

Universidad Nacional de Ingeniería

Programa Académico de Ingeniería

Química y Manufacturera



“ Diseño de una Planta Piloto para la Obtención de un Polielectrolito a partir de la Penca de la Tuna ”

—:0:—

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Químico

JAIME A. SANTILLANA SOTO

WALTER F. ZALDIVAR ALVAREZ

LIMA • PERU • 1980

I N D I C E

1.- INTRODUCCION.

2.- CONCLUSIONES.

2.1.- GENERALES

2.2.- DE LA MATERIA PRIMA

2.3.- DEL MERCADO

2.4.- TECNICAS

2.5.- ECONOMICAS

3.- FUNDAMENTOS TEORICOS SOBRE COAGULACION Y FLOCULACION.

3.1.- COLOIDES

3.1.1. Introducci3n.

3.1.2. Clasificaci3n de las dispersiones coloidal
les

3.1.3. Características principales de los coloid
des.

3.1.3.1. Tamaño de las Partículas

3.1.3.2. Movimiento Browniano

3.1.3.3. Efecto Tyndall

3.1.3.4. Adsorci3n Superficial

3.2.- POTENCIAL ZETA

3.2.1. Introducción.

3.2.2. Concepto de Potencial Zeta

3.3.- COAGULACION Y FLOCULACION

3.3.1. Introducción

3.3.2. Desestabilización de Coloides

3.3.3. Factores que influncian la coagulacion
y floculación.

3.4.- POLIELECTROLITOS

3.4.1. Introducción

3.4.2. Comportamiento de los polielectrolitos

4.- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.

4.1.- INTRODUCCION

4.2.- ESTUDIO AGRONOMICO DE LA MATERIA PRIMA

4.2.1. Caracterización de la Familia Cactaceas

4.2.2. Características del Genero Opuntia

4.2.3. Características Biológicas de la Tuna

4.2.4. Características Agrícolas de la Tuna

4.2.5. Características Pecuarias de la Tuna

4.2.6. Características alimenticias de la Tuna

4.3.- COMPOSICION DE LA MATERIA PRIMA

5.- ESTUDIO DE MERCADO.

5.1.- INTRODUCCION

5.2.- DEFINICION DEL PRODUCTO

5.2.1. Características generales del Producto Estandar.

5.2.2. Características Generales del Producto en solución.

5.3.- PRODUCTOS SUSTITUTORIOS Y USOS DEL TUNAFLOC

5.4.- ANALISIS DE LA DEMANDA Y DE LA OFERTA

6.- INGENIERIA DEL PROYECTO.

6.1.- RESUMEN DE LOS ENSAYOS HECHOS EN EL LABORATORIO

6.1.1. Trabajos previos

6.1.2. Evaluación de los Trabajos previos

6.1.2.1. Secado

6.1.2.2. Extracción de Compuestos solubles en alcohol

6.1.3. Pruebas diseñadas en el Laboratorio

6.2.- SELECCION DE ALTERNATIVAS Y DEL METODO OPTIMO - DEL LABORATORIO

6.2.1. Definición de fracciones

6.2.2. Resultados experimentales

6.2.3. Discusión de resultados

6.2.4. Método Óptimo del Laboratorio

6.3.- DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO

6.3.1. Adaptación del Método Óptimo de la Plan
ta Piloto

6.3.2. Diagrama de Flujo de la Planta Piloto

6.3.3. Balance de Materia

6.3.4. Diseño de los Equipos

7.- ANALISIS DE COSTOS

7.1.- ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCCION

7.2.- COSTO DE PRODUCCION

ANEXOS.

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION.

El presente trabajo tiene por objeto lograr un procedimiento para la obtención de un producto químico (polielectrolito) a partir de las pencas de la tuna, de la variedad de la familia de las Opuntias; este producto tiene un campo de aplicación muy amplio en la industria química, tanto como insumo como agente en los tratamientos de aguas industriales y domésticas. Por sus propiedades de incrementar la viscosidad, dicho producto puede ser usado en la industria de alimentos, también en la industria de fermentación, en la industria minera, así como en muchas otras que son mencionadas en el acápite 5.2.

Este trabajo debe de ser necesariamente complementado con otros estudios, entre los que están la explotación de la cochinilla y la extracción de colorantes de ella, el uso de los subproductos del presente trabajo, entre los que se encuentra los desechos de la penca de la tuna y que pueden ser utilizados como forraje; y por último la industrialización de la fruta de la mencionada planta.

La explotación integral de la tuna que involucra los trabajos mencionados en el párrafo anterior, permitirá no sólo generar una tecnología propia basada en el diseño de equipos y pruebas de investigación, sino también permitirá la creación de nuevas fuentes de trabajo en el área rural de

nuestra serranía, en los Departamentos de Ayacucho, Huancavelica, Junín, Arequipa, entre otros también se propende a utilizar terrenos áridos y semi-áridos no aptos para otros cultivos. Actualmente existen 120,000 hectáreas aproximadamente de este recurso en el país, constituyendo un medio-ecológico favorable contra la erosión eólica y pluvial de los cerros debido al enraizamiento que producen.

En las áreas rurales del Perú se acostumbra a usar desde hace muchísimo tiempo el mucílago de la penca de la tuna para clarificar el agua de uso doméstico. De esta práctica campestre surgió la idea de investigar la posibilidad de extraer la materia activa flocculante polielectrolito contenida en ella. En el Perú los estudios preliminares estuvieron a cargo del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Estos estudios hechos por el CEPIS fueron canalizados por el ITINTEC, quién encargó a la Universidad Nacional de Ingeniería, a través del Departamento Académico de Procesos Industriales la ejecución de este Proyecto de Investigación.

Queremos hacer hincapié en el hecho de que en el presente trabajo los aspectos teóricos, así como algunos de los ensayos de laboratorio, están referidos al comportamiento del polielectrolito en el agua, aún cuando este trabajo menciona otros posibles usos que pudiera tener el polielectrolito. Consideramos que esto es suficiente para nuestros propósitos.

Los estudios de laboratorio preliminares realizados por el CEPIS condujeron a la obtención de un polielectrolito que denominaron Tunafloc-A. En el presente trabajo donde se ha obtenido una tecnología diferente a nivel de planta piloto, denominaremos al polielectrolito como TUNAFLOC.

2.- CONCLUSIONES.

2.- CONCLUSIONES

2.1.- GENERALES.

El Tunafloc es un polielectrolito que tiene un rendimiento similar al de los polielectrolitos sintéticos actualmente usados.

Nosotros lo comprobamos para el tratamiento de aguas potables. También fué probado en alcoholes, dando buenos resultados en medio básico. En minería recién se están haciendo las primeras pruebas experimentales.

- El Tunafloc deberá seguir siendo investigado a fin de determinar su exacto campo de aplicación.
- Podemos suponer que en la Industria Minera, el Tunafloc podrá intervenir como ayudante, a la floculación, en medios que no sean fuertemente ácidos ni fuertemente básicos.

2.2. DE LA MATERIA PRIMA.

El tunafloc, como es sabido, se obtiene a partir de las pencas de la tuna, planta ésta que crece abundantemente en ciertas zonas del Perú (1,200 - 2,500 m.s.n.m.).

Las plantas de la Tuna crecen en su mayor parte en forma silvestre, sin ningún tipo de manejo. Recién hace pocos años, y a raíz del aprovechamiento de la cochinilla, es que se ha empezado a cultivarla. Esto impide que, a la fecha, no se conozcan datos sobre la disponibilidad de este recurso que es la materia prima de nuestro producto.

- La Planta Piloto está programada para ser instalada en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA hasta su optimización. Posteriormente esta planta deberá ser instalada en alguna zona productora de tuna. Por las visitas realizadas por el equipo de investigación del Proyecto del Tunafloc, se pudo comprobar que la zona tunera más cercana a Lima, y que cuenta con las instalaciones mínimas requeridas para ello es COCRACHACRA y sus alrededores. Esta zona incluye otras menores, tales como San Pedro de Tuna, etc. las que en su conjunto poseen alrededor de 1,500 hectáreas de tunales. Se muestra una vista aérea de dicha zona.

2.3.- DEL MERCADO.

- Actualmente todos los productos a los que el Tunafloc puede sustituir no se producen ni en el Perú ni en el Pacto Andino.

- El consumo de estos polímeros ha ido decreciendo año tras año desde 1975. Esto en parte por la recesión-económica que afecta al país y porque los productos-derivados del petróleo continúan incrementando sus precios.

- El mayor consumidor de estos polímeros es Sociedad - Paramonga Ltda. con un 25.93% del mercado (Ver Cua-dro N° 7A) El Tunafloc tiene un campo de aplicación bastante más amplio, ya que nuestro mercado no usa estos polímeros en las diversas aplicaciones que - ellos presentan, lo cual si se podría realizar con nuestro producto. Como ejemplo, en la Figura N° 17 se estima que para este año, en Estados Unidos, se consumirán más de 80 millones de dólares (a precios-de 1974) en plímeros para el tratamiento de agua po-table y residuales, mientras que en el país no exis-te ningún consumo.

2.4.- TECNICAS.

- El Tunafloc es un producto sensible al calor, que a temperaturas mayores de 70°C pierde sus propiedades.

- El método para la obtención del Tunafloc-A ideado por el CEPIS tenía el inconveniente de trabajar a una temperatura de cerca de 80°C.

- Las pruebas diseñadas en la UNI y los experimentos llevados a cabo nos llevan a la conclusión de que el mejor método en el laboratorio es el que omite el secado previo de la penca, y la precipitación directamente en alcohol.

Al pasar al diseño de la planta piloto nos vimos precisados a eliminar la operación de pelado de la penca por razones técnicas; en su reemplazo se propone una molienda de la misma.

- Antes de precipitar el Tunafloc, proponemos reducir la cantidad de agua que el mucílago de la penca contiene (80-90%), a fin de reducir el consumo del solvente (Alcohol) usado para precipitarlo.
- Las operaciones que deberán ser prioritariamente optimizadas en la planta piloto son:
 - . Concentración del mucílago.
 - . Precipitación del Tunafloc en alcohol.
- Al utilizar una torre de destilación continua se optimiza el consumo de alcohol, reduciéndolo de 10 lt/Kg. en el laboratorio, a 2.4 lt. en la planta piloto.

2.5.- ECONOMICAS.

- El factor determinante en el costo de fabricación de este producto, es el consumo de alcohol; por lo tanto, la optimización de la planta piloto se orientará necesariamente a reducir el consumo del mismo.
- El costo aproximado del Tunafloc es \$ 1,296.90 /3, mientras que los floculantes importados, con los que el tunafloc puede competir, tienen un precio aproximado de \$ 1,040.00 (FOB).

3.- FUNDAMENTOS TEORICOS SOBRE COAGULACION Y FLOCULACION.

3.- FUNDAMENTOS TEORICOS SOBRE COAGULACION Y FLOCULACION.

3.1.- COLOIDES.

3.1.1.- Introducción.

El empleo de las técnicas más recientes en el tratamiento de agua exige el conocimiento de las propiedades fundamentales de los materiales que modifican las cualidades físicas y químicas del agua cruda. Entre estos materiales hay que prestar atención especial a los coloides, ya que estos presentan comportamientos singulares debido a sus dimensiones reducidas y a las cargas que son absorbidas en torno a las mismas.

Selmi, en 1845, y Graham, en 1871, introducen la palabra COLOIDE.

A partir de la invención del ultramicroscopio hecha por Siedentopf e Zsigmondy, en 1903, la química coloidal evolucionó extraordinariamente.

3.1.2.- Clasificación de las Dispersiones Coloidales.

Existen ocho clases de dispersiones coloidales, que se muestran en la tabla (I).

TABLA I

	FASE DISPERSA	FASE DISPERSANTE	
1	Líquido	Líquido	Emulsión.
2	Sólido	Líquido	Sol
3	Gas	Líquido	Espuma
4	Líquido	Gas	Aerosol
5	Sólido	Gas	Aerosol
6	Líquido	Sólido	Gel
7	Sólido	Sólido	-
8	Gas	Sólido	-

Nuestro estudio se limitará al caso de partículas sólidas dispersas en una fase líquida.

Cuando se tiene agua como fase dispersante, se acostumbra a distinguir entre coloides hidrófilos e hidrófobos.

A) Coloides Hidrófobos.- Se tratará en el punto referente al Potencial Zeta.

B) Coloides Hidrófilos.- Son partículas compuestas de grupos polares, solubles en agua, que atraen para sí moléculas del medio dispersante formando una película que ejerce una acción protectora haciendo al coloide bastante estable, difícil de coagular y flocular.

Grasas, aceites y detergentes pertenecen a este grupo, quedando dispersos en agua.

3.1.3.- Características Principales de los Coloides.

3.1.3.1. Tamaño de las Partículas.

Las partículas coloidales presentan dimensiones desde 10^{-3} micrones (μ) hasta 1 micrón.

No pueden ser vistas con el uso de microscopio común, necesitándose el ultramicroscopio o el microscopio electrónico.

Es importante notar que los límites-dados no son rígidos, pudiendo existir dispersiones coloidales con partículas mayores o menores que las mencionadas en el párrafo anterior.

3.1.3.2. Movimiento Browniano.

Brown (1828), un botánico inglés, estudiando una suspensión de granos de pólen observó por primera vez este fenómeno. Weiner sugirió que tal hecho sucedía por el bombardeo de las partículas dispersas realizado por las moléculas de la fase dispersante.

Al movimiento desordenado de las partículas coloidales, como consecuencia de este bombardeo se le denomina movimiento Browniano, el cual impide que las partículas coloidales sedimenten porque la agitación en la fase dispersante es constante.

3.1.3.3. Efecto TYNDALL.

Las partículas coloidales presentan un tamaño lo suficientemente grande para dispersar los rayos luminosos, mientras que las partículas de tamaño medio (aproximadamente 5°) son demasiado pequeñas para afectar su propagación.

Esta propiedad puede ser empleada para tener informaciones sobre el tamaño de las partículas, y también para la medida de turbidez del sistema.

3.1.3.4. Adsorción Superficial.

Cuando un material es finamente dividido, aumenta su superficie externa de contacto con el medio en que se encuentra, superficie ésta que puede presentar tensiones, produciendo lo que se acostumbra llamar Adsorción Superficial.

Esta característica permite varias aplicaciones, entre las que están:

- Eliminación del olor y sabor del agua, previo empleo de carbón activado.
- Filtración, etc.

3.1.3.5. OSMOSIS.

Cuando la dispersión está separada de la fase dispersante por una membrana permeable a la fase dispersante, el sistema entra en equilibrio cuando se establece una diferencia de presiones entre los dos medios, denominada Presión Osmótica.

3.2. POTENCIAL ZETA.

3.2.1.- Introducción.

