una destilación fraccionada en vacío.*

## **5.2 Destilación por arrastre de vapor**

*La destilación es el método utilizado con más profusión para preparar esencias naturales, y casi el más antiguo, produciendo simultáneamente aceites esenciales y las llamadas aguas aromáticas de mucho interés en ciertos casos particulares, constituidas por las aguas de condensación saturadas de aceite esencial.*

### **5.2.1 Tipos de Destilación por arrastre de vapor**

*En la destilación de los aceites esenciales, se distinguen tres tipos: destilación con agua, destilación con agua y vapor y destilación con vapor.*

#### **a. Destilación con agua**

*Cuando se emplea este método el material a ser*

*empleado se encuentra en contacto directo con el agua hirviente. El material puede estar flotando sobre el agua o estar completamente sumergido. El agua es calentada por fuego directo, y en algunos casos mediante vapor que llega a una camisa o serpentín cerrado.*

*La característica principal de este método radica en el contacto directo que existe entre el agua caliente y el material vegetal.*

*Este método resulta útil si el material tiende a apelmasarse mucho (pétalos de rosas) ya que en los otros tipos hay el riesgo de que el vapor que entra se abra paso y canales a través del material sometido a destilación haciendo imposible una destilación completa del material.*

#### *b. Destilación con agua y vapor*

*Cuando se usa este segundo tipo de destilación, el material vegetal es soportado por una placa perforada o malla que lo aísla del agua. El agua puede ser calentada por cualquiera de los métodos mencionados anteriormente. En este caso es vapor saturado a baja presión el que asciende a través del material.*

*Las características principales de este método son el uso constante de vapor saturado y nunca sobrecalentado y además el hecho de que el material está en contacto solamente con el vapor y no con el agua en ebullición.*

#### *c. Destilación con vapor*

*Es semejante al anterior, pero con la diferencia de que el agua no está contenida en el alambique. La*

*carga es colocada, por lo general, sobre un plato perforado y es atravesada por el vapor saturado y sobrecalentado, el cual es inyectado a través de una abertura o un serpentín perforado.*

*La destilación a vapor se lleva a cabo en su mayor parte a la presión atmosférica. Si los componentes del aceite son fácilmente hidrolizables, el proceso puede efectuarse, no obstante en vacío.*

### **5.2.2 Condiciones generales para la hidrodestilación**

*La hidrodestilación se aplica muy frecuentemente para la obtención de esencias, porque en primer lugar, el aceite esencial, mediante la acción térmica, fisicoquímica e incluso química del vapor de agua abandona fácilmente la materia vegetal, y en segundo lugar, porque aquél, una vez aislado destila a temperatura muy inferior a su punto de ebullición.*

*Si en vez de arrastre se realiza una destilación seca sólo se estaría originando su aislamiento por el calor y descomposición del material vegetal, verificándose la destilación a temperatura muy alta; este método se utiliza en el aislamiento de unos pocos aceites esenciales, como por ejemplo el aceite de copaiba.*

*En el aislamiento de los aceites esenciales se emplean dos tipos de vapor de agua: sobrecalentado y saturado, el primero no arrastra gotas de agua líquida por haber sido calentado de nuevo después de su obtención a fin de evaporarlas, mientras el segundo se obtiene en forma corriente, arrastrando algo de agua líquida, también formada en cierta cantidad por una condensación parcial. El utilizar vapor sobrecalentado tiene el inconveniente de secar*

la materia de las plantas que interesa destilar y el rendimiento puede bajar algo en comparación con la destilación mediante vapor saturado.

### **5.2.3 Efectos del vapor sobre el material vegetal**

Los factores más importantes que intervienen en la hidrodestilación, son la difusión, la hidrólisis y la acción térmica.

#### **5.2.3.1 Difusión**

Los componentes olorosos se hallan situados en glándulas odoríferas existentes dentro o fuera de las células vegetales; el vapor de agua hincha las paredes celulares y facilita el paso de los aceites esenciales al exterior, influyendo favorablemente la cantidad de agua por ser solubles en ella esta temperatura, parcialmente los aceites esenciales, y por atravesar esta disolución mucho más fácilmente, las paredes vegetales humedecidas por el vapor, se comprende así que las esencias obtenidas por este procedimiento tengan más componentes solubles en agua que las otras.

#### **5.2.3.2 Hidrólisis**

El segundo efecto que acompaña a la destilación del material vegetal es la hidrólisis, que en este caso se define como la reacción química entre el agua y ciertos constituyentes de los aceites esenciales. Estos productos naturales consisten particularmente y en muchos casos de ésteres. En presencia de agua, y particularmente a elevada temperatura, los ésteres tienden a reaccionar con el agua convirtiéndose en ácidos y alcoholes. Si la cantidad de agua es grande,

las cantidades producidas de alcohol y ácido serán también grandes y consecuentemente la hidrólisis producida será de una considerable magnitud. Como un resultado inmediato, el rendimiento de aceite esencial será menor, siendo ésta principalmente una de las desventajas de la destilación con agua y vapor. El grado de hidrólisis menor en la destilación con vapor, particularmente con vapor sobrecalentado.

#### **5.2.3.3 Efectos del calor sobre el material vegetal**

La temperatura es una variable de gran importancia en la destilación. La presión de destilación (atmosférica, alta o reducida) puede ser seleccionada a voluntad, pero la temperatura de la mezcla de vapor ascendente a través de la carga en el hidrodestilador varía y fluctúa en el curso de la operación. Esto se debe a que la composición de la mezcla de vapor será más rica en los componentes menos volátiles en las últimas fracciones. La cantidad de vapor de aceite en la mezcla irá decreciendo en el transcurso de la destilación por lo que la temperatura se elevará llegando un momento a partir del cual sólo se obtendrá vapor saturado a la temperatura dada.

Prácticamente todos los constituyentes de los aceites esenciales son algo inestables a temperaturas altas, por lo tanto es importante que la temperatura se mantenga lo más baja posible.

Si el arrastre se hace con agua hirviente, la temperatura dependerá de la presión atmosférica del momento; pero si interviene vapor sólo dependerá de la presión de trabajo.

Aunque los tres procesos, de difusión, hidrólisis y descomposición termal, tienen que ser considerados

*independientemente debe tenerse en cuenta que en la práctica los tres ocurren en forma simultánea, por lo que se influyen mutuamente.*

#### ***5.2.4 Cuadro comparativo de los diversos tipos de hidrodestilación***

*Se muestra en el cuadro N° 9.*

CUADRO 9

CUADRO COMPARATIVO DE LOS DIVERSOS TIPOS DE HIDRODESTILACION

F	A) CON AGUA	B) CON AGUA Y VAPOR	C) CON VAPOR
1	SIMPLE, PRECIO BAJO, DESTILADOR TRANSPORTABLE, DE FACIL INSTALACION EN LOS LUGARES DE PRODUCCION.	ALGO MAS COMPLICADO Y DE PRECIO MAS ALTO QUE A). EL TIPO PEQUENO ES TAMBIEN TRANSPORTABLE Y PUEDE SER INSTALADO EN EL CAMPO.	SI ESTA BIEN CONSTRUIDO ES GENERALMENTE MAS SENCILLO QUE A) Y B). POSIBILIDAD DE TRABAJAR A GRAN ESCALA.
2	SUMAMENTE PROVECHOSO PARA CIERTOS MATERIALES, ESPECIALMENTE CUANDO SON FINOS O PULVERULENTOS. TAMBIEN PARA FLORES LAS CUALES SE APELMASAN CON VAPOR DIRECTO. NO APTO PARA MATERIALES CON CONTENIDO DE SAPONIFICABLES, SOLUBLES EN AGUA O CONSISTITUYENTES DE ALTO PUNTO DE EBULLICION.	CONVENIENTE PARA MATERIALES HERBACEOS Y HOJAS.	CONVENIENTE PARA TODO TIPO DE MATERIAL, EXCEPTO PARA AQUELLOS MUY FINOS A TRAVES DE LOS CUALES EL VAPOR FORMA CANALES. MUY CONVENIENTE PARA SEMILLAS O GRANOS, RAICES Y MADERAS. TAMBIEN PARA MATERIALES QUE CONTIENEN ALTO PUNTO DE EBULLICION
3	BUENA, SI EL MATERIAL ES CARGADO APROPIADAMENTE EN MOVIMIENTO LIBRE EN EL AGUA DE EBULLICION.	BUENA	BUENA, SI EL VAPOR ES LIBERAMENTE HUMEDECIDO. LA DESTILACION CON VAPOR SOBRECALENTADO O VAPOR SECO A ALTA PRESION EMPUJA EL MATERIAL VEGETAL IMPIDIENDO LA DIFUSION Y CAUSANDO UN BAJO RENDIMIENTO DE ACEITE. POR LO TANTO ESTA SE DEBE REALIZAR CON VAPOR SATURADO.