Supóngase que a partículas bastante pequeñas (menores que 1 micrón) dispersas en un líquido se les aplica electrodos de signos contrarios, usted observará que ellas se mueven en relación al líquido.

Este movimiento es consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos y la carga de las partículas. A este fenómeno se le denomina ELECTROFORESIS.

El concepto de potencial Zeta partió de este descubrimiento y la espléndida evolución de los conocimientos en este campo se debe, principalmente, a Verwey, Overbeek, Abranson y otros.

De manera general, todas las partículas coloidales, dispersas en agua, cuyo pH se encuentra entre 5 y 10, presentan carga negativa debido a una adsorción selectiva de iones electronegativos. Como difícilmente un agua al ser tratada escapa a esta gama de valores de pH, los estudios de coagulación y floculación se desarrollarán basados en modelos de partículas coloidales negativas.

3.2.2. Concepto de Potencial Zeta.

Para explicar los comportamientos electrocinéticos de los coloides, Gouy y Stern propusieron la teoría de la DOBLE CAPA.

Al tomar una superficie plana cargada negativamente en contacto con un líquido que contenga iones positivos y negativos disueltos, habrá una acumulación de cargas positivas - próximas a las paredes (Capa Compacta), y

cuando nos apartamos de la misma, el número de iones de cargas opuestas tiende a igu - larse (Capa Difusa).

Stern propuso la hipótesis de que cada una de las capas constituye un condensador sien do que la capacidad total de las mismas en serie sería:

$$C_t = \frac{C_m \cdot C_d}{C_m + C_d}$$

donde:

C_d - capacidad del condensador constituida por la capa difusa.

C_m = capacidad del condensador constituida por la partícula y el inicio de la ca pa difusa.

Stern consideró que C_m era aproximadamente - constante y que C_d dependía fuertemente de la concentración del electrolito presente - en el líquido.

En el caso de partículas coloidales en un medio acuoso que presentan electrolitos di sueltos, se nota la formación de una capa - estacionaria de iones adheridos a la super- ficie circundada por una capa difusa que se

desarrolla hasta haber un equilibrio electrostático de las cargas.

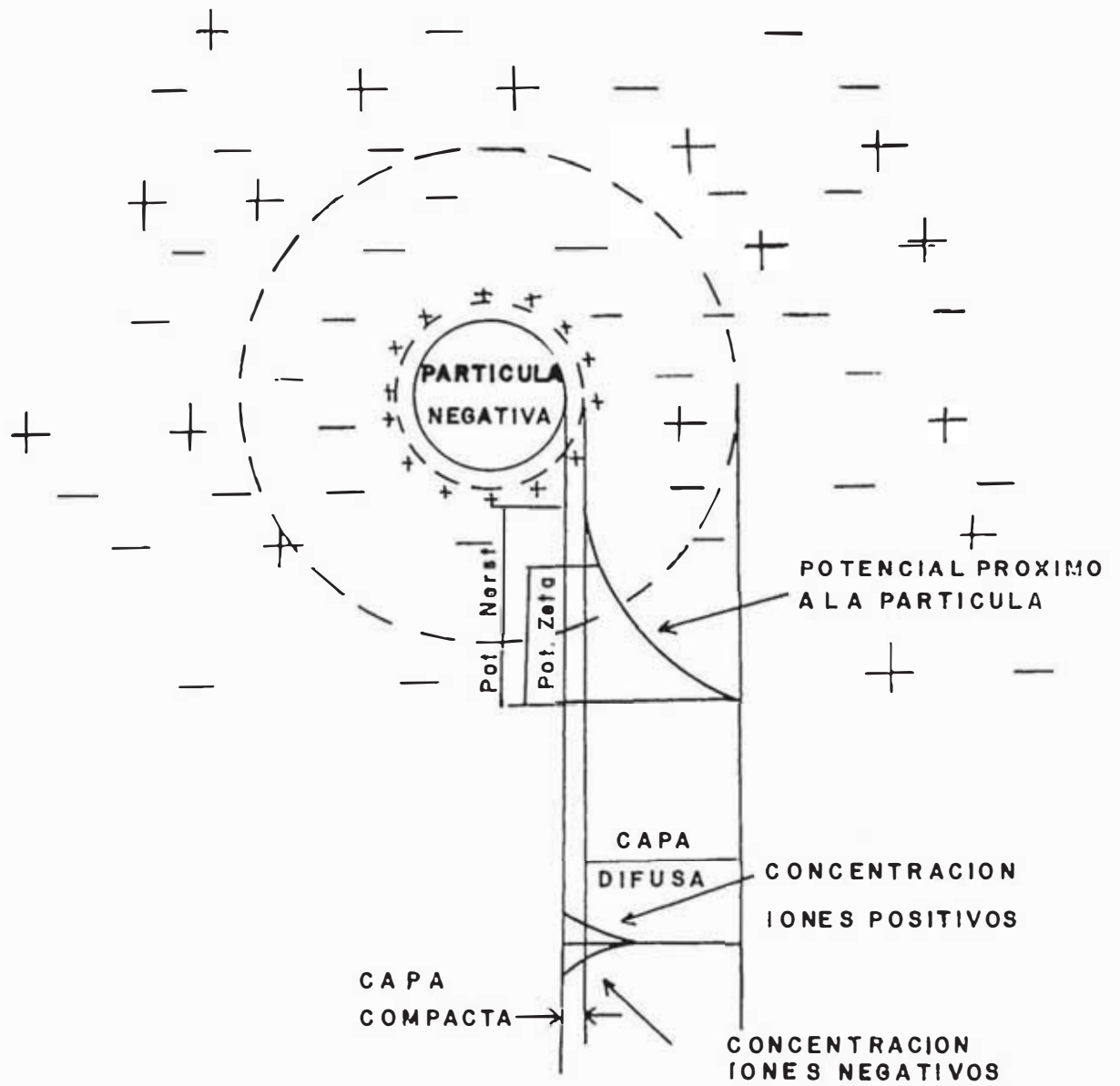


Fig. N° 1 CONCEPTO POTENCIAL ZETA

El Potencial Zeta es la medida del potencial eléctrico entre la superficie externa de una capa compacta, que se desarrolla alrededor de una partícula, y el medio líquido en el que esa partícula está inserta.

Los iones de carga contraria son atraídos al coloide por fuerzas electrostáticas, mientras que la agitación térmica y el movimiento browniano tienden a distribuirlos por toda la masa líquida.

Este sistema de cargas, superficie del coloide y la capa de signo contrario, recibe el nombre de DOBLE CAPA.

Si la carga negativa del coloide es grande, los iones de carga contraria pueden ser tan fuertemente atraídos que se adhieren a la misma formando la capa compacta ("etern layer")

La capa compacta neutraliza parcialmente la carga y la atracción electrostática del coloide, de esta manera, los iones de carga contraria remanentes van a estar más difusos, disminuyendo su concentración a medida que se apartan de la partícula, constituyendo la capa difusa ("Difusse layer"). La dimensión

de esa capa depende, principalmente, de la concentración de iones en el líquido, y puede presentarse con valores de algunos Angstroms.

El Potencial Zeta es una función de la carga de la capa Difusa (por unidad de superficie del coloide) y de la extensión de la misma.

Cuando un líquido que contiene partículas cargadas y dispersas es sometido a un campo eléctrico, la atracción entre las partículas y el líquido que contiene la capa difusa, reduce el movimiento en dirección de los electrodos. Cuando mayor sea la extensión de la capa, menor será la atracción. Por lo tanto, la velocidad de una partícula dispersa que sufre la acción de un campo eléctrico aumenta con el incremento de la densidad y de la extensión de la capa difusa.

Esta velocidad es proporcional al potencial eléctrico entre los electrodos y el Potencial Zeta.

Se afirma que, aparentemente, la carga del coloide es proporcional a su velocidad cuando es sometido a un campo eléctrico constante.

Abranson y otros probaron experimentalmente que tal proporcionalidad es estrictamente -- un fenómeno superficial.

Más recientemente Johnson y Alexander definieron el Potencial Zeta como la energía requerida para atraer una carga unitaria desde el infinito hasta el "plano de cizallamiento"

Siendo que "el plano de cizallamiento" es -- aquel que separa del resto de la dispersión a una sección de capa que se mueve juntamente con una partícula este está situada entre una superficie interna y externa de la doble capa.

Helmholtz compara la Doble Capa con un condensador de cargas iguales y opuestas distanciadas por una distancia .

Suponiendo que q es la carga de las partículas y ζ el Potencial Zeta, de acuerdo con la electrostática, tenemos que:

$$\zeta = 4 \pi q \frac{\delta}{D_c}$$

D_c = constante dieléctrica.

El Potencial Zeta es proporcional a la velocidad de Electroforesis como lo muestra la

ecuación de Helmholtz-Smoluchowsky:

$$\frac{U}{H_p} = \frac{4 \pi v h}{D_c}$$

η = viscosidad absoluta del agua, en poises.

H_p = gradiente de potencial, en $\frac{V}{cm}$

En la mayoría de los casos la Velocidad de Electrofóresis, esta dada en las siguientes unidades:

$$\frac{\mu}{s} \cdot \frac{V}{cm}$$

Esta manera de expresar es bastante práctica, pues tiene en cuenta la velocidad y el gradiente de potencial empleado.

3.3.- COAGULACION Y FLOCULACION.

3.3.1. Introducción.

En muchos libros y revistas hay una gran discusión sobre la definición precisa de Coagulación y Floculación, pero como estos conceptos son necesarios para el presente trabajo, se debe señalar que el término coagular proviene del latín "Coagulare", que significa juntar (o alcanzar el "punto isoeléctrico"), y

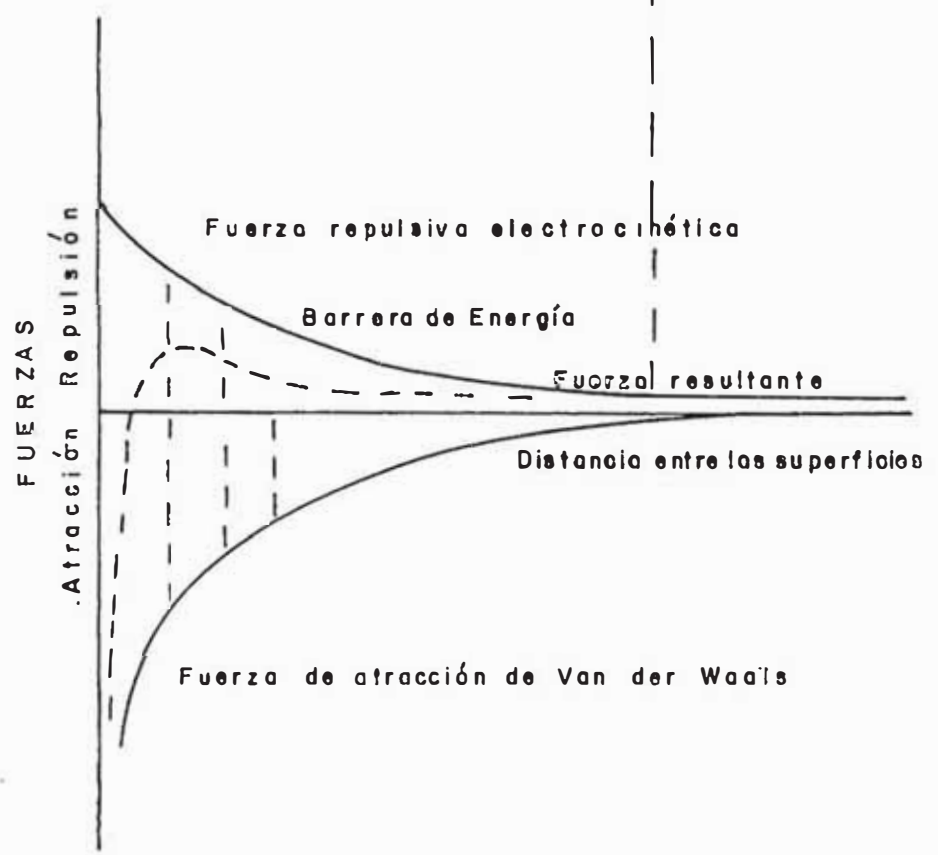
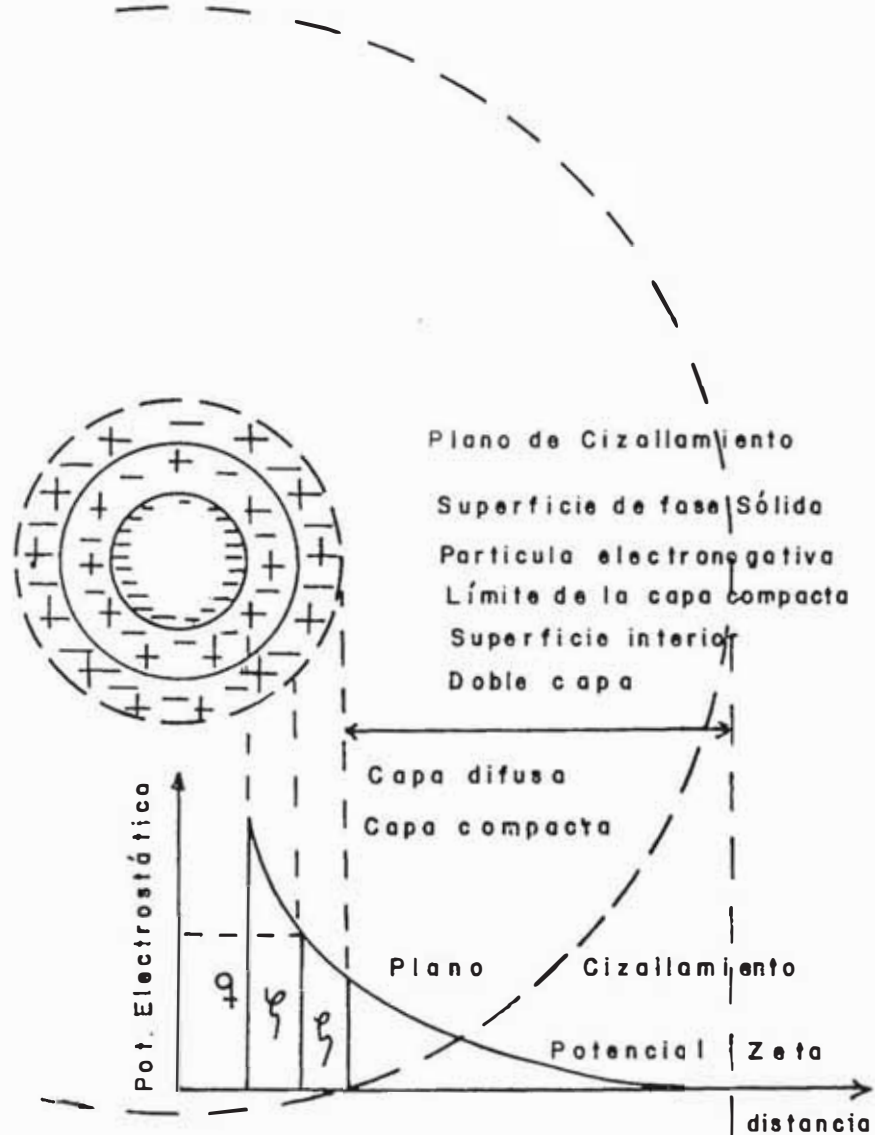


Fig. N^o POTENCIAL ZETA

flocular se origina de "Floculare" que significa: producir flocs.