CONTINUACION DEL CUADRO 9

F	A) CON AGUA	B) CON AGUA Y VAPO	C) CON VAPO
4	<p>GENERALMENTE CERCA A LA ATMOSFERICA.</p>	<p>GENERALMENTE CERCA A LA ATMOSFERICA</p>	<p>DE ACUERDO AL MATERIAL SE TRABAJA A ALTA O BAJA PRESION</p>
5	<p>CERCA A 100 C . HAY QUE TENER CUIDADO PARA NO QUEMAR EL MATERIAL VEGETAL EN CONTACTO CON LAS PAREDES CALIENTES DEL DESTILADOR. EL AGUA VAPO RIZADA DEBE SER CONTINUAMENTE REEMPLAZADA.</p>	<p>CERCA A 100 C .</p>	<p>DE ACUERDO AL MATERIAL VEGETAL.</p>
6	<p>CONDICIONES GENERALMENTE DESFAVORABLES. ALTO PORCENTAJE DE HIDROLISIS DE ESTER.</p>	<p>HIDROLISIS BAJA.LA CON DENSACION DEL VAPOR CAUSA HUMEDECIMIENTO DE LA CARGA, POR LO QUE SE EMPAQUETA. LOS ALAMBRIQUES DEBEN ESTAR BIEN AISLADOS.</p>	<p>BUENAS CONDICIONES, SI EL MATERIAL ES CARGADO APROPIADAMENTE. EL VAPOR HUMEDADO EN UNA DESTILACION PROLONGADA CAUSA EXCESIVA CONDENSACION DENTRO DEL DESTILADOR Y UN APELMAZAMIENTO DE CARGA.</p>
7	<p>RELATIVAMENTE BAJA</p>	<p>CLARAMENTE BUENA</p>	<p>ALTA.</p>
8	<p>RELATIVAMENTE BAJO, DEBIDO A HIDROLISIS . ADEMÁS EL AGUA RESIDUAL EN EL DESTILADOR RETIENE A LOS CONSTITUYENTES DE ALTO PUNTO DE EBULLICION. NADA AL DESTILADOR.</p>	<p>BUENO, SI NO HAY EXCESIVO HUMEDECIMIENTO DEL MATERIAL . ESTO HACE QUE EL VAPOR FORME CANALES Y HAGA UNA EXTRACCION INCOMPLETA.</p>	<p>BUENO, SIEMPRE Y CUANDO EL TRATAMIENTO PREVIOS REALIZADO AL MATERIAL HAYA SIDO EL ADECUADO. EL APELMAZAMIENTO O LA CANALIZACION BAJAN EL RENDIMIENTO.</p>

CONTINUACION DEL CUADRO 9

F	A) CON AGUA	B) CON AGUA Y VAPO	C) CON VAPO
9	DEPENDE DE LOS CUIDADOS QUE SE TOMEN DURANTE LA OPERACION, SE DEBE EVITAR LA QUEMA DEL MATERIAL, SOBRE TODO CUANDO SE LLEVE A CABO CON FUEGO DIRECTO.	GENERALMENTE BUENA.	BUENA, SI LA OPERACION HA SIDO CONDUCCIDA APROPIADAMENTE.
10	EN ALGUNOS CASOS DEBERA SER REDESTILADA O RETORNADA AL DESTILADOR.	SE PODRA DESCARTAR, SI ES APROPIADAMENTE SEPARADA.	SE PODRA DESCARTAR, SI ES APROPIADAMENTE SEPARADA.

- F : FACTOR  
1 : TIPO DE DESTILADOR  
2 : TIPO DE MATERIAL VEGETAL  
3 : CONDICIONES DE DIFUSION  
4 : PRESION DE VAPO DENTRO DEL DESTILADOR  
5 : TEMPERATURA  
6 : HIDROLISIS DE LOS CONSTITUYENTES DEL ACEITE  
7 : VELOCIDAD DE DESTILACION  
8 : RENDIMIENTO DE ACEITE  
9 : CALIDAD DEL ACEITE  
10 : AGUA DE DESTILACION

Fuente: Guenther "Essential Oils"

## VI. PARTE EXPERIMENTAL

### 6.1 Introducción

Son muchos los factores que inciden en el rendimiento del proceso de extracción de aceite esencial de anís por arrastre de vapor. Las características de la carga es uno de ellos. Debido a ésto, una vez seleccionado el proceso a seguir y en base a la bibliografía se hicieron corridas previas para determinar en que forma debía tratarse el grano antes de cargarlo al hidrodestilador. Estas pruebas estuvieron referidas a la humedad inicial y al tamaño del grano teniéndose los siguientes resultados:

CUADRO N°10

CARACTERISTICAS DEL GRANO	Entero	Humedo	Triturado
Volumen del Aceite Obtenido (ml)	10.80	10.50	14.40
Rendimiento en base húmeda (%)	1.57	1.53	2.10

La carga utilizada fue de 750 gr.

A partir del rendimiento obtenido se decide trabajar con el grano triturado.

## **6.2 Trabajo a Nivel de Planta Piloto**

Las corridas de prueba se realizaron en la planta piloto instalada en el Laboratorio 23-A de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería. Este equipo fue acondicionado por un grupo de investigadores para la extracción de aceites esenciales utilizando el método de arrastre de vapor.

### **6.2.1 Características de la Materia Prima**

Se trabajó con un único lote de materia prima procedente de Curahuasi.

La carga contenía en promedio un 11 % de impurezas; esta determinación se realizó en base a un muestreo del lote que se empleó.

El grano presentaba las siguientes características:

Longitud = 3.5 mm	Densidad = 0.42 g/cc
Ancho = 2. mm	Humedad = 12 %
	Impurezas = 10 %

### **6.2.2 Descripción de los Equipos a Nivel Planta Piloto**

La Planta Piloto consta de los siguientes equipos:

#### **- Calderín**

Este equipo es utilizado para generar el vapor requerido por el proceso. Tiene una capacidad aproximada de 10 lt, opera eléctricamente mediante un sistema de seis resistencias de 1000 watts cada una,

proporcionando el vapor al hidrodestilador a diferentes presiones.

#### **- Hidrodestilador**

Es el equipo básico para efectuar la destilación, tiene la forma de un tanque de cuerpo cilíndrico, fondo ligeramente convexo y una tapa plana que se asegura mediante ocho pernos. Tiene un diámetro de 0.3m y una altura de 0.475 m. El sistema de alimentación de vapor es mediante una tubería que ingresa al tanque por la parte inferior lateral, tomando dentro de él la forma de un aro con perforaciones cada cierta distancia que permiten una buena distribución. La purga se ubica en el fondo del equipo. Se tienen accesorios para la carga de materia prima que según sus características se colocan en un cesto o sobre placas perforadas. La línea de salida de vapor se ubica en la tapa, el que será condensado en el equipo que pasamos a describir.

#### **- Condensador**

Condensa los vapores provenientes del hidrodestilador, los cuales pasan por los tubos (12) siendo el fluido refrigerante agua potable que pasa por la coraza. Este equipo está instalado en forma vertical tiene una altura aproximada de 1m, el diámetro de la carcasa es de 0.12m y el de los tubos es 0.0254m.

#### **- Colector del Condensado**

Se trabajó con peras de 500ml de capacidad ya que éstas facilitan la separación del aceite esencial de la fase acuosa.

### 6.3 *Diseño Factorial de Experimentos*

*En muchos programas de experimentos de carácter exploratorio, el investigador se enfrenta con el problema de determinar el efecto de un gran número de variables.*

*El Diseño Factorial es uno de los tipos fundamentales de experimentos estadísticamente diseñados, que se utiliza en la Ingeniería Química. Permite reducir el número de experimentos para obtener el máximo de información.*

*La nomenclatura para su estudio está dada por:*

*Factores : Las variables experimentales.*  
*Nivel de Factor : El valor numérico de la variable.*  
*Tratamiento : Combinación de factores que se utilizan en un ensayo experimental.*  
*Efecto : El resultado del experimento.*

*El Diseño Factorial es útil para la realización de un estudio preliminar de los factores del sistema. No se obtiene una relación cuantitativa del efecto de un factor; simplemente indica si existe o no un efecto. Por lo tanto, el Ingeniero Químico puede utilizar el diseño factorial como primer paso en la determinación de los factores más importantes.*

*Es posible aplicar el diseño factorial a cualquier número de factores y niveles. Frecuentemente en trabajos de carácter exploratorio, se eligen sólo dos niveles de cada factor, para el diseño factorial. Dos factores y dos niveles forman un sistema factorial de  $2^2$  y permite construir una tabla de análisis de varianza de  $2 \times 2$ , con un factor en las columnas y otro*

en las filas.

En el enfoque tradicional, cuando el número de factores es grande, suele variarse un solo factor por vez, manteniendo constantes todos los demás, para determinar el efecto del factor que se varía. En seguida se repite el experimento modificando sucesivamente cada uno de los factores, manteniendo constantes a los demás en cada caso. En el diseño factorial, se varían varios factores por vez, en forma preestablecida, para obtener mas información con un menor número de ensayos. Además de obtener una estimación del error producido por la variación de los valores, el método permite también la evaluación de posibles interacciones entre los factores, con un mínimo de experimentos.

El experimento factorial está representado por  $2^n$ , donde  $n$  es el número de factores que serán estudiados. El número 2 corresponde a los niveles que serán uno máximo y el otro mínimo y son tomados de experiencias previas o de referencias bibliográficas.