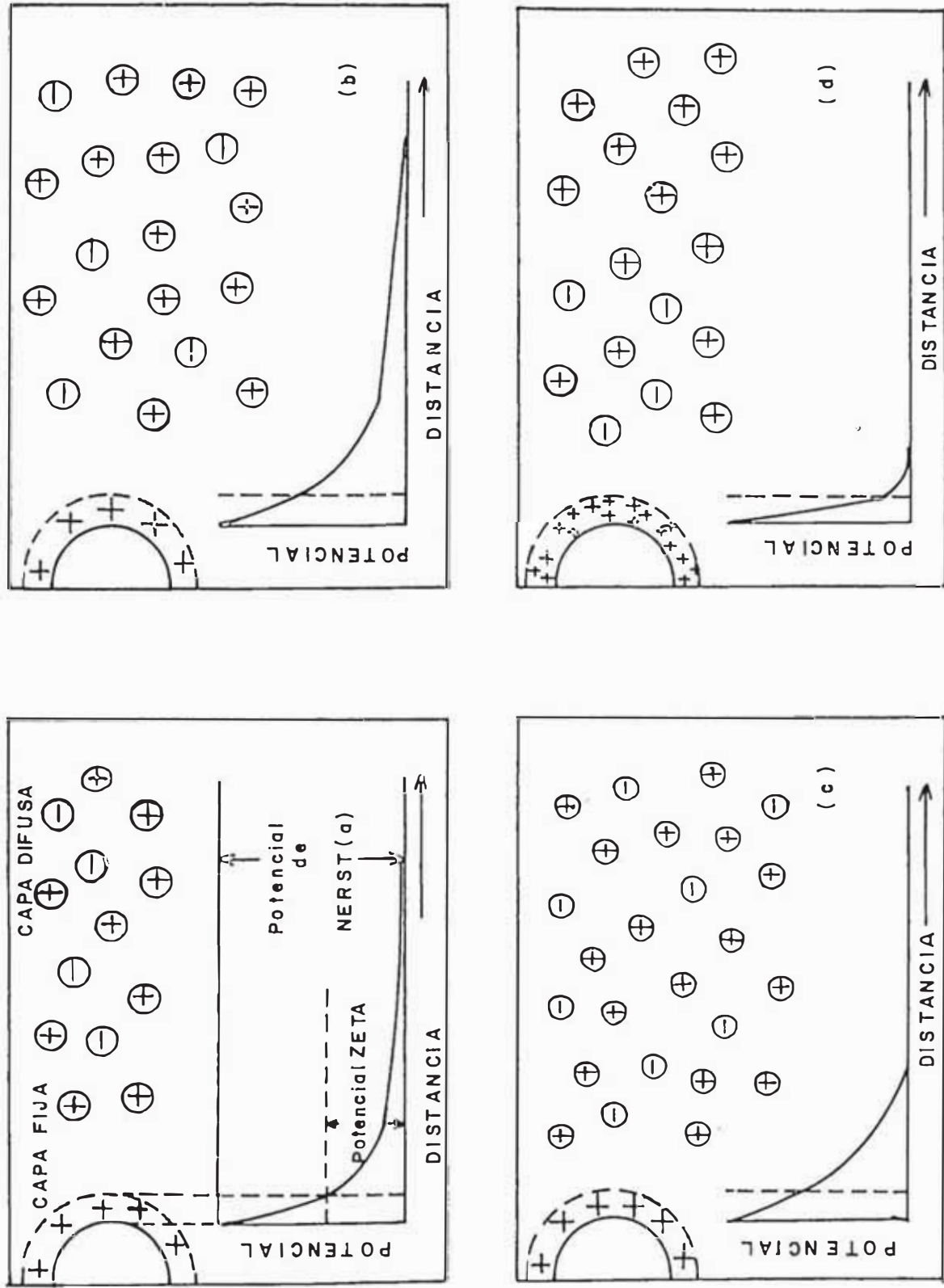
Los principales objetivos de Coagulación y Floculación (complementados para la Decantaación y Filtración) son, para el caso de tratamiento de aguas:

- Remoción del color.
- Destrucción de algas y plancton en general.
- Eliminación de sustancias que producen gussto u olor.
- Eliminación de bacterias y agentes patogénicos.
- Remoción de la turbidez causada por partílculas que no sedimentan rápidamente (una partícula de sílice de 10^{-3} mm. de diámentro se sedimenta a una velocidad de 1 mm por hora).

3.3.2.- Desestabilización de Coloides.

Según la fig. N° 2, en la parte referente al Potencial Zeta, dos partículas próximas de coloides hidrófobos, están sujetas a dos fuerzas opuestas: una fuerza de repulsión causada por el potencial zeta, y una fuerza-

FIG. Nº 3 EFECTO DE LOS IONES DISPERSOS SOBRE EL POTENCIAL ZETA



de atracción que es la de Van der Waals. Como resultado se obtiene una curva que presenta un pico al que se le acostumbra llamar "Barrera de Energía".

Para combatir dicha barrera es necesario disminuir el potencial zeta y suministrar energía al sistema para incrementar el número de las colisiones de las partículas.

A) REDUCCION de POTENCIAL ZETA.

La regla de Shulze-Hardy establece que la coagulación de soluciones donde existen dos iones bivalentes, es 20 a 30 veces mayor que la coagulación en donde hay 2 iones monovalentes, y si existieran dos iones trivalentes sería de 10 a 100 veces mayor que en el caso anterior. En la figura siguiente, se muestra una comparación rudimentaria de lo que ocurre cuando se introducen iones para reducir el potencial zeta.

Comparando a y d se visualiza el efecto del aumento de carga de iones dispersos.

B) ENERGIA DE AGITACION.

Los dos tipos de flocs mostrados en la figura siguiente nos muestran el resultado de una agitacion correcta (Floc dendrítico) y de una agitación deficiente (Floc grumoso).

El floc dendrítico además de ser mucho más útil debido a que retiene impurezas en todo su volumen, es más resistente y más denso, sedimentado con mayor facilidad.

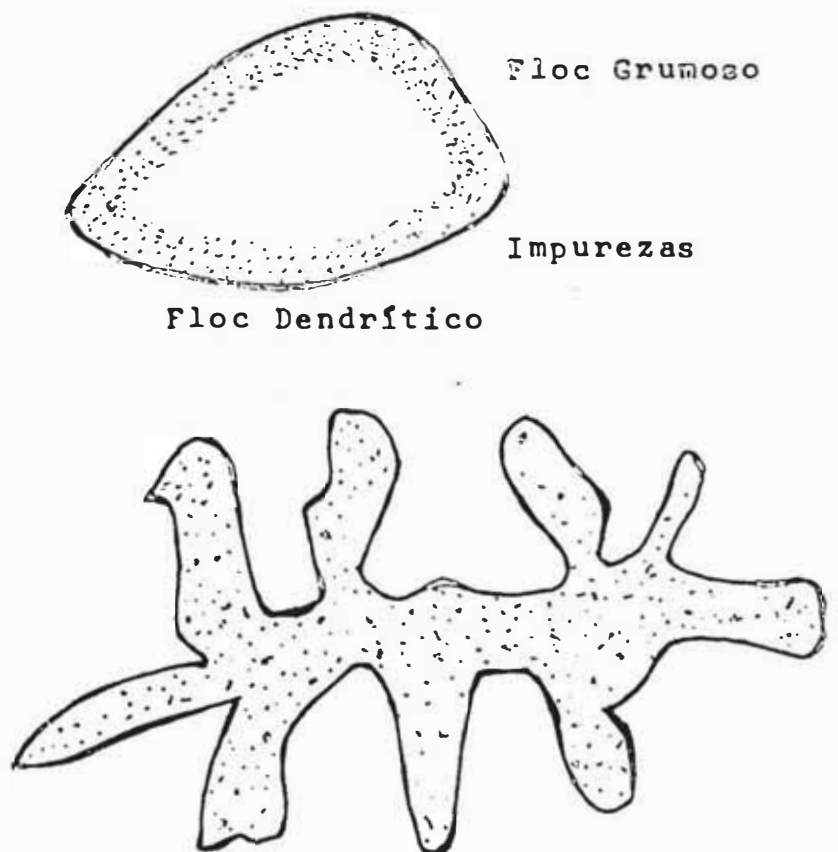


Fig. N° 4.- Influencia de la Coagulación y Floculación en la calidad de los flocs.

La energía de agitación se define en términos de gradiente de velocidad (G) que es el "trabajo aplicado por unidad de tiempo, por unidad de fluido de viscosidad definida.

Los estudios de floculación referidos a sus aspectos físicos fueron desarrollados por Smoluchowsky T.R. Camp y P.C. Stein, de estos estudios nace la ecuación de Camp y Stein, que tiene la siguiente forma:

$$N = \frac{G}{6} N_1 N_2 (d_1 + d_2)^3$$

G = gradiente de velocidad

N = número de contactos efectuados entre N_1 partículas de diámetro d_1 y N_2 partículas de diámetro d_2 , por unidad de tiempo y por unidad de volumen con agitación.

Partiendo de esta ecuación y efectuando aproximaciones y transformaciones fundamentadas en las particularidades que presentan las aguas sin tratar llegamos al siguiente resultado:

$$\frac{N_t}{N_o} = \exp \left(\frac{-\delta AGT}{\pi s} \right)$$

Siendo que: $\frac{A}{S} = V$

N_o = es el número de partículas originalmente en suspensión.

N_t = número de partículas libres existentes después de la agitación y floculación.

S = Concentración del coagulante.

V = Volumen de flóculos existentes por unidad de volumen.

θ = razón de adhesión

3.3.3.- Factores que influncian la coagulación y -floculación.

A) ALCALINIDAD.- Guarda estrecha relación con la coagulación. Es importante anotar que después de un tratamiento químico la alcalinidad nunca debe ser menor de 6 a 8 ppm, pues de lo contrario al adicionar cal para corregir el pH a la salida de la estación de tratamiento, nos obligará a enfrentarnos a serios problemas de corrosión en tuberías.

B) TEMPERATURA.-La formación de flocs se ve influenciada grandemente con la variaciones de temperatura; un aumento de las

misma acelera la coagulación y la floculación.

C) CONCENTRACION DE LOS COAGULANTES.- Aumentando gradualmente la concentración de los coagulantes, se nota un incremento en la velocidad de formación de los flocs, pero un aumento excesivo puede producir una inversión del potencial zeta, actuando de manera contraria a lo que se observa inicialmente.

D) pH .- El pH ejerce un papel importante en la coagulación pero no existe una regla general y segura para determinar el pH óptimo de la coagulación. Para altos valores de pH, la coagulación es pobre porque los hidróxidos son solubles.

Además, entre otros factores, influyen la valencia del ión metálico del coagulante, el tamaño de las partículas, etc.

3.4.- POLIELECTROLITOS.-

3.4.1.- Introducción.

El término POLIELECTROLITO'fué introducido -

por FUOSS, denominando así a los polímeros de alto peso molecular que gozan de la propiedad de presentar puntos ionizables a lo largo de sus cadenas.

El comportamiento de algunas sustancias naturales, como la gelatina y algunas gomas vegetales, llamó la atención de muchos estudiosos de la química coloidal, hace mucho tiempo. En años más recientes, fue iniciada la fabricación de polímeros sintéticos como auxiliares de coagulación y floculación.

Los polielectrolitos pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos.

Los catiónicos presentan cargas positivas distribuidas a lo largo de sus cadenas moleculares, cuando están ionizados. Los aniónicos presentan cargas negativas, y los no iónicos no se ionizan.

FUOSS, en su definición original no incluye a los no iónicos, pero debido a la imposibilidad de estudiar separadamente la adsorción, consecuencia de las largas cadenas y el efecto de las cargas eléctricas, el término polielectrolito adquiere-

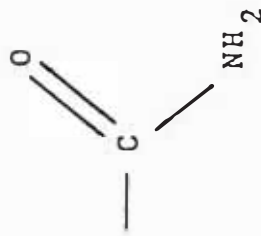
características más amplias.

La figura siguiente muestra algunos de los grupos funcionales más comunes presentes - en los productos usados como auxiliares de coagulación y floculación.

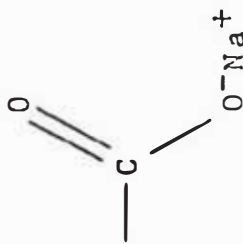
FIGURA N° 5 · ALGUNOS GRUPOS FUNCIONALES REPRESENTADOS
 POR LOS POLIELECTROLITOS.

FUNCIONES

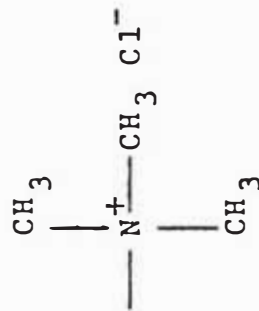
NO IONICAS



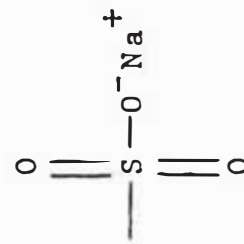
ANIONICAS



CATIONICAS



--- OH



Los polímeros de Poliacrilamida están siendo empleados con bastante éxito en los Estados Unidos para la separación de fases - sólidas y líquidas en las instalaciones de tratamiento de agua, sedimentación de lodos, industria de papel, plásticos, etc.

La estructura básica de las poliacrilamidas se expresa por una cadena esencialmente lineal, cuya unidad monomérica de acrilamida se encuentra representada en la figura.

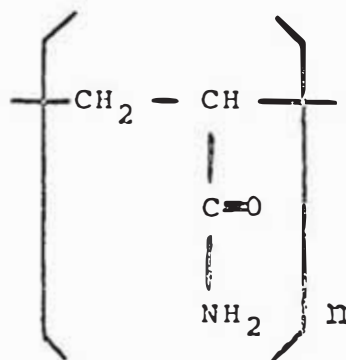


Figura N°8 : Estructura básica de las Poliacrlamidas.

Incorporando componentes alcalinos, se obtiene un polimero en forma parcialmente hidrolizada.