Existe una ventaja del diseño factorial con respecto al tradicional. En el diseño tradicional, se utiliza la diferencia entre los valores medios de conjuntos de dos observaciones, para determinar un efecto medio; en el diseño factorial, se utiliza la diferencia entre los valores medios de conjuntos de cuatro observaciones, para el caso en que intervienen tres factores, de esta manera se obtienen así una mejor estimación de la diferencia verdadera.

### 6.3.1 Aplicación del Diseño Factorial para la Extracción del Aceite Esencial de Anís

La aplicación de esta metodología nos lleva determinar:

Niveles : 2 (uno mínimo y otro máximo)

Factores : 3 (carga, flujo y presión)

Combinaciones :  $2^3$  (ocho corridas experimentales)

CUADRO N°11

NIVELES		
VARIABLES	MINIMO	MAXIMO
Carga (C kg )	0.750	1.250
Flujo (F lt/hr)	432.000	480.000
Presión (P kg/cm <sup>2</sup> )	2.390	3.840

COMBINACIONES	C	F	P
$C_1 F_1 P_1$	0.750	432	2.39
$C_1 F_1 P_2$	0.750	432	2.84
$C_1 F_2 P_1$	0.750	480	2.39
$C_1 F_2 P_2$	0.750	480	2.84
$C_2 F_1 P_1$	1.250	432	2.39
$C_2 F_2 P_1$	1.250	480	2.39
$C_2 F_2 P_2$	1.250	480	2.84
$C_2 F_1 P_2$	1.250	432	2.84



### **6.3.2 Consideraciones**

*En los procesos de extracción de aceites esenciales existen numerosos factores influyentes, la elección de un grupo de éstos (tres) se realizó en base a bibliografía, experiencias anteriores y criterio.*

#### **- Carga de materia prima**

*La determinación de los niveles mínimo y máximo se realizó en base a experiencias previas. Variando la carga del hidrodestilador se determinaron los niveles mínimo y máximo, factores económicos influyeron también en esta determinación.*

#### **-Flujo de refrigeración**

*La elección estuvo dirigida a asegurar una temperatura de salida del condensado que evitase la volatilización del aceite esencial.*

#### **-Presión de vapor**

*Al controlar este factor se manipuló de forma indirecta el flujo de vapor. Los niveles se limitaron por las condiciones del equipo.*

## **6.4 Tabulación de Datos y Resultados**

### **6.4.1 Cuadro de Datos**

*Se muestran los cuadros correspondientes las pruebas experimentales realizadas (desde el cuadro 12 hasta el cuadro 19). En ellos se detallan cómo fueron evolucionando los parámetros de operación durante todo el proceso.*

## NOMENCLATURA PARA LOS CUADROS DE EXPERIMENTOS

(Del 12 al 19)

W	=	Peso de la carga de anis
Pv	=	Presion de vapor
F	=	Flujo de agua de enfriamiento
Te	=	Temperatura de entrada del refrigerante
Ts	=	Temperatura de salida del refrigerante
Tc	=	Temperatura de los condensados
Vc	=	Volumen del vapor condensado
Vc(ac)	=	Volumen del vapor condensado acumulado
Va	=	Volumen de aceite esencial obtenido
Va(ac)	=	Volumen de aceite esencial acumulado

CUADRO # 12

EXPERIMENTO 1

W = 0.750 kg      T<sub>e</sub> = 21° C  
 P<sub>v</sub> = 2.79 kg/cm<sup>2</sup>      T<sub>operación del tanque</sub> = 99° C  
 F = 432 lt/hr

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	T <sub>s</sub> C	T <sub>o</sub> C	U <sub>o</sub> (ml)	U <sub>o(ao)</sub> (ml)	U <sub>a</sub> (ml)	U <sub>a(ao)</sub> (ml)
10	10	26	21	475	475	3.5	3.5
10	20	26.5	21	570	1.045	6.4	9.9
10	30	27	21	660	1.705	2.0	11.9
10	40	27	21	590	2.295	1.5	13.4
10	50	27	21	580	2.875	1.0	14.4
10	60	26.5	21	630	3.505	1.0	15.4
10	70	27	21	610	4.115	0.5	15.9
10	80	26.5	21	635	4.750	0.8	16.7
10	90	27.5	21	580	5.330	0.2	16.9
10	100	27.5	21	450	5.780	0.1	17.0
10	110	27	21	480	6.260	0.1	17.1
10	120	27	21	450	6.710	0.0	17.1

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIDRODESTILADOR : 300 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIDRODESTILADOR : 87° C

CUADRO # 13

EXPERIMENTO 2

$W = 0.750 \text{ kg}$        $T_e = 21.5^\circ\text{C}$   
 $P_v = 3.84 \text{ kg/om}$        $T_{\text{operacion del tanque}} = 99^\circ\text{C}$   
 $F = 432 \text{ lt/hr}$

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	Ts C	To C	Uo (ml)	Uo(cao) (ml)	Ua (ml)	Ua(cao) (ml)
10	10	26	21.5	580	580	8.8	8.8
10	20	27	21.5	605	1.185	3.3	12.1
10	30	27	21.5	610	1.795	2.0	14.1
10	40	28	22.0	650	2.445	1.2	15.3
10	50	27	21.0	610	3.055	0.6	15.9
10	60	27.5	22.0	584	3.639	0.8	16.7
10	70	28	22.0	622	4.261	0.4	17.1
10	80	27	22.0	620	4.881	1.3	18.4
10	90	27.5	22.0	650	5.531	0.4	18.8
10	100	28	21.5	627	6.158	0.2	19.0
10	110	28	21.5	655	6.813	0.1	19.1
10	120	28	21.5	640	7.453	0.1	19.2

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIRODESTILADOR : 300 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIRODESTILADOR : 87°C

CUADRO # 14

EXPERIMENTO 3

$W = 0.750 \text{ kg}$   
 $P_v = 2.79 \text{ kg/om}^2$   
 $F = 480 \text{ lt/hr}$

$T_e = 22^\circ \text{C}$   
 I operación del tanque = 99 g

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	Ts C	To C	Uo (ml)	Uo(ao) (ml)	Ua (ml)	Ua(ao) (ml)
10	10	26	22.5	440	440	5.2	5.2
10	20	26	22.5	575	1.015	3.6	8.8
10	30	26	22.5	555	1.570	2.4	11.2
10	40	25	22.5	540	2.110	1.3	12.5
10	50	27	22.5	600	2.710	1.1	13.6
10	60	28	22.5	650	3.360	1.1	14.7
10	70	28	22.5	520	3.880	1.0	15.7
10	80	27	22.5	480	4.360	0.2	15.9
10	90	27	22.5	550	4.910	1.1	17.0
10	100	26	22.5	335	5.245	0.5	17.5
10	110	26	22.5	210	5.455	0.2	17.7
10	120	26	22.5	330	5.785	0.1	17.8

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIDRODESTILADOR : 220 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIDRODESTILADOR : 87°C

CUADRO # 15

EXPERIMENTO 4

$M = 0.750 \text{ kg}$        $T_e = 22^\circ \text{C}$   
 $P_v = 3.84 \text{ kg/cm}^2$       Temperatura del tanque -  $99^\circ \text{C}$   
 $F = 480 \text{ lt/hr}$

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	$T_s$ C	$T_o$ C	$U_o$ (ml)	$U_o(ao)$ (ml)	$U_a$ (ml)	$U_a(ao)$ (ml)
10	10	26	22	450	450	7.0	7.0
10	20	26	22	550	1,000	5.5	12.5
10	30	27	21	590	1,590	1.0	14.3
10	40	27	21	580	2,170	1.4	15.7
10	50	26.5	21	615	2,785	1.0	16.7
10	60	27	22	575	3,360	0.8	17.5
10	70	27	22	620	3,980	0.5	18.0
10	80	28	22	560	4,540	0.8	18.8
10	90	28	21	592	5,132	0.3	19.1
10	100	27	22	620	5,752	0.2	19.3
10	110	27	22	632	6,384	0.1	19.4
10	120	27	21	600	6,984	0.1	19.5

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIDRODESTILADOR : 209 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIDRODESTILADOR :  $87^\circ \text{C}$

CUADRO # 16

EXPERIMENTO 5

W = 1.250 kg      T<sub>e</sub> = 22°C  
 Pv = 2.79 kg/om      T<sub>operación del tanque</sub> = 99°C  
 F = 432 lt/hr

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	T <sub>s</sub> C	T <sub>o</sub> C	U <sub>o</sub> (ml)	U <sub>o(ao)</sub> (ml)	U <sub>a</sub> (ml)	U <sub>a(ao)</sub> (ml)
10	10	27	22	545	545	15.4	15.4
10	20	27	22	520	1.065	4.9	20.3
10	30	28	21	590	1.655	2.6	22.9
10	40	28	21	592	2.247	1.8	24.7
10	50	27.5	21	510	2.757	1.3	26.0
10	60	28	22	580	3.337	0.8	26.8
10	70	28	21	315	3.652	0.6	27.4
10	80	28	21	560	4.212	2.5	29.9
10	90	28	21	625	4.837	0.9	30.8
10	100	27	22	620	5.457	0.5	31.3
10	110	27	22	650	6.107	0.2	31.5
10	120	27	22	656	6.763	0.1	31.6