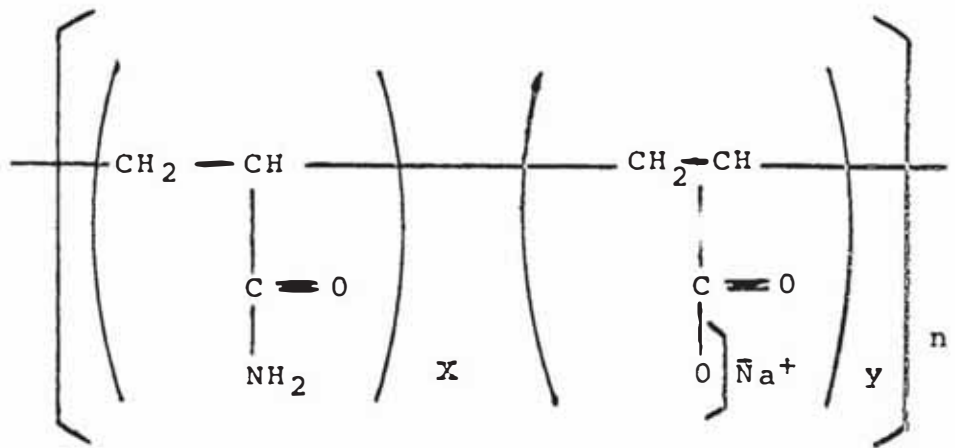


Figura N° 9: Polímeros de acrilamida
parcialmente hidrolizados.

La relación entre X e Y depende de las can
tidades de compuestos alcalinos utilizados
en el proceso.

3.4.2.- Comportamiento de los Polielectrolitos.

A continuación enumeramos algunas propiedaa -
des que se hacen necesarias para entender el
comportamiento de los polielectrolitos en el
agua:

- Los pesos moleculares de estos compuestos -
pueden ser sorprendentes. Se encuentran -
con relativa facilidad polielectrolitos -
que presentan pesos moleculares encima de -
los 2 millones.
- Una diferencia entre sustancias polares co
munes y los polímeros que estamos estudiando
reside en que los dipolos simples son

mecánicamente independientes, en tanto que en nuestro caso los grupos polares están ligados por enlaces covalentes a otros grupos polares.

- La química orgánica nos muestra que el ángulo entre enlaces sucesivos en la cadena varía en un rango fijo denominado ángulo de valencia y que es igual aproximadamente a 70° para enlaces carbono-carbono.
- De la misma manera que un polímero básico se neutraliza por medio de un ácido y viceversa, los iones de los ácidos y de las bases neutralizadas pueden ionizar puntos de la cadena de los polielectrolitos.

Debe notarse la fuerte influencia que la concentración del polímero y de las sales disueltas ejercen en la eficiencia del proceso.

FUOSS en 1948 establece la siguiente ecuación:

$$\frac{(n-n_0)}{n_0} = A_C (1 + B_C^{1/2})^{-1} + D_C$$

Donde A, B, D, son constantes.

n : viscosidad de la solución cuando c
es la concentración del soluto.

n₀ : viscosidad del solvente.

La figura N° 10 muestra $\frac{10(n-n_0)}{n_0 c}$, en ml/g,

en función de la concentración c en g/lit-
cuando se aplica pectinato de sodio, en
una solución acuosa, diluida de cloruro -
de sodio.

Cuando un polielectrolito catiónico o
aniónico se disuelve en agua, una porción
de él muestra la aparición de cargas debi-
do a la ionización de radicales distribui-
dos en la cadena, apareciendo fuerzas
repulsión entre los mismos que causan una
distensión que a su vez causa un enrique-
cimiento aumentando la viscosidad del
fluido.

Este fenómeno causa movimiento de las lar-
gas cadenas que pueden ser groseramente -
comparados como serpentinas microscópicas.

Los puntos ionizados de los polímeros pue

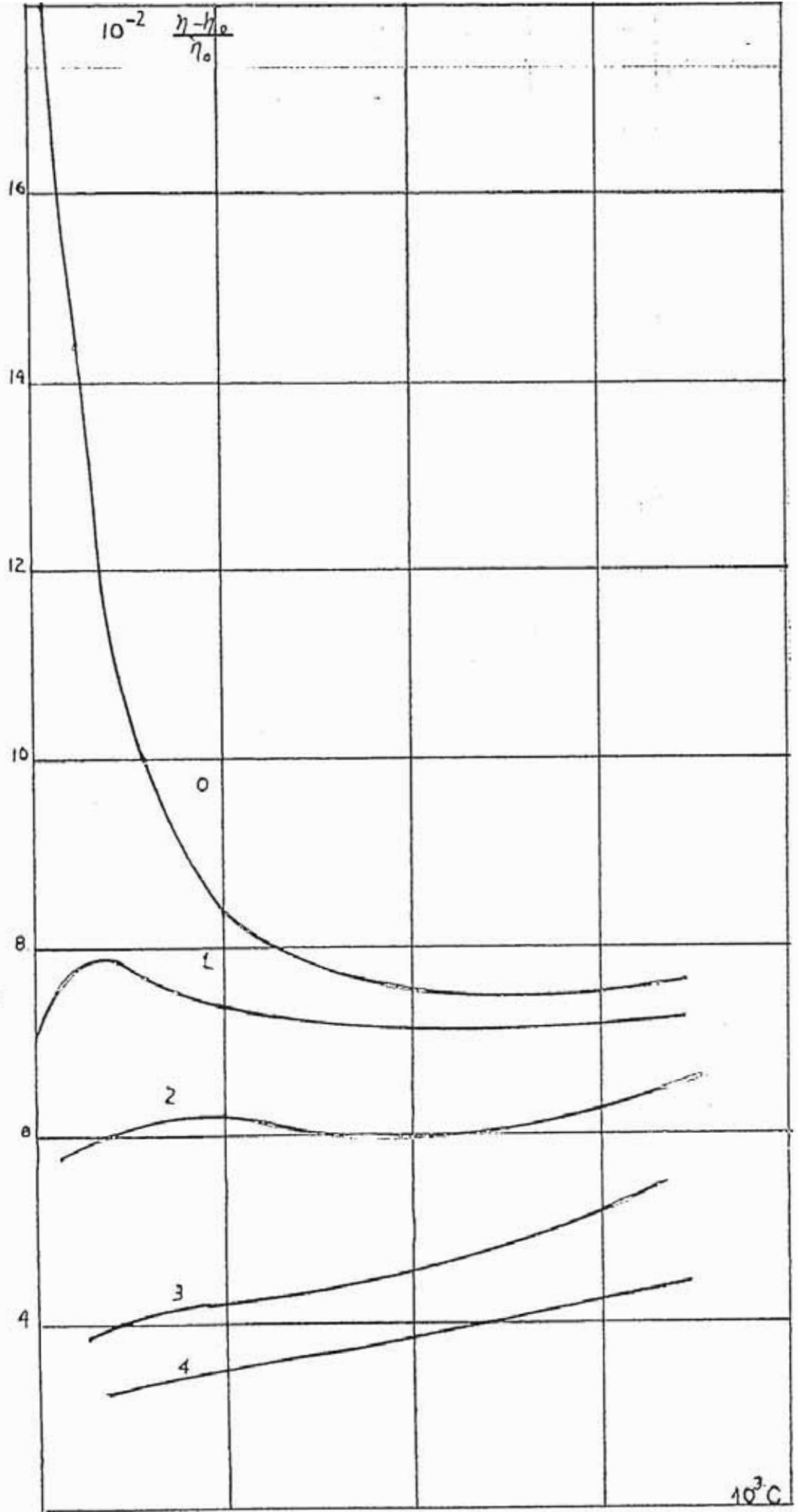


Fig N°10- Influencia de las sales disueltas, en el comportamiento del polielectrolito

den atraer coloides de cargas opuestas o ligarse radicalmente de sustancias disueltas también de cargas opuestas.

El comportamiento de estas cadenas posibilita la conversión de energía química en mecánica.

FIGURA N° 11 Polielectrolito Catiónico "envolviendo"
Partículas Coloidales.

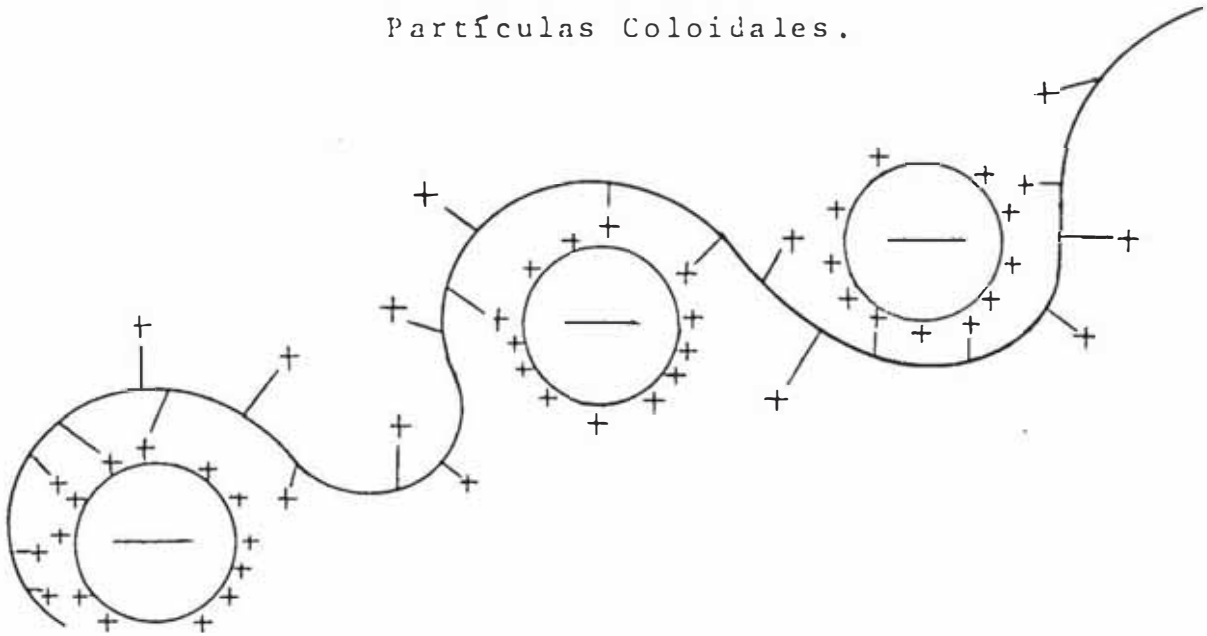
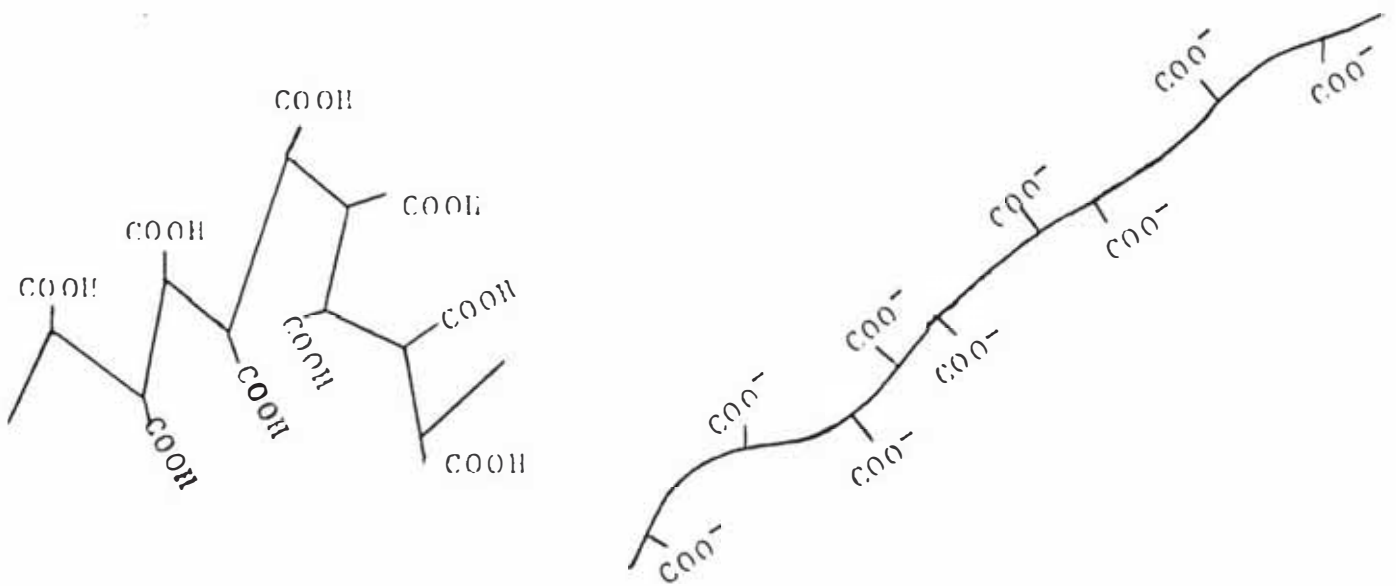


FIGURA N° 12 Distensión de un Polímero debido a sus
Cargas.



4.- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.

4 .- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA.

4.1.- INTRODUCCION.

Los primeros estudios para obtener polímeros flocculantes fueron realizados en el Perú, por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS), el que uso como materia prima, entre otros, la *Opuntia Ficus Indica*.

Esta planta ha sido la base para nuestras investigaciones y constituye la materia prima de nuestro producto. Otras especies de esta familia incluyen a la *Opuntia Monocantha*, *Opuntia Tuna*, *Opuntia Inerme*, etc. Todas estas especies son similares y se conocen comúnmente como Tuna o Nopal.

La distribución geográfica de las *Opuntias* se extiende desde Canadá hasta la Argentina. Su centro de origen se considera Méjico y Perú. De estos países se han introducido a diversas partes del mundo, llegando algunos miembros de este género a convertirse en temibles malezas invasoras (Ejem. en Australia.)

En algunos países de América y Europa, las plantas de frutos comestibles y sabrosos, son cultivadas técnicamente (Ejem. Méjico, Estados Unidos, Perú, Chile, España, Italia, Francia y otros) y se les conoce común

mente como tunas.

En el Perú mayormente se halla distribuida en la Costa y Sierra, desde 500 a 3,000 m.s.n.m., y en menor proporción a alturas inferiores a los 500 mts. o superiores a los 3,000 mts. Los Departamentos de Ayacucho, Apurímac y Cajamarca, son los de mayor concentración de Opuntias.

Nuestra materia prima la Opuntia Ficus Indica es una planta arborescente muy común en el Perú que crece a proximadamente hasta 5 metros de altura. Sus hojas son gruesas y espinosas (pencas), y son de éstas pencas de aspecto elíptico, color verde, con una longitud de 30-50 cm. y aproximadamente 5 cm. de grosor - que hemos extraído el TUNAFLOC.

4.2.- ESTUDIO AGRONÓMICO DE LA MATERIA PRIMA.