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIDRODESTILADOR : 500 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIDRODESTILADOR : 87°C

CUADRO # 17

EXPERIMENTO 6

$W = 1.250 \text{ kg}$   
 $P_v = 2.79 \text{ kg/cm}^2$   
 $F = 480 \text{ l/hr}$   
 $T_e = 21.5^\circ\text{C}$   
 $T_{\text{operacion del tanque}} = 99^\circ\text{C}$

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	Ts C	To C	Uo (ml)	Uo(ao) (ml)	Ua (ml)	Ua(ao) (ml)
10	10	26	21	500	500	13.7	13.7
10	20	26	21	535	1.035	5.6	19.3
10	30	27	22	635	1.670	3.5	22.8
10	40	27.5	22	570	2.240	1.9	24.7
10	50	27.5	22	500	2.740	1.7	26.4
10	60	28	22	515	3.255	1.3	27.7
10	70	28	22	390	3.645	0.8	28.5
10	80	28	21	655	4.300	1.2	29.7
10	90	28	22	670	4.970	0.9	30.6
10	100	28	22	472	5.442	0.2	30.8
10	110	28	22	550	5.992	0.1	30.9
10	120	28	22	550	6.542	0.1	31.0

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIDRODESTILADOR : 400 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIDRODESTILADOR : 87°C



CUADRO # 18

EXPERIMENTO 7

$W = 1.250 \text{ kg}$   
 $P_v = 3.84 \text{ kg/cm}^2$   
 $F = 480 \text{ lt/hr}$   
 $T_e = 21^\circ \text{C}$   
 T operacion del tanque  $99^\circ \text{C}$

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	T <sub>z</sub> C	T <sub>o</sub> C	U <sub>o</sub> (ml)	U <sub>o(ao)</sub> (ml)	U <sub>a</sub> (ml)	U <sub>a(ao)</sub> (ml)
10	10	25	22	650	650	5.7	5.7
10	20	25	22	600	1.250	4.3	10.0
10	30	26	21	630	1.880	2.8	12.8
10	40	26.5	21	615	2.495	1.6	14.4
10	50	26.5	21	655	3.150	1.4	15.8
10	60	27	21	660	3.810	1.4	17.2
10	70	27	21	640	4.450	1.1	18.3
10	80	27.5	21	660	5.110	1.7	20.0
10	90	27.5	22	630	5.740	1.1	21.1
10	100	27.5	21	637	6.377	0.7	21.8
10	110	27	22	650	7.027	0.3	22.1
10	120	26	22	620	7.647	0.1	22.2

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIDRODESTILADOR : 500 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIDRODESTILADOR : 87°C

CUADRO # 19

EXPERIMENTO 8

W - 1.250 kg      Te - 21 °C  
 Pv - 3.84 kg/cm<sup>2</sup>      I operación del tanque = 99 °C  
 F - 432 lt/hr

TIEMPO (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	Ts C	To C	Uo (ml)	Uo(ac) (ml)	Ua (ml)	Ua(ac) (ml)
10	10	26	21	535	535	0.2	0.2
10	20	26	22	580	1.115	4.1	12.3
10	30	26	21	575	1.690	2.2	14.5
10	40	26.5	21	590	2.280	1.4	15.9
10	50	27	22	575	2.855	1.5	17.4
10	60	26.5	21	555	3.410	1.4	18.8
10	70	26.5	21	445	3.855	1.1	19.9
10	80	26.5	22	635	4.490	1.4	21.3
10	90	25.5	22	610	5.100	0.8	22.1
10	100	25.5	22	635	5.735	0.4	22.5
10	110	25	22	645	6.380	0.2	22.7
10	120	25.5	22	620	7.000	0.1	22.8

VOLUMEN DE VAPOR CONDENSADO EN EL HIPODESTILADOR : 510 ml  
 TEMPERATURA DE LOS CONDENSADOS EN EL HIPODESTILADOR : 87 °C

CUADRO N°20

RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL

N	PRUEBA	$W_{(ACEITE)}$	$R_{(BH)}$	$R_{(BS)}$
1	$C_1 F_1 P_1$	16.84	2.50	2.88
2	$C_1 F_1 P_2$	18.91	2.81	3.23
3	$C_1 F_2 P_1$	17.53	2.59	2.99
4	$C_1 F_2 P_2$	19.11	2.82	3.26
5	$C_2 F_1 P_1$	31.13	2.78	3.19
6	$C_2 F_2 P_1$	30.54	2.72	3.13
7	$C_2 F_2 P_2$	21.96	1.94	2.25
8	$C_2 F_1 P_2$	22.46	2.00	2.30

DONDE:

$C_1$  = CARGA EN EL NIVEL 1 ( .75 X6 )

$C_2$  = CARGA EN EL NIVEL 2 ( 1.25 X6 )

$F_1$  = FLUJO REFRIGERANTE EN EL NIVEL 1 ( 432 LT/HR )

$F_2$  = FLUJO REFRIGERANTE EN EL NIVEL 2 ( 480 LT/HR )

$P_1$  = PRESION DE VAPOR EN EL NIVEL 1 ( 2.79 X6/CM<sup>2</sup> )

$P_2$  = PRESION DE VAPOR EN EL NIVEL 2 ( 3.89 X6/CM<sup>2</sup> )

$W_{(ACEITE)}$  = PESO DEL ACEITE ESENCIAL ( GR )

$R_{BH}$  = RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL EN BASE HUMEDA

$R_{BS}$  = RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL EN BASE SECA

CUADRO N° 21

DETERMINACION DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS FACTORES  
SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE ANIS

EFECTO DEL FACTOR (x) SOBRE

EL RENDIMIENTO R (R(x))

FACTOR(X)	EL RENDIMIENTO R (R(x))		$\Delta R_{(x)}$
	NIVEL 1	NIVEL 2	
CARGA	2.68	2.36	0.32
FLUJO	2.5225	2.5171	<b>0.005</b>
PRESION	2.6475	2.3925	0.255

CUADRO N° 22

TRATAMIENTO ESTADISTICO DEL DISENO FACTORIAL

FUENTE DE VARIACION	F
CARGA	$F_C = 113$
FLUJO	$F_F = 0.025$
PRESION	$F_P = 67.55$
CARGA - FLUJO	$F_{CF} = 3.1$
CARGA - PRESION	$F_{CP} = 286$
FLUJO - PRESION	$F_{FP} = 2.45$

DONDE:

F = TRATAMIENTO ESTADISTICO SOBRE EL  
FACTOR INDICADO

BALANCE DE MASA A LOS 120 MINUTOS

EXPERIMENTOS

	C <sub>1</sub> F <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> F <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> F <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>
UAC	17.10	19.20	17.80	19.40	31.60	31.60	31.00	22.30	31.00	22.80
MAC	16.84	18.91	17.53	19.11	31.13	31.13	30.54	21.96	30.54	22.46
UC	6710.00	7453.00	5785.00	6984.00	6763.00	6763.00	6542.00	7647.00	6542.00	7050.00
UCI	300.00	284.00	220.00	209.00	500.00	500.00	400.00	500.00	400.00	510.00
UU	6.69	8.05	6.33	7.51	7.80	7.80	7.48	8.68	7.48	8.09
EUU	3.35	4.03	3.16	3.75	3.90	3.90	3.74	4.34	3.74	4.05
R1	8.95	9.94	7.71	9.31	5.41	5.41	5.23	6.12	5.23	5.64
R2	392.00	388.00	325.00	360.00	214.00	214.00	211.00	343.00	211.00	310.00
R3	398.00	394.00	330.00	365.00	217.00	217.00	214.00	348.00	214.00	313.00
R4	8.92	10.73	8.44	10.01	6.24	6.24	5.98	6.94	5.98	6.47
R5	391.00	419.00	356.00	387.00	247.00	247.00	243.00	369.00	243.00	355.00
R6	397.00	426.00	361.00	393.00	250.00	250.00	245.00	395.00	245.00	360.00
R7H	2.50	2.81	2.59	2.82	2.78	2.78	2.72	1.94	2.72	2.00
R7S	2.88	3.23	2.99	3.26	3.19	3.19	3.13	2.25	3.13	2.30

UAC : VOLUMEN DE ACETILE EN ML  
 MAC : PESO DE ACETILE EN GR  
 UC : VOLUMEN DE CONDENSADO EN ML  
 UCI : VOLUMEN DE TANQUE EN ML  
 UU : VAPOR UTILIZADO EN XG  
 EUU : FLUJO DE VAPOR EN XG POR HORA  
 R1 : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R2 : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R3 : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R4 : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R5 : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R6 : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R7H : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)  
 R7S : UC (ML) EN TANK PESO DE ANIS (XG)