La tuna planta proveedora de nuestra materia prima - pertenece a la familia CACTACEAS y al género OPUNTIA.

4.2.1.- Caracterización de la Familia Cactaceas.

(LINDLEY, 1836).

La familia Cactáceas, botánicamente se halla ubicada en la división Angiospermas, y

dentro de ella en la clase Dicotiledóneas ,
sub-clase Coripétalas y orden Opuntiales.

Las cactáceas constituyen una de las fami -
lias más diferentes por la estructura y mor -
fología de su parte vegetativa. Las plan -
tas que la integran están adaptadas para vi -
vir en lugares en los cuales escasea el a
gua en el suelo y en el aire, en aquellos
con fuerte insolación, intensa luminosidad
y con cambios bruscos de temperatura. Para
tal fin cuenta con mecanismos para absorber
el poco de agua cuando la hay y para rete -
nerlos en sus células hasta el máximo de su
resistencia, no permitiendo su pérdida en
los fenómenos transpiratorios.

Por lo general carecen de hojas o si las -
tienen son reducidas y carnosas. Cuando ca
recen de estas, las funciones de las hojas -
son realizadas por los tallos que se trans -
forman en suculentos y de color verde. La
falta de hojas reduce la pérdida de agua -
por transpiración y permite que la planta -
resista la sequía.

Los tallos pueden ser de forma ovoide, cilíndrica, aplanada o esférica y están recubiertos de una gruesa capa de cera que se origina en el tejido epidérmico. En su interior contienen abundantes tejidos de reserva y sustancias celulares ricas en mucílagos y ácidos orgánicos que retienen fuertemente el agua. En su superficie presenta surcos o costillas y estomas profundos.

La forma especial de los tallos, hace que disminuya la superficie de exposición, que permite evitar la deshidratación de la planta por transpiración. El contenido celular facilita la rápida absorción y almacenamiento del agua y favorece su retención y utilización por un largo período.

La capa de cera que es mayor en la parte expuesta al sol, limita la apertura de los estomas durante el día, y con ello los fenómenos de respiración y fotosíntesis. En estas condiciones el anhídrido carbónico y el oxígeno difícilmente pueden entrar y salir siendo por esta razón bien aprovechados y almacenados. El anhídrido carbónico

que no es exhalado queda almacenado en forma de ácido málico y por acción de la luz se restituye nuevamente para su utilización en la fotosíntesis.

El tamaño de las cactáceas varía desde pocos centímetros hasta más de 20 metros. Algunas veces son muy ramificados y articulados y otras son de tallo único y continuo. Presentan aureólas de donde nacen brotes, flores, espinas y pelusa. Las aureólas representan lo que serían los puntos vegetativos o yemas de especies de otras familias.

Las flores son hermafroditas de simetría regular o irregular y de color blanco, amarillo anaranjado, rosado o púrpura. Su duración es muy corta y pueden abrir de día o de noche.

El fruto por lo general es una baya de forma redonda, ovalada o cónica. Las semillas son numerosas, pequeñas y a veces muy duras. Algunos frutos son comestibles y otros de uso Tintoreo. El centro de origen o de diversificación de las cactáceas se halla en las

áreas secas situadas a los extremos del tró-
pico americano. Estas áreas corresponden a
la Meseta Central de México y a los Andes -
del Perú y Bolivia (León, 1968). De estas,
se han difundido a diversas regiones tropi-
cales, sub-tropicales y templadas del mundo.
Algunas especies se han asilvestrado en -
Africa, y otras se han asilvestrado y natu-
ralizado en Australia y sur de Europa.

En el Perú se las encuentra en mayor concen-
tración en la Sierra y en menor proporción-
en la Costa y Ceja de Selva. El Departamen-
to de Ayacucho es el que posee la mayor ex-
tensión y diversidad de cactáceas.

La clasificación de la familia Cactáceas ha
experimentado una serie de cambios.

Linneo observó el parentesco que existía en-
tre ciertas plantas a las que reunió forman-
do el grupo de los Cactos que lo situó en
el orden Succulentae. Posteriormente, el -
grupo unificado formó una familia autónoma-
que De Candolle incluyó en su sistema con -
el nombre de Cactaceae. La denominación -

Cactaceae, usada ahora por algunos botánicos fué instituida por Lindley en 1836.

Entre los principales sistemas de clasificación de esta familia, se encuentran los de : De Candolle (1829), Pfeiffer (1837), Forster (1846), Labouret (1853), Lemaire (1863), Weber (1893), Schumann (1989), Britton y Rose (1919-23), Schelle (1926), Berger (1929) Backeberg (1958-64).

Los sistemas de uso más frecuente son: el Americano de Britton y Rose, el alemán de Backeberg.

Según Backeberg, quién ha estudiado en mayor detalle las cactáceas del Perú, la clave para identificar las tres sub-familias que él considera es la siguiente:.

a) Plantas con hojas normales o reducidas
semillas más o menos grandes y cáscara -
blanda.

Sub-familia PEIRESKIOIDEAE.

b) Plantas con hojas suculentas o muy reduci
das, semillas duras y bastante grandes.

Sub-familia OPUNTIODEAE.

c) Plantas sin hojas, semillas pequeñas, no endurecidas.

Sub-familia CEREDIDEAE.

El total de géneros de la familia Cactá-
ceas actualmente conocidas es mas de 200.
De estos géneros a la sub-familia OPUNTI-
OIDEAE, a la cual pertenece la tuna, co-
rresponden 16. En el Perú los géneros -
determinados de la familia son 50 y de
la sub-familia OPUNTIOIDEAE 5.

En las figuras 13. 14 y 15, se presentan
algunos de los principales ejemplares de
las sub-familias Peireskioideae, Opunti-
oideae y Ceredideae, respectivamente.

4.2.2.- Características del Género Opuntia (TOURNEF Mill. 1754.)

De acuerdo a la clasificación de Backeberg,
el género OPUNTIA pertenece a la sub-fami-
lia OPUNTIOIDEAE, y dentro de ella a la
tribu EUOPUNTIEAE, a la sub-tribu PLATYOPUN-
TIINAE y al grupo PLATYOPUNTIAE.

Las plantas que integran este género poseen
un tamaño variado pudiendo ser desde rastros

Fig. N°13

Sub Família PEIRESKIA DEADE



Peireskia s.p.



Pereskia s.p.

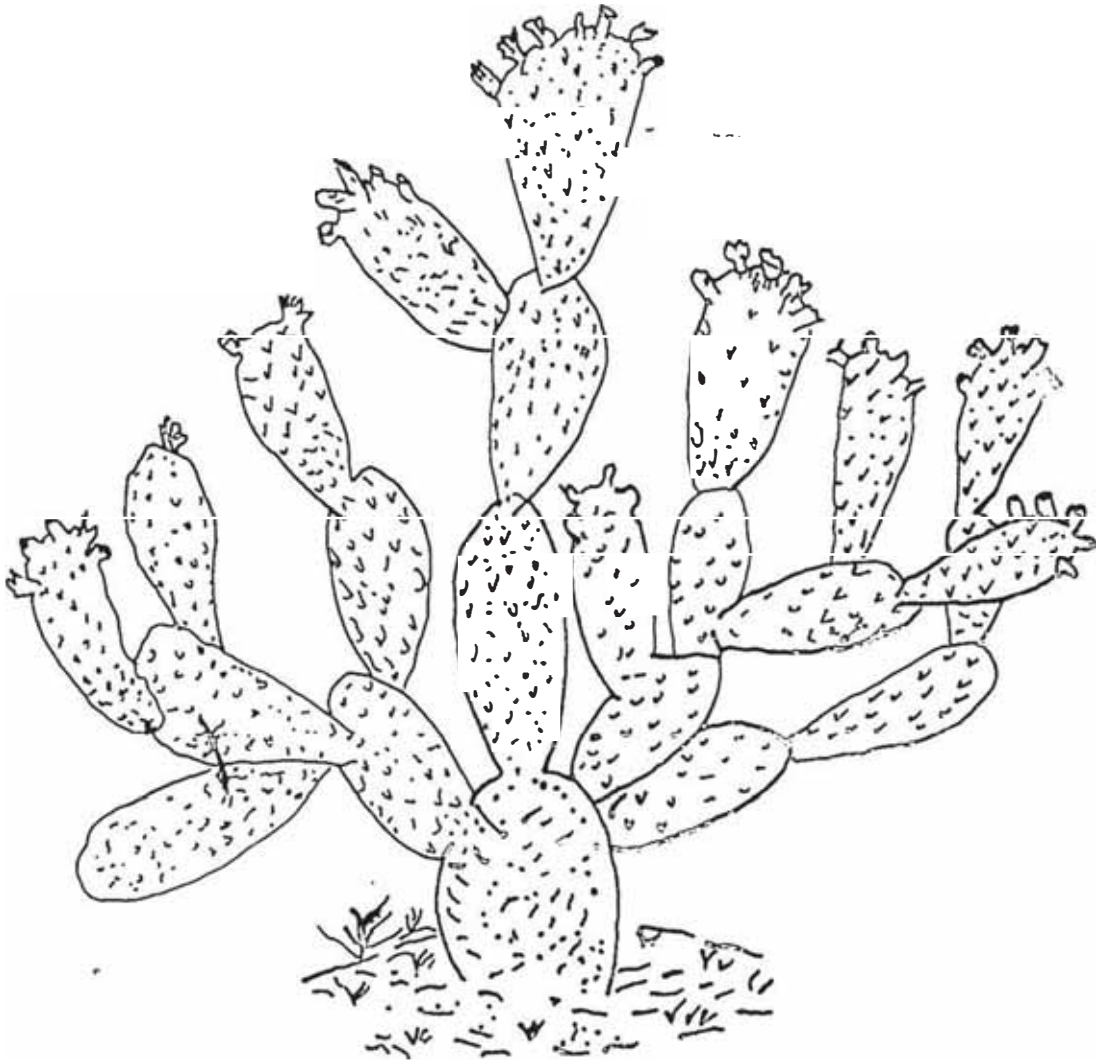
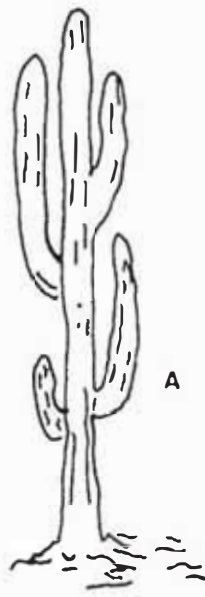
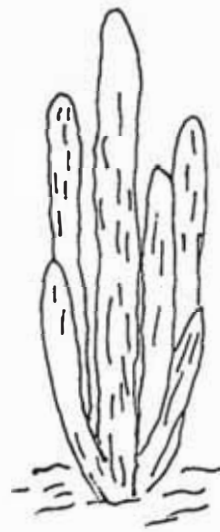


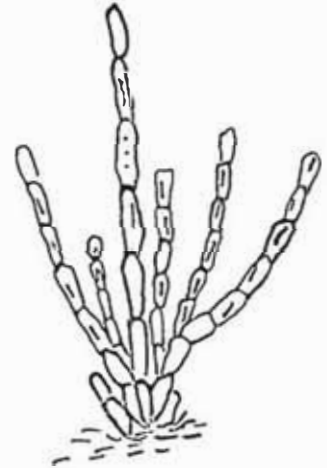
Fig. N^o 14 sub familia OPUNTIOIDEAE . OPUNTIA FICUS INDICA



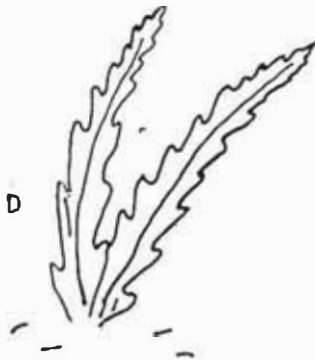
A



B



C



D



H



I



J

Fig. 15

- Sub Familia CEREODEAE A) *Carnegiea gigantea*
 B) *Trichocereus spachianus* - C) *Cereus* sp.
 D) *Epiphyllum* sp H) *Echinocereus*
 I) *Astrophytum* J) *Echinocactus*

ras hasta erguidas o arborescentes. Las primeras carecen de tronco definido y sus pencas se unen en forma irregular, extendiéndose desde el nivel del suelo. Las segundas, tienen tallo definido del que nacen abundantes ramificaciones y que con los años se vuelve cilíndrico en su base, dando el aspecto de un árbol.

Los tallos son aplanados, articulados, de color verde y que cumplen las funciones crofilianas por la ausencia de hojas, las que se desprenden a temprana edad.

Las auréolas llevan casi siempre espinas . Las espinas son de diferentes tamaño, de forma cilíndrica o aplanada, desnudas o provistas de vainas y de color blanco, amarillo o marrón en diversas tonalidades.

Las flores nacen generalmente una por auréola, son grandes, vistosas y diurnas. Los pétalos son ampliamente extendidos y su color puede ser blanco, amarillo, anaranjado, rojo y morado.

El fruto es una baya carnosa, de forma redonda, cónica u ovoide, de color verde ama

rillo, anaranjado, rojo o morado. La cáscra es gruesa y lleva auréolas casi siempre con espinillas. La pulpa puede ser de sabor dulce o ligeramente ácido. Las semillas son grandes, casi aplanadas, de testadura, de color cremoso o marrón claro y pueden ser desnudas o peludas.

La clasificación de este género presenta - gran dificultad por la gran variación en - sus características originales por la hibridación, Backeber, considera para este género 219 especies. En el cuadro N° 1, se presentan 7 especies ~~del género Opuntia~~ determiminadas en el Perú, indicando el nombre de taxónomo y la localización geográfica donde fué encontrada. En la especie Omacbridei, - se incluye la variedad orbicularis.

CUADRO N° 1.-

ESPECIES DEL GENERO OPUNTIA DETERMINADAS EN EL PERU

ESPECIES	TAXONOMO.	LOCALIZACION GEOGRAFICA
1. O. Soenrensil Br. et R. "Ayrampo".	Backeberg Herrera Escomel.	Sur del Perú, más abajo de Pampa de Arrieros, a 4,000 m.s.n.m., aproximadamente. Cuzco: Provincia de Canchis, Quispicanchis y el cercado a 2,800 a 3,500 m.s.n.m. Chiguata y Cachamarca (Arequipa).
2. O. Pascoensis Br. et R.	Rose Backeberg Herrera.	Matucana. Quillabamba a 1,700 m.s.n.m. y en Apurímac - cerca a la Hda. Marchahuasi a 1,900 ms.n.m., en contrado por Rauh. Junín y en Cuzco, en el Valle Santa Ana, para je de la Calzada y Hda. Macamango a 1,050 m.s.n.m.
3. O. pestifer Br. et R.	Weberbauer Kackeberg	Costa, norte y centro del Perú hasta 4°20" Perú central hasta Ecuador central.
4. O. Schumannil	Knize Backeber	Perú. Norte de Sud-América.
5. O. Ficus-indica (L) mill	Weberbauer Backeber	Entre Ayacucho y Rio Pángora a 2,550 ms.n.m. Perú y América Tropical.
6. O. macbridei Br. et R.	Backeberg	En Huánuco sobre 2,300 m.s.n.m. norte del Perú valle de Huancabamba sobre el rio Marañon.

CUADRO N° 1 (Continuación)

ESPECIES	TAXONOMO	LOCALIZACION GEOGRAFICA
6a. O Macbridei V. Orbicularis - Rauh et Backe- berg.	Backeberg.	Valle Olmos sobre 15000 m.s.n.m.
7. O. streptacan- tha.	Herrera Backeberg. Hertling. Rauh	Región del Cuzco. Diferentes lugares del Perú. Río Huanta (Perú Central). Ayacucho (Perú Central) a 2,700 m.s.n.m.

4.2.3.- Características Biológicas de la Tuna.

La planta de tuna presenta una serie de características biológicas cuyo conocimiento es fundamental para orientar cualquier programa de producción de ella. Estos pueden ser producción de fruta, producción de forraje o como hospedero para la producción de cochinilla, como materia prima para el Tunafloc. Entre las características principales está su adaptación a ciertas características del medio ambiente, su desarrollo vegetativo o brotamiento, su floración y fructificación.

A.- Adaptación de la tuna al medio ambiente semi-desértico: La tuna es una planta xerofita, suculenta y resistente a la sequía. Las modificaciones de sus órganos, en cuanto se refiere a su forma, dimensiones, estructuras y funciones, son el resultado de la adaptación a los desiertos, en donde la temperatura es alta, el aire es seco y la lluvia es escasa. Las principales modificaciones para su adaptación a la aridez, son las siguientes:

- Ausencia de hojas, que reducen la superficie

ficie de evapotranspiración.

- Aumento en espesor de la cutícula y de la membrana celulósica del epidermis, la formación de capas cerosas y la situación de estomas hundidos, que impiden la evaporación del agua de los tejidos.
- Elaboración de mucílagos y de otros productos higroscópicos que retienen el agua en sus células.
- Diferenciación de un parénquima clorofiliano en el tallo, que reemplaza las funciones de las hojas.
- Gran desarrollo del parénquima del tallo que aumenta la capacidad para almacenar el agua.
- Abundante y superficial sistema radicular que aumenta la superficie de absorción de agua.

B.- Brotamiento: El brotamiento o la emisión de nuevas pencas está influenciado por el cultivar, por la edad de la planta y de la penca, por el medio ecológico y por el manejo del cultivo.

Existen algunos cultivares con tendencia a emitir numerosas pencas, llegando en sus primeros años antes de fructificar a duplicar anualmente su número de pencas.

Las plantas durante sus tres a cuatro - primeros años emiten exclusivamente pencas y posteriormente pencas y frutos, ya sea simultáneamente o en forma alternada (un año pencas y otro frutos), dependiendo de su capacidad genética.

Las pencas nuevas o de un año y aún las de dos años son las de mayor brotamiento y fructificación, independientemente de su ubicación en la planta.

En condiciones de secado las plantas tienen un brotamiento al año y en condiciones de regadío dos o más brotamientos.

En suelos fértiles o con aplicación de fertilizantes nitrogenado, el brotamiento es mayor que en suelos pobres i sin fertilizantes.

En trabajos preliminares realizados en la Universidad Nacional Agraria "La Molina", en 10 cultivares bajo riego con fer

tilización nitrogenada y a dos densidades de plantación se ha determinado lo siguiente: Que los cultivares N° 1, 5 y 10 son los de mayor brotamiento, que en promedio de cultivares y densidades, el número de pencas se incrementa anualmente dando como coeficientes de incremento de 1.45 para el segundo año y de 2.71 para el tercero; y que el período de brotamiento está comprendido entre los meses de Octubre a Enero, siendo los meses de Noviembre a Diciembre los que arrojan los mejores porcentajes. Los resultados de estos trabajos se presentan en el Cuadro N° 2.

De acuerdo a las evaluaciones de número de pencas por hectárea, realizadas en Ayacucho por una Consultora particular en plantaciones de secano productoras de fruta y hospederos de cochinilla, se ha determinado lo siguiente: Que las poblaciones de tuna naturalmente establecidas en Huanta y Cangallo arrojan el mayor número de pencas por hectárea (mayor brotamiento) que las de Huamanga; que la variación -

CUADRO N° 3 - EVALUACION DEL NUMERO PROMEDIO DE PENCAS POR HECTAREAS Y POR EDAD DE PLANTAS
 EN LAS ZONAS DE HUAMANGA, HUANTA Y CANGALLO.

AÑOS	HUAMANGA	HUANTA	CANGALLO	TOTAL	\bar{x}
4	15,100	17,500	19,900	52,500	17,500
5	18,900	21,000	22,500	62,500	20,833
6	17,300	16,400	23,600	57,300	19,100
7	21,333	26,500	28,200	76,033	25,344
8	19,771	27,800	29,200	76,771	25,590
9	22,640	26,945	32,800	82,385	27,462
10	20,820	23,342	36,436	80,688	26,896
11	21,738	31,000	29,600	82,333	27,444
12	26,000	23,863	39,900	89,763	29,921
13	30,100	25,000	40,100	95,200	31,734

Fuente: Muestreos realizados en las zonas de Huamanga (53 plantas), Huanta (79 plantas) y Cangallo (33 plantas), en poblaciones naturalmente establecidas productoras de fruta y hospederos de cochinilla. MAYO 6 al 10 de 1976.

(aumento y disminución) del número de pencas que se observa anualmente en las poblaciones de Huanta y Huamanga parecen deberse a su doble producción de fruta y cochinilla; y que los incrementos anuales - que se observan en Cangallo pueden deberse a su menor producción de fruta. Los resultados de estas evaluaciones se presentan en la Figura N° 16, y el Cuadro N° 3.

C.-Floración y Fructificación: Las plantas propagadas por pencas florecen y fructifican a partir del tercer o cuarto año y en las propagadas por semilla a partir del cuarto o quinto año. Las pencas de un año y las de dos años de edad son las que emiten mayor número de flores que las de mayor edad. Algunos cultivares florecen en una estación al año y otros lo hacen en dos estaciones. En algunos cultivares se observa el fenómeno de la alternancia: un año florece y otro emite pencas.

Para la recolección del fruto se observó que en Ayacucho existen dos épocas de cosecha, la cosecha "mayor" que comprende

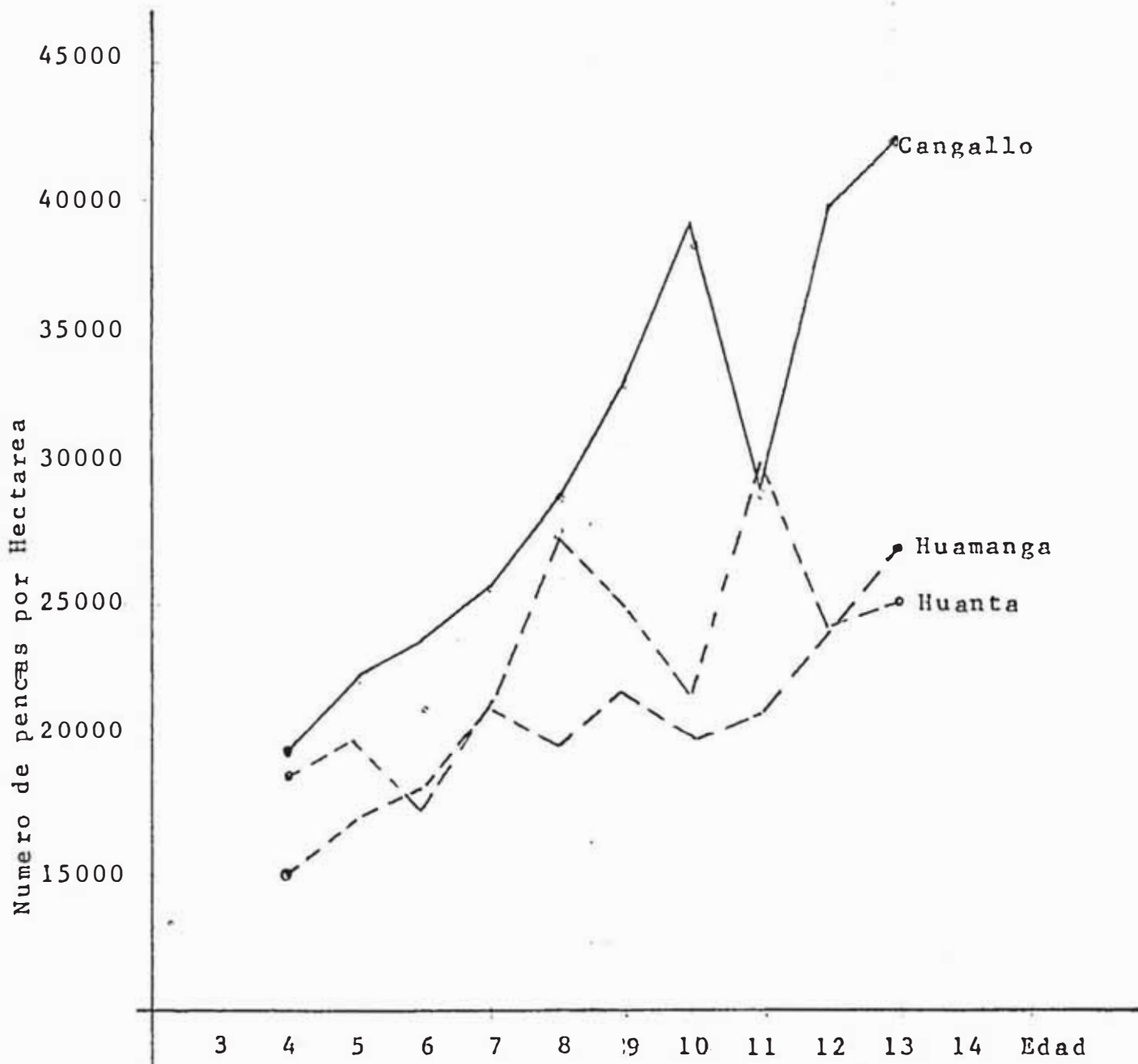


Fig. N° 16.-CURVAS DE EVALUACION DEL NUMERO PROMEDIO DE PENCAS POR HECTAREA Y POR EDAD EN LAS ZONAS DE HUAMANGA, HUANTA Y CANGALLO

desde Enero hasta Marzo y la cosecha "menor" de Agosto a Setiembre. Esta última para tunales con riego suplementario.

4.2.4.- Características agrícolas de la Tuna.

La tuna por su sistema radical, rusticidad, mínima exigencia de agua y adaptación a la Costa y sierra, puede utilizarse para los siguientes fines:

A. Conservación y formación de suelo: El rápido y amplio desarrollo de las raíces superficiales, resultantes de la necesidad de la planta por presentar una mayor superficie de absorción para el agua, hace que el sistema radical crezca formando una red o malla que no solo previene y controla la erosión sino que favorece la acumulación de suelo, alrededor de la planta. Esto tiene mayor importancia, cuando se trata de la defensa de los suelos agrícolas con pendientes pronunciadas que estén sometidas en determinadas estaciones del año y a la acción de lluvias torrenciales y vientos intensos. Así como de los suelos sometidos a los mismos -

fenómenos, que circundan caminos, obras de irrigación y ciudades.

La Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga ha establecido un tunal en la parte norte de la ciudad de Ayacucho para controlar la erosión, con éxitos resultados.

B. Aprovechamiento de zonas áridas y semiáridas del área andina. La rusticidad que le confiere sus raíces superficiales y profundas, unida a la capacidad del tallo para almacenar agua y sustancias nutritivas, hace que el cultivo de la tuna pueda extenderse a las tierras ociosas ubicadas entre los 2,000 y 2,800 m.s.n.m. Precisamente en aquellas zonas con bajos índices de precipitación y de capacidad de uso, que son por lo tanto inapropiadas en esas altitudes para otros cultivos. Según García (1867), pueden aprovecharse hasta 200,000 hectáreas actualmente improductivas en el país.

C. Utilización de recursos naturales en la Costa:

La adaptación de la tuna a la Costa, perm

te en las condiciones actuales, aprovechar suelos marginales y excedentes de agua en el verano (Enero a Marzo). En algunos valles de la Costa Central (Rimac y Lurín) y del Sur Chico (Chincha e Ica), se encuentran tunales que combinan ambos factores.

4.2.5.- Características pecuarias de la Tuna.

El vigor, la capacidad de brotamiento, el contenido nutritivo y la succulencia de los tallos hacen de la tuna un magnífico forraje para vacunos y caprinos. Por otra parte el contenido de aceite y ausencia de principios tóxicos en la semilla, permite incluirla en raciones de porcinos y aves de corral.

A. Tallos o "pencas": Las variedades sin espinas o inermes son utilizadas en la alimentación de vacunos y caprinos, en México, Argelia y Sur de la India. En el Perú, en los Departamentos de Ayacucho, Arequipa y Cajamarca los vacunos consumen las pencas durante el pastoreo. Lo más recomendable es suministrar los tallos picados. El ensillado de la tuna es nutritivo, sabroso y muy apetecible por los vacunos.

El rendimiento estimado en forraje de las variedades fruteras "blancas de Huerta" y "morada de huerta", oscila entre 50 y 60 Ton/ha. al sexto año de plantación y considerando unidamente pencas de 4 a 16 meses de edad.

Los rendimientos mencionados pueden incrementarse mucho más si se utiliza variedades netamente forrajeras y si se conducen adecuadamente.

B. La Semilla: Las raciones de cerdos con semillas molidas de tuna han dado buenos resultados como informan Villarreal (1959) y Lozano (1967). En el País no existen estudios al respecto, por cuanto no existe semilla disponible ya que el procesamiento industrial de la tuna está en estudios preliminares. Una práctica usual en Ayacucho y en otros lugares consiste en cortar la fruta madura previamente desespínada y suministrar a los cerdos, pavos y gallinas; siendo la variedad " amarilla de monte" la que es usada mayormente para este fin.

Cuando se alimentan cerdos con semillas - de tuna es aconsejable adicionar a la ra - ci - ón maíz por lo menos dos semanas antes - de beneficiarlos para que la grasa sea - mas consistente.

4.2.6.- Características Alimenticias de la Tuna.

El fruto se consume principalmente al estado natural como fruta fresca o de mesa. En el país en Ayacucho y otras zonas. La tuna - constituye la fruta favorita y el alimento - principal de la población rural.