BALANCE DE MASA A LOS 100 MINUTOS

EXPERIMENTOS

	C <sub>1</sub> F <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> F <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> F <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>
UAC	17.9	19.00	12.50	19.30	31.30	30.80	30.80	21.80	22.50
MAC	16.74	18.71	17.24	19.01	30.83	30.34	30.34	21.47	22.16
UC	5592.00	6158.00	5245.00	5752.00	5457.00	5442.00	5442.00	6377.00	5735.00
UCI	250.00	237.00	183.30	174.20	417.00	333.30	333.30	417.00	425.00
UU	6.14	6.66	5.69	6.19	6.32	6.23	6.23	7.23	6.61
FUU	3.68	3.99	3.41	3.71	3.79	3.74	3.74	4.34	3.96
RI	7.45	8.21	6.99	7.67	4.36	4.35	4.35	5.10	4.58
RE	329.00	324.10	299.70	298.00	174.30	177.00	177.00	292.50	255.00
RS	334.00	329.00	304.20	303.00	177.00	179.40	179.40	297.00	259.00
RI+	8.18	8.88	7.58	8.25	5.05	4.98	4.98	5.76	5.28
RE-	361.00	350.00	325.00	321.00	202.00	203.00	203.00	332.00	294.00
RE-	367.00	356.00	330.00	326.00	205.00	206.00	206.00	337.00	298.00
RSH	2.49	2.77	2.55	2.81	2.74	2.69	2.69	1.91	1.97
RSs	2.86	3.19	2.95	3.25	3.16	3.11	3.11	2.20	2.27

UAC : VOLUMEN DE ACEITE EN ML  
 MAC : PESO DE ACEITE EN GR  
 UC : VOLUMEN DE CONDENSADO EN ML  
 UCI : VOLUMEN DE TANQUE EN ML  
 UU : VAPOR UTILIZADO EN XG  
 FUU : VOLUMEN DE VAPOR EN XG  
 RI : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RE : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RS : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RI+ : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RE- : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RS- : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RSH : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)  
 RSs : (ML) ENHINER PERO DE ANHIE (GR)

#### **6.4.2 Cuadro de Resultados**

*El cuadro 20 contiene los rendimientos de aceite esencial obtenidos para cada prueba tanto en base húmeda como en base seca; éstos rendimientos se dan como porcentaje en peso del aceite de anís con respecto a la materia prima utilizada.*

*Como una aplicación del tratamiento que, a partir del diseño factorial, se dá a lo obtenido experimentalmente se tiene el cuadro 21, en el cual se cuantifican los efectos producidos por las variables de operación (en los niveles estudiados) sobre el rendimiento de aceite esencial respectivo. La diferencia de éstos para un mismo factor, en los dos niveles, será un indicativo de la influencia de esta variable sobre el rendimiento en todo el proceso.*

*El tratamiento estadístico del diseño factorial se muestra en el cuadro 22.*

*En el cuadro 23 se tabulan para cada experimento el volumen de aceite obtenido, el peso del mismo, el rendimiento, el volumen de condensado, el vapor utilizado (así como el flujo), y las relaciones halladas con respecto a la materia prima y al aceite obtenido, del condensado y del vapor utilizado. Este cuadro muestra las cantidades correspondientes a todo el proceso. Tiempo de operación: 120 minutos.*

*De forma análoga se tiene el cuadro 24 que muestra el balance de masa pero esta vez para el tiempo óptimo de 100 minutos.*

*Los cálculos necesarios para la elaboración de los cuadros 21 y 22 se dan en el apéndice B, para los*

cuadros 23 y 24 remitirse al apéndice A.

## **6.5 Análisis del Aceite Esencial de Anís**

### **6.5.1 Cuadro de análisis**

Se hicieron los análisis que señala el ITINTEC para el aceite esencial de anís. Los resultados se muestran en el cuadro 25.

Comparando el resultado de los análisis hechos al aceite de anís obtenido experimentalmente (Cuadro N° 25) con los rangos que señala el ITINTEC (mostrados en el cuadro N° 5), se verifica que el producto de este proyecto cumple con las normas de esta institución, lo que garantiza su calidad.

### **6.5.2 Contenido de anetol**

Puesto que el punto de congelación del aceite esencial de anís da una buena indicación del contenido de anetol, ello puede ser usado para una rápida estimación del porcentaje de anetol en el aceite.

El cuadro N° 26 da la relación que existe entre el punto de congelación y el porcentaje de anetol.

Correlacionando el cuadro N° 25, cuadro de análisis del aceite obtenido experimentalmente, con el cuadro N° 26 se observa que el punto de congelación es de 16.5° C, lo que corresponde a un porcentaje de anetol mayor al 90%.

Otra de las maneras para conocer el contenido de anetol es mediante una cromatografía de gases, por



CUADRO N 25

CUADRO DE ANALISIS DEL ACEITE ESENCIAL DE ANIS OBTENIDO

CARACTERISTICAS	DATOS EXPERIMENTALES
APARIENCIA	LIQUIDO CRISTALINO
COLOR	LIGERAMENTE AMARILLO
OLOR	DE ANISADO
DENSIDAD RELATIVA A 20 ° C	0.980 gr/cc
INDICE DE REFRACCION A 20 ° C	1.5528
ROTACION OPTICA A 20 ° C	0.6
SOLUBILIDAD EN ALCOHOL A 90 %	2 VOLUMENES DE ALCOHOL
PUNTO DE CONGELACION	16.5°C

*tal motivo se realizó este análisis a cuatro muestras obtenidas en la parte experimental, arrojando un porcentaje promedio de 91.2996 de este componente. El apéndice C muestra dichos cromatogramas.*

CUADRO N 26

<b>PUNTO DE CONGELACION (°C )</b>	<b>CONTENIDO DE ANETOL (%)</b>
21.1	100.0
18.6	95.
16.3	90.0
14.0	85.0
11.6	80.0
9.0	75.0
8.0	70.0
6.2	65.0
4.0	60.0

## **VII. DISEÑO DE EQUIPOS PARA UNA UNIDAD COMERCIAL**

### **7.1 Introducción**

Los resultados obtenidos en la parte experimental (capítulo VI) serán punto de partida para el diseño de los equipos de la unidad comercial de extracción de aceite esencial de anís. Esta planta comercial tendrá una producción calculada a partir del estudio de mercado, y una de las características de los equipos será la versatilidad de éstos para extraer diversos aceites esenciales.

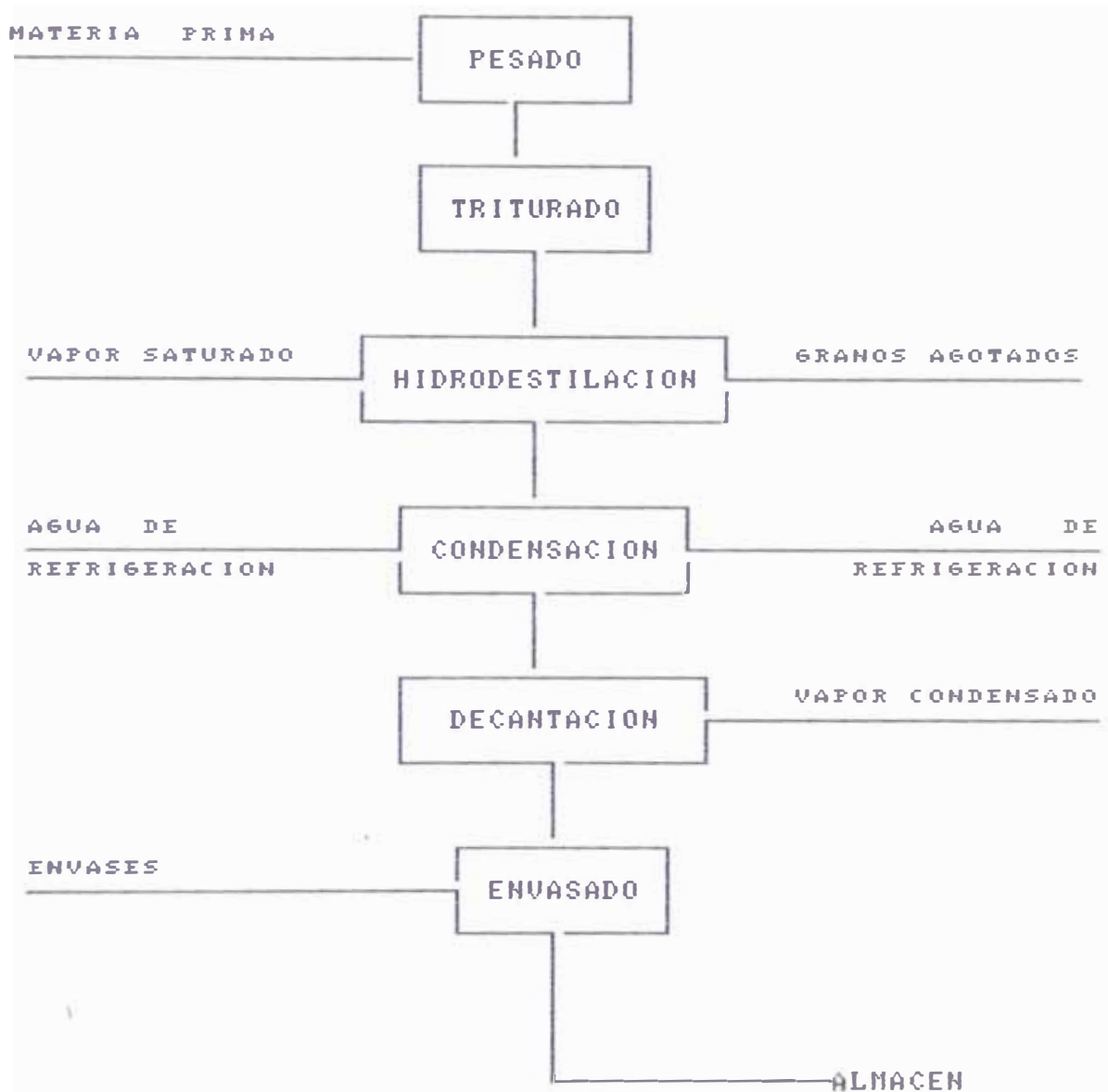
### **7.2 Descripción y Diagrama del Proceso**

La planta de producción estará ubicada en el valle de Curahuasi con el fin de mantener un contacto directo con los agricultores y asegurar el abastecimiento de la materia prima.

El procesamiento de esta materia será por lotes y como se indica a continuación:

Los granos de anís serán descargados en el almacén respectivo. Desde este lugar se pesa la cantidad requerida, y se traslada a la trituratora por medio de una faja transportadora. Los granos triturados son alimentados al hidrodestilador donde se ponen en contacto con el vapor generado en la caldera. Este vapor que arrastra el aceite de los granos pasa por un intercambiador del cual se obtiene el condensado y la esencia los que se reciben en un vaso

FIGURA 3



FLUJOGRAMA DE PRODUCCION DE ACEITE ESENCIAL DE ANIS

florentino , equipo que permite la separación del aceite.

La descripción del proceso productivo se facilita por medio de la presentación del diagrama de flujo que se muestra en la figura N°1.

### **7.3 Tamaño de Planta y Plan de Producción**

La capacidad de la planta de producción se ha estimado partir de los datos obtenidos en el estudio de mercado de la materia prima y del producto final.

La planta procesará hasta 222 TM de granos por año, lo que producirá un máximo de 6 TM de aceite esencial (se consideran los rendimientos obtenidos en la parte experimental, capítulo VI).

Para la elaboración del plan de producción se considerará:

Tiempo de producción anual = 9 meses (1 mes=25 días)

Producción anual de aceite = 6 TM

Producción diaria = 26.7 kg

Requerimiento de granos = 222 TM/año

= 987.6 Kg/día

Tiempo de operación de cada

batch = 100 minutos

Jornada de trabajo - 12 horas

Número de batches - 6

Este plan de producción se elabora en base a una capacidad máxima de la planta.

CUADRO N°27

REQUERIMIENTOS Y CONDICIONES DE OPERACION DEL PROCESO POR LOTES

	REQUERIMIENTOS	CARACTERISTICAS
CARGA DE GRANOS DE ANIS	164.6 KG	Triturado
VAPOR : TOTAL FLUJO	832.2 KG 499.3 kg/hr	P = 2.79 kg/cm <sup>2</sup>
AGUA DE ENFRIAMIENTO	24,231.3 kg/hr	Te= 17°C Ts= 28°C

*La producción anual será como sigue*

<i>AÑO</i>	<i>PRODUCCION DE ACEITE ( TM )</i>
<i>1</i>	<i>3</i>
<i>2</i>	<i>3</i>
<i>3</i>	<i>4</i>
<i>4</i>	<i>5</i>
<i>5 en adelante</i>	<i>6</i>

#### ***7.4 Requerimientos del Proceso***

*En el cuadro N°27 se muestran las cantidades de vapor y de agua de enfriamiento necesarios para procesar cada lote . También se indican las condiciones de operación para cada carga. Se tomaron como referencia los datos obtenidos en el experimento N° 5 (capítulo VI).*

#### ***7.5 Descripción y Diseño de equipos***

*Las especificaciones de los equipos que se requieren en el proceso se muestran en el cuadro N°28 . Los cálculos respectivos se dan en el apéndice D.*

#### ***7.6 Diagrama de Flujo***

*La figura 3 esquematiza el proceso productivo por cargas, mostrando las cantidades requeridas así como las condiciones de operación.*

CUADRO N° 28

ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS PARA EL PROCESO DE DESTILACION  
POR ARRASTRE DE VAPOR

EQUIPO	ESPECIFICACIONES	UNIDADES
<b>CALDERA</b>	PIROTUBULAR POTENCIA : 40 BoHP	1
<b>HIDRODESTILADOR</b>	CAPACIDAD : 0.85m <sup>3</sup> D = 0.80M H = 1.70M MATERIAL : ACERO INOXIDABLE, REVESTIDO CON FIBRA DE VIDRIO (5cm)	2
<b>CONDENSADOR</b>	VERTICAL, DE CORAZA Y TUBOS <b>Coraza:</b> (Fluido refrigerante) DE = 10 " <b>Tubos :</b> (Vapores) Arreglo = cuadrado # tubos = 16 DI = 1.03 " DE = 1.25 " L = 5 ft	1



CONTINUACION DEL CUADRO N°28

EQUIPO	ESPECIFICACIONES	UNIDADES
	<p><b>Area de Transferencia</b>  <math>A_T = 63 \text{ ft}^2</math></p> <p><b>Coefficiente de Transferencia</b>  <math>U = 91 \text{ btu/ft}^2 \text{ } ^\circ\text{C/ft}</math></p> <p><b>Material de Construccion</b>                      Acero inoxidable</p>	
<b>FLORENTINO</b>	<p>Capacidad : <math>0.06 \text{ m}^3</math>  <math>D = 0.32 \text{ m}</math>  <math>H = 0.70 \text{ m}</math></p> <p>Material de construccion                      Cobre estañado</p>	1
<b>TRITURADORA</b>	<p>Capacidad de Procesamiento  <math>C = 165 \text{ kg}</math></p> <p>Motor = 5 HP</p>	1

### 7.7 Layout

Se detalla en las figuras 5 y 6.

Figura N 5

#### ANALISIS DE PROXIMIDAD DE AREAS

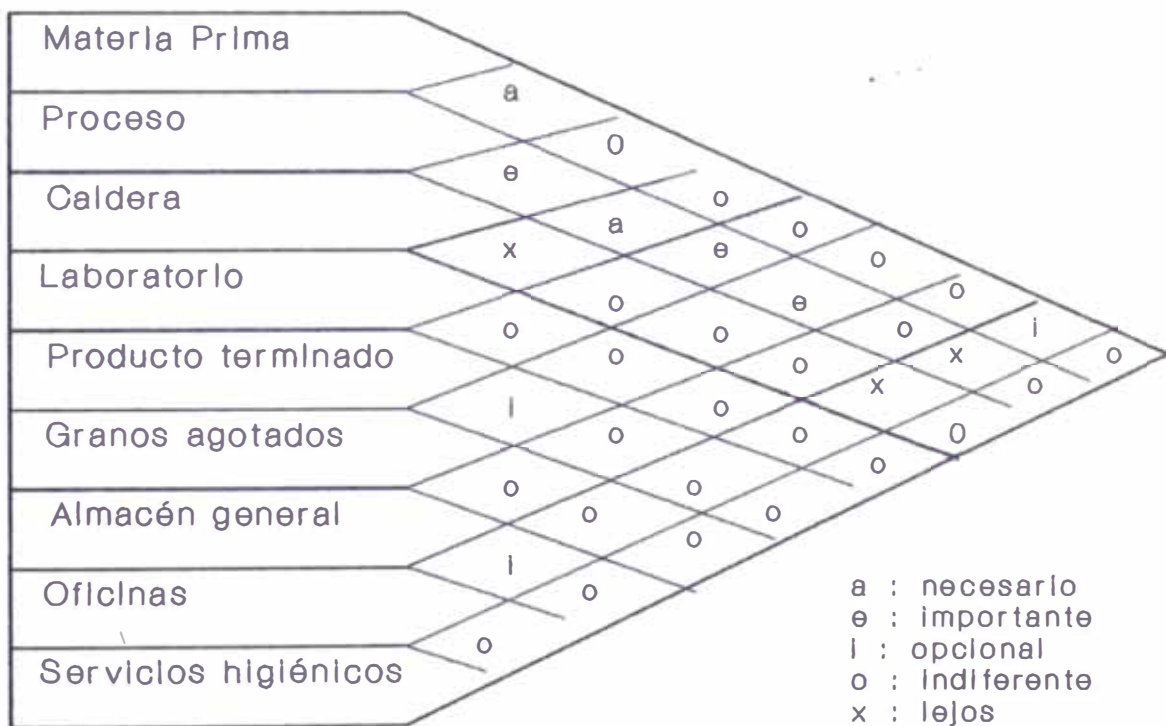
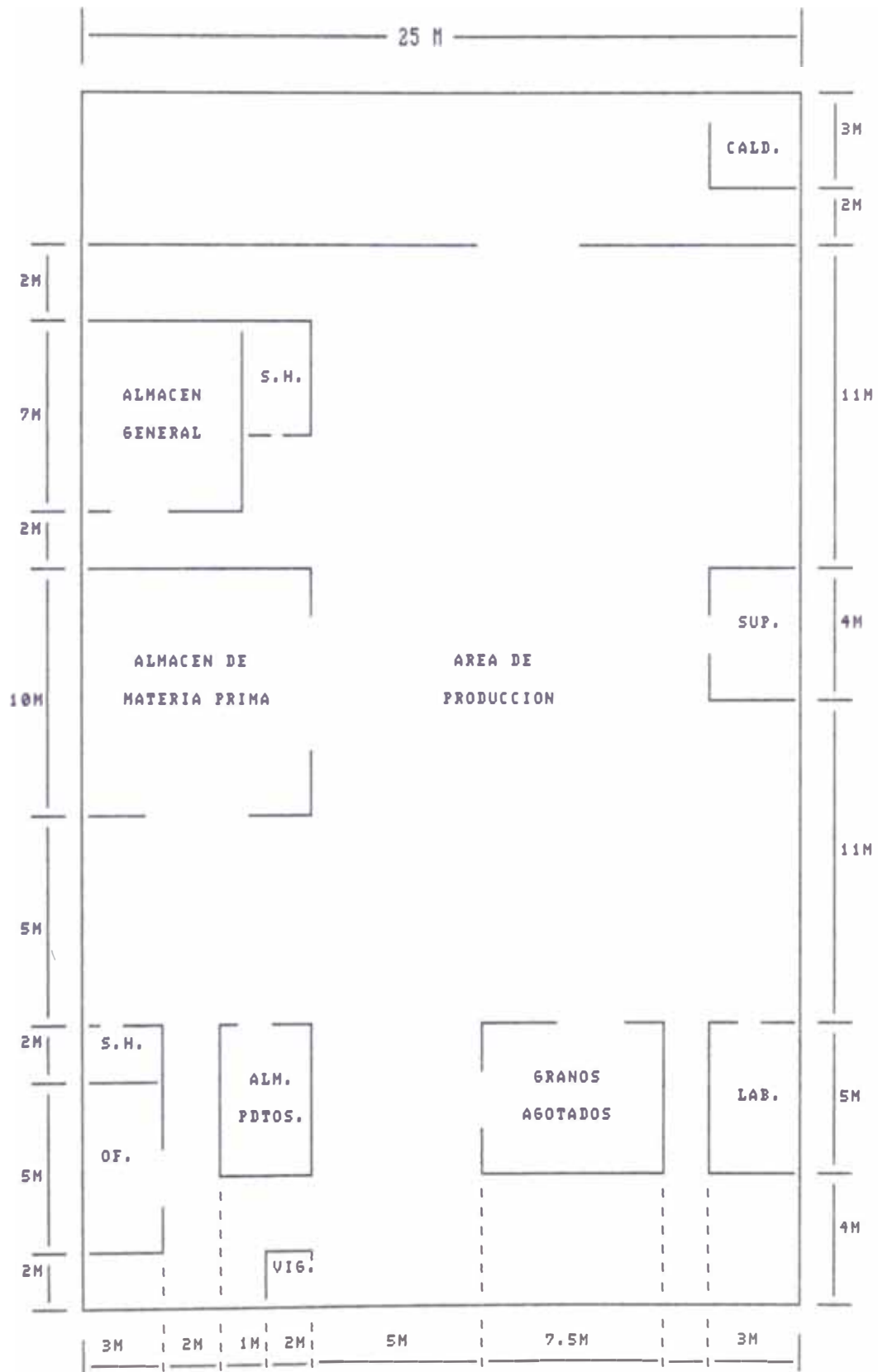