4.3.- COMPOSICION DE LA MATERIA PRIMA

Aún en la actualidad no existe un criterio único en relación a la composición química básica de la penca de la tuna, que constituye nuestra materia prima. - Sin embargo, existen estudios particulares sobre - ella, entre los cuales se encuentran los realizados - por Hudson y Reed (1951), los de Brambilla (1956) y Van Wessem (1961), Mella Rojas (1958), Adicionalmente, el Doctor Baldomero Malpica, El Ingeniero Juan - Quispe y la Licenciada Otilia Acha, realizaron tan - bién análisis complementarios sobre la composición - de la penca de la tuna.

Hudson y Reed, estudiaron la composición de la penca, así como, los elementos nutritivos digeribles presentes en ella. En el Cuadro N° 4, se muestran los resultados de sus investigaciones.

Mella Rojas estudió la penca de la tuna, encontrando que la composición básica de ella comprende:

- polisacáridos.
- Proteínas.
- Pequeñas cantidades de alcohol y aldehidos.
- Algunos otros carbohidratos.

Así mismo, cuantitativamente determinó que contiene:

Aguá.....	60- 95	%
Azúcares.....	11.5	%
Proteínas.....	1.55	%
Pectinas.....	3.12	
Lípidos.....	0.26	

Brambilla y Van Wessem, determinaron que la consistencia gomosa de la penca de la tuna, se debe además de los polisacáridos a la presencia de triterpenos, poliglucósidos, arábanos y galactosa.

El Doctor Malpica y otros, realizaron investigaciones en cuanto a:

La Cáscara.- Realizando extracción por solventes (ter) con la cáscara, encontró una cierta

cantidad de líquidos, lo que concuerda -
con lo hallado por Mella Rojas.

La Pulpa.- El análisis de Resonancia magnética Nu-
clear (RMN) confirma que la mayor can-
tidad de peso de la penca se debe al agua.
gua.

Así mismo, presume de la existencia de
alcoholes alifáticos de masas molecula-
res altas.

CUADRO N°4 - COMPOSICION Y ELEMENTOS NUTRITIVOS DIGERIBLES -
DEL TALLO O "PENCAS" DE LA TUNA, HUDSON y REED.

DETERMINACIONES

<u>Composición Media</u>	<u>Porcentaje.</u>
Materia seca	16.6
Proteína	0.8
Fibra	2.3
Grasa	0.3
N-libre extracto	9.8
Cenizas.	3.4
 <u>Coefficiente de Digestibilidad</u>	
Proteína	50
Fibra	47
Grasa	68
N-libre extracto	81
Proteína digerible.	0.4
 <u>Total Elementos Digeribles.</u>	 9.0

5.- ESTUDIO DE MERCADO.

5.- ESTUDIO DE MERCADO.

5.1.- INTRODUCCION.

En la actualidad, el uso de polímeros como ayudantes a la coagulación y a la floculación está bastante extendido, es práctica corriente en muchas plantas de tratamiento de agua, esta se dá principalmente en los países industrializados.

En los Estados Unidos, la venta de polímeros orgánicos, en el año de 1970, fué de 20.45 millones de kilos; y se espera que para el año 1980 el volumen de venta triplique dicha cantidad, estando alrededor de los 60 millones de kilos, a pesar de que el precio de estos productos es mucho más alto que el de los coagulantes inorgánicos. (El precio de los polímeros naturales de los Estados Unidos oscila actualmente entre 0.5 y cinco dólares/ kilo. y, el de los sintéticos entre 2 - 20\$/Kg.)

Los polielectrolitos se usan principalmente en el tratamiento de aguas industriales y aguas residuales domésticas, pero se espera que en los próximos años su uso aumentará en el tratamiento de agua potable. En la Fig. N°17 se destaca la creciente importancia que están adquiriendo en los Estados Unidos los polí

meros orgánicos comparados con los coagulantes inorgánicos (Gross, 1974).

En América Latina, en cambio, el empleo tanto de polímeros sintéticos como de coagulantes inorgánicos, para el tratamiento de agua se encuentra restringido debido a varios factores, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- a.- El costo de los polímeros (polielectrolitos) industriales es muy elevado.
- b.- En muchos de estos países la producción de polímeros aplicables al tratamiento de agua es poca e inexistente y, en consecuencia, las empresas de servicio público que deciden emplearlos se ven forzados a depender de un producto importado, cuyo abastecimiento puede escasear en cualquier momento.
- c.- En otros lugares, es el nivel de desarrollo tecnológico el que no permite la rápida utilización de nuevos productos.

En la actualidad en el Perú, no se emplean polielectrolitos sintéticos para el tratamiento de aguas ya que hasta el momento esto no es posible

ni tecnológica ni económicamente debido a que la mayoría de ellos son importados y sus costos son muy altos, por un lado, y desde el punto de vista técnico las síntesis para la obtención de ellos son muy complejas para ser desarrolladas por la industria nacional. Además, el mercado que podría constituir el Perú y el Pacto Andino, no justificaría la instalación de plantas para la fabricación de dichos polielectrolitos.

Sin embargo, en el Perú está bastante difundido el uso de polielectrolitos sintéticos, especialmente del tipo de las poliacrilamidas, tanto para la industria minera, así como la de alcoholes y azúcares, llegando a importarse durante el año 1978 unos 445,000 Kilogramos de poliacrilamidas.

Nuestro TUNAFLOC es un producto sustitutorio de algunas de estas poliacrilamidas, desde el punto de vista técnico. En la actualidad económicamente, solo puede competir con las poliacrilamidas más caras (algunas variedades de Separan y Magnafloc); esto se debe a que hasta el momento no se ha instalado aún la planta piloto a consecuencia de lo cual no se han optimizado los parámetros económicos.

5.2.- DEFINICION DEL PRODUCTO.

El TUNAFLOC es un polímero natural (Polielectrolito). Es un material amorfo, que es soluble en agua e insoluble en alcohol, éter y otros solventes orgánicos.

5.2.1.- Características Generales del Producto Estandart (Sólido).

- Densidad.....0.8 \pm 0.1 gr/cc.
- Temperatura de Oscurecimiento.....130°C
- Porcentaje de humedad..7.5 %
- Temperatura de calcinación.....Mayor de 220°C.

Mostramos en la Figura N°18 el porcentaje de absorción de humedad en función del tiempo al ser expuesto al medio ambiente.

El Compuesto absorbe fácilmente la humedad del medio ambiente, estabilizándose después de 40 horas, tal como se observa en la figura N° 18; por consiguiente, el compuesto es de tendencia higroscópica debido a la presencia de grupos hidrófilos.

5.2.2.- Características Generales del Producto en Solución.

Se preparó una solución Estandar adicionando lentamente un gramo de producto sobre 100 ml de agua destilada, con agitación uniforme y constante:

Gravedad Específica.....1.15
Conductividad..... $0.7 \times 10^{-3} \Omega$
Conductividad del solvente.
(de referencia)..... $15 \times 10^{-6} \Omega$
pH..... 5.8 ± 0.1 .

Las soluciones del polielectrolito presentan un gran poder espesante; al aumentar la concentración de las soluciones, la viscosidad aumenta notablemente debido a la estructura molecular del polielectrolito.

Las soluciones del Tunafloc mantienen una viscosidad constante y máxima en el rango de pH de 5 a 8. Por debajo de un pH de 4.5 existe una hidrólisis del producto.

5.3.- PRODUCTOS SUSTITUTORIOS Y OTROS USOS DEL TUNAFLOC.-

Los productos sustitutorios a los cuales el Tunafloc

puede sustituir son polímeros sintéticos que incluyen a la mayoría de los polímeros de manufactura industrial que comúnmente se expenden en el comercio. Mucho de ellos se encuentran en forma de polvo seco, generalmente constituidos por poliacrilamida (no iónicos) o poliacrilamida hidrolizada (aniónicas). Los polímeros catiónicos son derivados de bases de amonio cuaternario o de imina de polietileno que generalmente se expenden en solución acuosa en concentración del 10 al 60%.

El Tunafloc podrá básicamente, reemplazar a los floculantes del tipo poliacrilamida, estén hidrolizados o no siempre que el medio no sea ni fuertemente ácido ni fuertemente básico. Partiendo de este hecho, y aún cuando no han sido investigados todos sus posibles usos, podemos suponer que su campo de acción será muy similar al de los polielectrolitos sintéticos antes mencionados.

Así a modo de ejemplo, podría el Tunafloc utilizarse en las siguientes industrias.

- Sulfato de Aluminio
- Antibióticos
- Cemento
- Cerámica
- Arcillas
- Lavado de Carbón.

- Aguas de enfriamiento.
- Tratamiento de efluentes
- Procesos electrolíticos
- Procesos de fermentación.
- Hidrometalurgia.
- Tratamiento de aguas industriales.
- Magnesio.
- Minería.
- Refinación de Petróleo.
- Acido Fosfórico.
- Industria Fotográfica.
- Manufactura de pigmentos.
- Tratamiento de agua potable.
- Pulpa y Papel.
- Purificación de azúcar. Etc.

Debido a que en el Perú el mayor consumo de estos polielectrolitos lo tiene la Industria Minera, mencionaremos las aplicaciones más importantes de ellos en dicha industria. El Tunafloc necesariamente deberá ser investigado para los usos que se mencionarán. Estos son:

- Clarificación de Aguas Subterráneas.- Cuando hay que eliminar grandes cantidades de agua de las minas subterráneas, se aconseja eliminar los sólidos antes - del bombeado ya que la presencia de pequeñas cantidades de éstos, puede ocasionar un desgaste considera-

ble en las bombas de gran elevación. El uso de Tuna flocc, produciría resultados satisfactorios para esto.

- Clarificación de Aguas Potables e Industriales para Plantas Mineras donde el agua subterránea procedente de Minas de cobre, plomo, zinc, pudiera ser el único suministro de agua para el concentrador, la planta de electricidad y la ciudad adyacente, y donde ésta agua suele ser muy dura.
- Recuperación de Aguas de Colas.- Estas aguas contienen gran cantidad de sólidos en suspensión, por lo que, la recuperación y recirculación de estas aguas aseguran a un mínimo las necesidades de agua nueva.
- En la desaguación de concentrados.
- En la regulación de la densidad y deslodamiento de las pulpas.
- En la clarificación de efluentes, dependiendo del pH de él.

A continuación se muestra una lista parcial de polímeros sintéticos usados en las diferentes industrias en el mundo.

5.4.- ANALISIS DE LA DEMANDA Y DE LA OFERTA.

Como se mencionó anteriormente, el Tunafloc reemplazaría a los floculantes hechos a base de la poliacri

CUADRO N° 5.- POLIELECTROLITOS USADOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA.

FABRICANTE	PRODUCTO
American Cyanamid Co., Berdan.	Magnafloc 521-C
	Magnafloc 570-C
	Magnafloc 571-C
	Magnafloc 573-C
	Magnafloc 575-C
	Magnafloc 577-C
	Magnafloc 579-C
	Magnafloc 581-C
	Magnafloc 845-A
	Magnafloc 846-A
	Magnafloc 847-A
	Magnafloc 850-A
	Magnafloc 971-N
	Magnafloc 972-N
Magnafloc 985-N	
Magnafloc 990-N	
Dow Chemical U.S.A.	Purifloc A-22
	Purifloc A-23
	Purifloc N-20
	Purifloc C-31
	Purifloc N-17
Separan	AP-30

CUADRO N° 5.- CONTINUACION

FABRICANTE	PRODUCTO
Dow Chemical U.S.A.	Separan AP-273 Premiun
	Separan NP-10
E.I. Dupont de Nemours and Co. Eastern Lab. - Gibbstown N.J.08027.	Carboxymetil Celulosa

lamida. En el Perú no se producen actualmente ninguno de estos polímeros, por lo que, con el objeto de realizar el análisis de la oferta y de la demanda tuvimos que recurrir al Arancel de Aduanas en donde se halló la Partida Arancelaria N° 39.02.08.00, correspondiente a los Derivados Poliacrílicos y Polimetacrílicos, los que involucran a la mayor parte de los polielectrolitos sintéticos, floculantes, que actualmente se importan.

En el Cuadro N° 6 se muestran las estadísticas de Importaciones de los productos arriba mencionados, desde el año 1973 a 1978. Hacemos notar que el año 1974, no se importaron dichos polielectrolitos, posiblemente, debido a la crisis del petróleo ocurrida el año anterior.

En el gráfico N° 1 se muestra la variación del Consumo de los mencionados floculantes por años. Se observa un continuo descenso en el consumo de dichos floculantes a partir del año 1975.

En el Cuadro N° 7, se muestra el porcentaje de participación de las principales compañías que importaron dichos polielectrolitos.

En el Cuadro N° 8, se muestran los precios promedios de los floculantes, en dólares FOB. Para el año -

1973, hemos supuesto un tipo de cambio de \$ 38.70 por dólar; así mismo, que el valor FOB es el 80% del valor CIF, en promedio. En el año 1979 se produjo un incremento fuerte en el precio de los derivados del petróleo, lo que trajo un alza en el precio de estos productos.

CUADRO N° 7A.

RELACION DE LAS PRINCIPALES COMPAÑIAS IMPORTADORAS DE POLIELEC
TROLITOS COMPRENDIDOS EN LA PARTIDA 39.02.08.00

<u>COMPAÑIA</u>	<u>% DE PARTICIPACION</u>	
SOCIEDAD PARAMONGA LTDA.....	25.93	8
PLASTICOS FORT S.A.....	14.80	8
CIA PERUANA TEXTIL EL HILADO S.A.....	10.87	8
INTERQUIMICA S.A.....	4.79	8
EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERU.....	2.96	8
ROHM & HASS PERU S.A.....	2.82	8
PATSA S.A.....	2.76	8
SHERWIN WILLIAMS PERUANA S.A.....	2.21	8
INTI PHARM S.A.....	2.13	8
AURORA FAB. PRDO QUIM.....	1.78	8
QUIMICA SUIZA S.A.....	1.22	8
MANUFACTURA ALGODONERA SANTA MARIA S.A.....	1.17	8
INDUSTRIAL BRAWMS.S.A.....	1.17	8
TEJEDURAS ZILTEX S.A.....	1.14	8
TUBOS VICTORIA S.A. TUVISA.....	1.01	8
UNIVERSAL TEXTIL S.A.....	0.77	8
FABRICA DE TEJIDOS SAN JACINTO S.A.....	0.70	8
LA PARCELA S.A.....	0.68	8
CIA INDUSTRIAL TEXTIL S.A.....	0.59	8
TECNOQUIMICA S.A.....	0.54	8

CUADRO N° 7-B-

PARTICIPACION POR SECTORES DURANTE EL AÑO 1978

SOCIEDAD PARAMONGA S.A..... (Papel, alcoholes, azúcares, etc.)	25.93	8
INDUSTRIA DE PLASTICOS.....	17.61	8
INDUSTRIA TEXTIL.....	16.14	8
INDUSTRIA QUIMICA (En general).....	9.89	8
REPRESENTANTES DE LOS PRODUCTOS DE ESTA PARTIDA ARANCELARIA.....	5.09	8
INDUSTRIA MINERA.....	4.93	8
LABORATORIOS EN GENERAL.....	3.22	8
INDUSTRIA DEL ALCOHOL Y DEL AZUCAR... (Sin incluir a la Soc. Paramonga S.A.)	1.44	8

CUADRO N° 8 - VALOR PROMEDIO DE LOS FLOCULANTES

AÑO	CANTIDAD KG.	VALOR FOB ₡	VALOR PROMED. ₡ /Kg.
1973	655,501	577,790	0.88
1975	1'377,560	1'461,968	1.06
1976	960,351	1'066,622	1.11
1977	689,473	851,328	1.23
1978	445,521	586,428	1.32

De acuerdo a conversaciones sostenidas con los señores de S.P.I.S.A., representantes de la "ALLIED COLLOIDS LIMITED", fabricantes de la línea MAGNAFLOC, y con los señores de la "DOW CHEMICAL DEL PERU", representantes de la línea SEPARAN X y PURIFLOC, obtuvimos el precio promedio de estos productos, el cual es de alrededor de 4 dólares por kilo (FOB), para pedidos por importación directa.