FIGURA N°6  
DISTRIBUCION DE PLANTA



## **VIII. EVALUACION ECONOMICA**

### **8.1 Inversión en Capital Fijo**

*Se considera la adquisición de un terreno de 1000m<sup>2</sup> en el Valle de Curahuasi.*

*Los gastos por concepto de construcción civil corresponden a la infraestructura necesaria para poner la planta operativa. (depreciación 3%)*

*Los equipos necesarios, involucrados directa e indirectamente en el proceso, son considerados en este rubro. (depreciación 10 %)*

*El cuadro N° 29 detalla esta inversión en capital fijo.*

### **8.2 Costo de Producción**

*Para la elaboración del cuadro N° 31 - Cuadro de Costos de Producción - se hizo necesario el cálculo previo de los requerimientos de materia prima, combustible y mano de obra. El cuadro N° 30 muestra las necesidades de granos y del stock deseado para cada año; con respecto al combustible y mano de obra, éstos se detallan en forma cuantitativa en el mismo cuadro de costos de producción, en el que también se indican los costos unitarios.*

### **8.3 Precio de Venta**

*Los precios de venta de aceite esencial y de granos*

*agotados son 90 \$/kg y 0.10 \$/kg respectivamente.*

#### **8.4 Determinación de: VAN, TIR, B/C**

*Para la determinación de estos parámetros se hizo necesaria la construcción de los siguientes cuadros:*

*Cuadro N° 32 : Estado de Pérdidas y Ganancias*

*. Cuadro N° 33 : Capital de Trabajo (para un stock de 2 meses)*

*. Cuadro N° 34 : Flujo de Caja*

#### **8.5 Conclusiones**

*Se presentan los cuadros 35 y 36.*

CUADRO N°29

INVERSION EN CAPITAL FIJO

		\$
<b>Terreno</b>		1,500
<b>Construcción Civil<sup>1</sup></b>		20,000
<b>Maquinarias y Equipos<sup>2</sup></b>		
1 Caldero	15,000	
1 Triturador	2,000	
2 Hidrodestiladores	3,000	
1 Condensador	1,500	
1 florentino	500	
Sistema de enfriamiento	1,000	
Equipo de laboratorio	1,500	
Generador	1,500	
Sistema de control	1,500	
Utiles industriales	1,500	
	<b>TOTAL DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS</b>	<b>29,000</b>
<b>Muebles y Enseres<sup>3</sup></b>		750
<b>TOTAL INVERSION EN CAPITAL FIJO</b>		<b>51,250</b>

1 PARA ESTE RUBRO SE CONSIDERO UNA DEPRECIACION DE 3%

2,3 PARA ESTOS RUBROS SE CONSIDERO UNA DEPRECIACION DE 10%

CUADRO N°30

REQUERIMIENTO DE GRANOS DE ANIS

AÑO	1	2	3	4	5
<b>REQUERIMIENTOS DEL PROCESO</b>					
TM/AÑO	111	111	149	186	223
\$ /TM	1,500	1,200	1,000	1,000	1,000
\$ /AÑO	166,500	133,200	149,000	186,000	223,000
<b>STOCK DE GRANOS</b>					
TM/AÑO	25	33	41	49	
\$ /AÑO	37,500	39,600	41,000	49,000	
<b>REQUERIMIENTO ANUAL</b>					
TM/AÑO	136	119	157	194	174
\$ /AÑO	204,000	142,800	157,000	194,000	174,000

CUADRO N° 31

**COSTO DE PRODUCCION**

( \$ / año )

ANO	1	2	3	4	5
<b>MATERIA PRIMA</b>	204,000	142,800	157,000	194,000	174,000
<b>COMBUSTIBLE</b>	10,000	10,000	13,000	16,000	20,000
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>					
<b>Obreros (6)</b>	8,640	8,640	8,640	8,640	8,640
<b>INDIRECTA</b>					
<b>Ing. Químico(1)</b>	9,600	9,600	9,600	9,600	9,600
<b>Tec. Mantenimiento (1)</b>	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
<b>Tec. Electricista. (1)</b>	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
<b>Laboratorista (1)</b>	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800
<b>TOTAL</b>	32,640	32,640	32,640	32,640	32,640
<b>SEGUROS</b>	3,916.8	3,916.8	3,916.8	3,916.8	3,916.8
<b>DEPRECIACION</b>	3,500.0	3,500.0	3,500.0	3,500.0	3,500.0
<b>COSTO TOTAL</b>	254,056.8	192,856.8	210,056.8	250,056.8	234,056.8
<b>COSTO UNITARIO</b> ( \$/TM)	84,685.6	64,285.6	52,764.2	50,011.4	39,009.5



CUADRO N° 32

**ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS**

( \$ / año )

ANO	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>					
Ac. Esencial	270,000.0	270,000.0	360,000.0	450,000.0	540,000.0
Granos ag.	11,100.0	11,100.0	14,900.0	18,600.0	22,300.0
<b>TOTAL</b>	<b>281,100.0</b>	<b>281,100.0</b>	<b>374,900.0</b>	<b>468,600.0</b>	<b>562,300.0</b>
<b>EGRESOS</b>					
Anís	204,000.0	142,800.0	157,000.0	194,000.0	174,000.0
Combustible	10,000.0	10,000.0	13,000.0	16,000.0	20,000.0
Mano de Obra	32,640.0	32,640.0	32,640.0	32,640.0	32,640.0
Seguros	3,916.8	3,916.8	3,916.8	3,916.8	3,916.8
Depreciación	3,500.0	3,500.0	3,500.0	3,500.0	3,500.0
<b>TOTAL</b>	<b>254,056.8</b>	<b>192,856.8</b>	<b>210,056.8</b>	<b>250,056.8</b>	<b>234,056.8</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>27,043.2</b>	<b>88,243.2</b>	<b>164,843.2</b>	<b>218,543.2</b>	<b>328,243.2</b>
<b>GASTOS ADM.</b>	<b>19,200.0</b>	<b>19,200.0</b>	<b>19,200.0</b>	<b>19,200.0</b>	<b>19,200.0</b>
<b>DEPRECIACION *</b>	<b>75.0</b>	<b>75.0</b>	<b>75.0</b>	<b>75.0</b>	<b>75.0</b>
<b>GASTOS VENTAS</b>	<b>6,000.0</b>	<b>6,000.0</b>	<b>6,000.0</b>	<b>6,000.0</b>	<b>6,000.0</b>
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>1,768.2</b>	<b>62,968.2</b>	<b>139,568.2</b>	<b>193,268.2</b>	<b>302,968.2</b>

\* DEPRECIACION REFERIDA A MUEBLES Y ENSERES

CUADRO N° 35

**COSTOS UNITARIOS - PRECIO DE VENTA**

<b>AÑO DE OPERACION</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>COSTO UNITARIO (\$/kg)</b>	84.68	64.28	52.76	50.01	39.00
<b>PRECIO DE VENTA</b>					
<b>Aceite (\$/kg)</b>	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
<b>Granos agotados</b>	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

CUADRO N° 36

**TIR - B/C - VAN**

<b>Tasa de Corte (%)</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>Beneficio / Costo B / C</b>	1.49	1.48	1.47	1.38
<b>Valor Actual Neto VAN</b>	429,156.57	407,338.33	361,935.59	252,979.00

**TIR = 88%**

SE CONCLUYE QUE EL PROYECTO ES RENTABLE PARA LAS TASAS DE CORTE CONSIDERADOS

## **IX. CONCLUSIONES**

*El abastecimiento de materia prima para el presente proyecto se encuentra asegurado al disponerse de hectáreas de terreno destinadas a este cultivo. Apurímac (Valle de Curahuasi) se erige como el principal productor nacional de granos de anís, existiendo además otras zonas con las condiciones climatológicas adecuadas para incrementar éstas áreas. Cabe resaltar que el rendimiento actual de 600 kg/Ha puede ser hasta duplicado innovando las técnicas de cultivo.*

*Entre los usos del grano de anís se cuentan: la elaboración de bebidas filtrantes, de licores tipo anisado, productos de pastelería; se utiliza como digestivo y a nivel industrial sirve de insumo para la extracción del aceite esencial de anís. Es considerada como una planta medicinal y también se le usa en veterinaria.*

*El gráfico 4 (cuadro 4) muestra la proyección de la producción nacional de granos de anís para el período 1993 - 1997.*

*Las aplicaciones industriales del aceite esencial de anís son:*

*- En farmacia y en la industria de cosméticos: como carminativo, estimulante y expectorante; para enmascarar olores indeseables en drogas y productos cosméticos, en dentríficos, perfumes, jabones, detergentes, cremas, lociones. Con niveles de hasta 0.25% del aceite en perfumes.*

- En alimentos, es utilizado en pastelería, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, dulces, caramelos, gelatinas; con un nivel de uso de 0.06 % en preparados alcohólicos y 0.07 % en dulces.

- Se le emplea también como sensibilizador en procesos de decoloración y en fotografía de color.

No existen registros industriales de productores nacionales de aceite esencial de anís en el país.

Los precios CIF promedio de importación de aceite esencial de anís en el Perú sufren fuertes fluctuaciones, principalmente por razones de calidad. Por ejemplo los procedentes de : España = \$162/kg  
Alemania Federal = \$26/kg.

Entre los principales proveedores se cuentan Alemania Federal, España y Suiza.

Francia y Estados Unidos se perfilan como mercados atractivos para la comercialización de este producto.

La calidad constante, precios estables y el regular abastecimiento son condiciones básicas para encontrar y mantener mercados para los aceites esenciales.

En el gráfico 6 se proyecta la demanda de aceite esencial para los próximos cinco años.

La planta comercial del presente proyecto producirá hasta 6 TM de aceite esencial al año y estará localizada en el Valle de Curahuasi, Departamento de Apurímac.

El proceso seleccionado para la obtención del aceite

esencial de anís es el de destilación de los granos de anís con vapor directo.

Por experiencias preliminares se decide trabajar con el grano de anís triturado.

Se trabajó con un único lote de materia prima procedente del Valle de Curahuasi. Este lote presentó un 12% de humedad y un 10% de impurezas.

Las corridas experimentales se realizaron en base a la aplicación del diseño factorial, lo que permitió determinar si existía o no influencia de las variables elegidas (F,C,P), así como la interacción de éstas en el proceso.

Del cuadro 21 se concluye que el efecto del flujo en los niveles estudiados es mínimo.

Al comparar los F(experimentales) (cuadro 22) con el teórico ( $F = 7.71$ ) se observa que la carga y la presión así como la interacción de estas dos variables son significativas en el rendimiento del aceite esencial de anís (por ser mayores que el F[teórico]).

Se determinó un tiempo óptimo de operación ( 100 min ) en base a los gastos de vapor en relación al aceite extraído. Se observó que con aproximadamente el 81 % de vapor se obtuvo alrededor del 99% de aceite esencial.

Para este tiempo óptimo se obtuvo un rendimiento promedio (en base húmeda) de 2.7.

Del cuadro 25 se concluye que el aceite obtenido

*cumple con las especificaciones que dicta el ITINTEC, lo que asegura su calidad.*

*Se encontró que el aceite contiene en promedio un 91 % de anetol.*

*Considerando la producción anual deseada de aceite esencial de anís y el rendimiento de los granos (obtenido de la parte experimental) se establece que la planta procesará hasta 222.2 TM de materia prima al año.*

*En base a los requerimientos de aceite esencial se planifica una producción para 225 días operativos al año, con una jornada de trabajo de 12 horas, en las que se procesarán seis cargas de 164.6 kg cada una en un tiempo de 100 min por lote. Cabe destacar que los tiempos de carga, descarga y limpieza han sido considerados en la elaboración de este plan de producción.*

*La planta empezará produciendo 3 TM de aceite esencial los dos primeros años, luego producirá 4TM y 5TM el tercer y cuarto año respectivamente, para en el quinto año alcanzar su capacidad máxima de 6 TM.*

*El diseño de equipos se realizó tomando en cuenta los requerimientos indicados en el cuadro 27 (Los datos del experimento 5 sirvieron de base para esta determinación). Se trabajará con dos hidrodestiladores que operarán alternadamente.*

*De acuerdo al cuadro de análisis del aceite esencial obtenido (cuadro 25), se sabe de la buena calidad de éste y es así que se pretende competir con los aceites provenientes de Suiza y España estableciéndose un precio de venta de 90 \$/kg.*

*Las evaluaciones del VAN y de la relación Beneficio-Costo para el rango de tasa de corte elegido indican que el proyecto es rentable. Esto se confirma con la aplicación del concepto de la TIR.*

## X. BIBLIOGRAFIA

- (1) Casas, Herman. *El anís su cultivo y estudio de las respuestas a la aplicación de 3N, 3P y 3K*, Universidad Nacional San Antonio Abad, facultad de Agronomía, Cuzco 1967.
- (2) García Ardez, E. *Ciencias Naturales*, Ed. Aguilar, cuarta edición, Buenos Aires 1954.
- (3) Guenther, Ernest. *The Essential oils*, New York 1963
- (4) Jusapesca, Baudillo. *Enciclopedia ilustrada : Flora medicinal, tóxica, aromática condimenticia*, ed. AEPOS, primera edición 1975.
- (5) Kern, D. *Procesos de Transferencia de Calor*, Ed. CECSA, México 1972.
- (6) Lock de Ugaz, Olga. *Investigación Fitoquímica-Métodos en el estudio de productos naturales*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú 1988.
- (7) Massada, Yoshiro. *Analysis of essential oil by gas chromatography on mass spectrometry*.
- (8) Miró, Briga. *Los aromáticos en la industria moderna, aplicación industrial de las esencias naturales y sintéticos*, Barcelona 1972.
- (9) Munier, Nolberto. *Preparación técnica, Evaluación económica y Presentación de Proyectos*, Editorial ASTREA, Buenos Aires 1979.
- (10) Ortiz Vargas, Nicolas. *Estudio experimental de extracción de aceite esencial de Hierba Luisa por arrastre de vapor a nivel planta piloto*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1988.
- (11) Perry, Ernest. *The chemistry of Essential oils and artificial perfumes*, New York 1922.
- (12) Retamozo, Ramirez, Díaz, Villarreal. *extracción de Aceite de Anís por Lixiviación y Arrastre de vapor*, Revista ION, vol 4.
- (13) Rojas, Elizabeth. *Los Aceites Esenciales, panorama del mercado colombiano*.
- (14) Shreve, Morris. *Industrias del Proceso Químico*, Ed DOSSAT, Barcelona 1954.
- (15) Ullman, Gritz. *Enciclopedia Químico Industrial*, Ed Gili S.A., Barcelona (España) 1953.



- (16) *Centro de Comercio Internacional UNACTAD-GATT*  
*Los Mercados de algunos aceites esenciales y oleoresinas, Ginebra 1986.*
- (17) *FOPEX*  
*Anís - Aceite Esencial de Anís, 1981*
- (18) *INPDA*  
*Manual de Proyectos Agroindustriales.*
- (19) *Naciones Unidas*  
*Manual de Proyectos de Desarrollo Económico, 1984*
- (20) *ITINTEC*  
*Normas del Itintec, 1990.*