De las Industrias mencionadas en el Cuadro N°7-B, podemos ver que, nuestro mercado potencial estaría constituido por Sociedad Paramonga S.A.; la Industria Química en general, la Industria Minera, la Industria del Alcohol y del Azúcar, las que representan el 44.19% del consumo del año 1978 (aproximadamente 190,000 Kilos.)

6.- INGENIERIA DEL PROYECTO.

6.- INGENIERIA DEL PROYECTO.

6.1.- RESUMEN DE LOS ENSAYOS HECHOS EN EL LABORATORIO.

6.1.1.- Trabajos Previos.

Los primeros estudios realizados para investigar el comportamiento de la penca de la tuna- para la obtención de un polielectrolito que - sirviese como ayudante a la floculación fuen - ron realizados por el Dr. Kichmer del Centro- Panamericano de Ingeniería Sanitaria.

La investigación en el Laboratorio parte del método de extracción para obtener el llamado- TUNAFLOC A, desarrollado en el CEPIS, y es él que describimos a continuación:

- a.-) Se eliminaron las espinas y cáscaras de las pencas seleccionadas frotándolas con una esponja gruesa y pelándolas con un - cuchillo. Se picaron, luego en cubos de más o menos 1 cm. por lado.
- b.-) (Se secaron 2 Kg. de este material y se - pusieron a secar en la estufa a 40-45°C- de Temperatura durante 24 horas. El pe se redujo.
- c.-) Este residuo seco se molió y se cribó en malla # 20 para separar el material fi

broso. El polvo resultante se colocó en un extractor de Soxhlet, a fin de eliminar los compuestos solubles en alcohol - como la clorofila y otros colorantes. La extracción se efectuó hasta que el solvente no mostrara coloración al contacto con la mezcla. En el cartucho del Soxhlet quedó un material granular de partículas gruesas, del cual se separaron las partes fibrosas con un tamiz grueso, y luego se molió hasta obtener un polvo fino.

d.-) Con este polvo se preparó una solución de 2,5 % con agua destilada, luego de homogenizarla, se filtró a través de seda para retener las partículas gruesas. Para el uso de este producto en una planta de tratamiento de agua, posiblemente podría realizarse esta etapa de disolución, filtración y aplicación del polielectrolito directamente, y eliminando los pasos siguientes (e y f), que sirven para la refinación del producto.

e.-) A la solución filtrada se le agregó alcohol etílico hasta producir un precipitado blanco.

f.-) Se obtuvo así un residuo gomoso que fué secado en la estufa a 40°C durante 5 horas, para deshidratarlo, y obtener así un material amorfo. Al molerlo se obtuvo un polvo fino al que se le llamó TUNAFLOC A, que es soluble en agua e insoluble en alcohol, éter y otros solventes orgánicos.

La solución de 0.1% tiene un pH de 5.5 y es estable, pues no se ha descompuesto ni ha perdido sus propiedades floculantes después de un almacenamiento de 6 meses.

El rendimiento de Tunafloc fué de 1.825% de la tuna cruda, y de 15.2% de la tuna seca.

6.1.2.- Evaluación de los Trabajos previos.

Como se menciona el método de trabajo original fue el del Tunafloc A, en el cual se investigó que:

- a) Secado.
- b) Extracción de compuestos solubles en alcohol.

6.1.2.1.- Secado.

Fué realizado por los siguientes -

métodos:

- Secado al Sol
- Secado en estufa.

TABLA # 1

GRADO DE SECADO AL SOL

TIPO DE PENCA	PENCA BRUTA (gr.)	PENCA SECA		TIEMPO DE SECADO (HR.)
		PESO (qr.)	%	
c cáscara	2,414.8	214.4	8.8	50
Pelad.fino*	2,226	203.7	9.1	50
Peld.grueso **	1,184.5	132.1	11.1	50

* Eliminación de la cáscara solamente.

** La parte carnosa, la más blanca.

TABLA # 2

GRADO DE SECADO EN LA ESTUFA

TIPO DE PENCA	PENCA BRUTA (gr.)	PENCA SECA %		TIEMPO DE SECADO.	OBSERVAC.
		PESO (gr.)	%		
c/cáscara	2,533.4	236.0	9.3	90	por irrad. y 50°C
Pelad.fino	2,480.8	247.4	9.9	110	con corriente de aire 40°C.
Pelad.grueso	1,312.4	88.5	6.7	110	con corriente de aire 40 °C.

Control del Secado.

El objetivo es determinar el tiempo mínimo para la eliminación del mayor porcentaje de humedad. Este estudio se hizo tanto para el secado al sol como en estufa sin aire caliente (Ver gráfico # 2.).

Discusión.

- 1.- Los productos en este estado han sufrido oxidación, presentando una coloración que va desde el beige claro a un marrón oscuro. Esta coloración se acentúa más en las muestras con secado en estufa con corriente de aire, disminuyendo en el secado en la estufa sin corriente de aire, y luego en el secado al sol.
- 2.- En consecuencia, fué descartada la posibilidad de eliminar el agua por el método de secado en estufa con corriente de aire.

- 3.- Del Gráfico # 2, se observa que para las curvas de secado en estufa luego de 4 horas de estar sometida la muestra a una Temperatura de 40-50°C, estas pierden un promedio de 70 a 80% de humedad, y presentan un ligero cambio de coloración consecuencia de la oxidación.
- 4.- Del gráfico antes mencionado , en lo concerniente a las curvas de secado al sol, se observa que en 4 horas de exposición a él pierden de 30 a 35% de humedad.
- 5.- Por otro lado, se observó que las materias sólidas en la composición de la penca tratada para la deshidratación, está comprendida entre 8 y 11%. Dependiendo ésta de las características de la penca y de la naturaleza de su tratamiento (con cáscara, pelado fino, pelado grueso).

6.1.2.2.- Extracción de Compuestos Solubles
en Alcohol (SOXHLET).

Todas las muestras secas, previa-
mente molidas y tamizadas en ma-
lla 40. Los resultados son los -
que se muestran a continuación:

TABLA # 3

MUESTRAS SECADO AL SOL

TIPO DE P E N C A	PESO ANTES DE SOXHLET	PESO DESPUES DE SOXHLET	EXTRACTO %
c. cáscara	183.5	139.3	24.
Pelad. fino	158.6	115.2	27.3
Pelad. grueso	119.4	94.2	21.1

TABLA # 4.

MUESTRAS SECADO EN ESTUFA

TIPO DE P E N C A	PESO ANTES DE SOXHLET	PESO DESPUES DE SOXHLET	E X T R A C T O	
			PESO	%
c. cáscara	188.0	153.6	24.4	18.3
pelad.grueso	68.2	49.4	18.8	27.5
pelado fino.	187.0	137.0	50.0	26.7

Características del Producto después de la Extracción.

Una vez pasadas las muestras por el Soxhlet, fueron secadas en corriente de aire frío y luego a 40° C. Las muestras secas sufrieron una pre-molienda, siendo luego pasadas por malla 70. Las características de las muestras son:

COLOR: La coloración del producto es consecuencia de los métodos de secado, siendo difícil eliminar los contaminantes del producto (compuestos derivados de la oxidación).

OLOR: Es característico en cada producto y similar al de las hojas secas.

SOLUBILIDAD: El producto obtenido hasta este momento según el método del Tunafloc A, es parcialmente soluble en agua, quedando un alto porcentaje de sólidos en suspensión.

De otro lado, existe contaminación provocada por partículas coloidales que provienen de la oxidación del producto durante el secado.

En los residuos de las mallas 40 y 70 quedan porcentajes de floculante, Por consiguiente, es difícil de separar el floculante en un 100% de pureza mediante este método.

6.1.3.- Pruebas Diseñadas en el Laboratorio.

Los métodos diseñados se dividen en tres grupos:

- A- Extracción del mucílago por trituración - con previa adición de agua.
- B- Obtención del mucílago después de haberla- dejado macerar por un tiempo de 20 horas - con agua destilada, y/o con solución de carbonato de sodio, y con solución de áci- do clorhídrico diluído.
- C- Obtención del producto después de haber se- parado el mucílago por prensado sin adi- ción de agua.

A continuación describimos los procedimientos experimentales de las diferentes muestras tratadas.

- A-Extracción del Mucílago por trituración con - previa adición de agua.-

Muestra # 1.-

Eliminada la corteza, la penca es triturada - mediante una licuadora, y la masa es directamente sometida al Soxhlet, para eliminar los componentes solubles en alcohol.

Muestra # 2.-

La penca sin cascara, es licuada y se le adiciona agua destilada en la proporción de 5ml/gr. de penca, para facilitar la extracción - del producto. Los sub-productos son separados del sólido a través de un tamiz de malla 40. El producto es obtenido por precipitación en alcohol etílico y posterior secado en estufa.

Muestra # 3.-

La penca a procesar previamente descascarada, es cortada en trozos. dejada macerar durante 24 horas, siendo luego separado el mucílago ; el producto es precipitado en alcohol y secado en estufa.

Muestra # 4.-

Con el sólido residual de la muestra # 3, se

inicia este proceso. Dicho sólido es licuado para la extracción del producto, mediante un tamiz apropiado se separa la parte soluble en agua de la parte no soluble. El producto es recuperado por precipitación en alcohol etílico y secado en estufa.

Muestra # 5.-

La penca pelada y cortada en láminas delgadas se seca al sol durante horas, luego se extraen los componentes solubles en alcohol por medio del Soxhlet. El producto es luego secado, molido y finalmente tamizado.

B-Extracción después de Maceración.-

Muestra #

La penca es cortada en rebanadas y dejada macerar en una solución de carbonato de sodio, durante 20 horas. Este mucílago es separado y precipitado en alcohol y secado a 35°C.

Muestra # 7.-

La penca es cortada en trozos pequeños, luego macerada en solución de carbonato de sodio al 15%, durante 24 horas. El resto del proceso -

es similar a la muestra # 6.

Muestra # 8.-

La penca es cortada en trozos pequeños y puesta a macerar en agua destilada durante 24 horas. El mucílago es separado con un tamiz , precipitado en alcohol, y secado a 35°C.

Muestra # 9.-

Se usa solamente la pulpa de la penca. Esta se macera en una solución de HCl, 1 molar, durante 20 horas. Luego se separa el mucílago, se precipita en alcohol y se seca a 35°C.

Muestra # 10.-

La parte fibrosa de la penca (parte externa) es macerada durante 20 horas, con una solu - ción de ácido clorhídrico 0.1 molar; el mucí lago es luego separado, siendo purificado y secado a 35°C.

Muestra # 11.-

Se macera la parte fibrosa con una solución - 0.1 molar de ácido clorhídrico, manteniendo - el resto de condiciones similares a las de la muestra # 10.

C-Prensado del Mucílago sin adición de agua.-

Muestra # 12

La pulpa de la penca es licuada sin ninguna adición de agua, luego es separada la parte fibrosa mediante un tamiz malla 70 (para se parar los sólidos apreciables que se encuen tran en el mucílago), verificando que estos sean mínimos en el producto. El producto - es obtenido luego por precipitación en alco hol y posterior lavado con acetona. Final- mente, se le seca a 35°C.

Muestras # 13 y # 14.-

Los procedimientos son similares a los de la muestra # 12.

Muestra # 15.-

Procedimiento similar al de la muestra # 12 con la diferencia de que para la separación del mucílago se usó un tamíz malla 100. El producto es obtenido por precipitación y se cado a 35°C. Este producto es molido y pa sado por tamices de malla 50,70 y 100, para controlar el % de sólidos insolubles en ca da caso.

Muestra # 16.-

Procedimiento similar al del # 12, pero eliminando el lavado con acetona después de la precipitación y controlando el porcentaje - de sólidos mediante la separación del mucílagos de la mezcla.

Muestra # 17.-

Procedimiento similar al # 16 con la modificación de que en la separación del mucílagos se utilizó un tamíz de malla más fina. El producto obtenido es además, un excelente - espesante.

6.2.- SELECCION DE ALTERNATIVAS Y DEL METODO OPTIMO DEL LABORATORIO.

6.2.1.- Definición de Fracciones.

Fracción # 1:- Cáscara.- Comprende la parte de la epidermis, película - protectora y recubrimiento - de cera, así como la parte - de fibras, pigmentos y otros.

Fracción # 2:- Sólido de color blanco, es - un compuesto organometálico.

Fracción # 3:- Residuo sólido de color blanco con partes de él que son fibrosas. Está compuesto por fibras, proteínas, carbohidratos, en especial celulosa.

Fracciones # 4 y 5:- Solución alcohólica que contiene compuestos solubles en ella, como la clorofila, carótenos, terpenos, etc.

Fracción # 6:- Producto Principal Tunafloc (polielectrolito).

6.2.2.- Resultados Experimentales.

Tabla N°5 : Porcentaje neto de penca tratada para la obtención del floculante respecto al peso total.

Para el procedimiento se consideraron tres partes de la penca:

- Epidermis con recubrimiento de cera (cáscara).
- Parte fibrosa de composición variada.
- Parte carnosa con menos contenido de fibra (pulpa).

TABLA N° 5: PORCENTAJE NETO PENCA TRATADA PARA LA OBTENCION DEL FLOCULANTE RESPECTO AL PESO TOTAL.

SERIE	P E N C A			% DE PENCA PROCESADA.
	MUESTRA	PESO TOT.	PESO NET.	
A	# 1	407	250	61.4
	# 2	693	340	49.0
	# 3	835	543	65.0
	# 4	489	318	66.0
	# 5	1365	691	50.6
B	# 6	656	468	71.3
	# 7	1425	785	55.1
	# 8	1045	547	52.3
	# 9	900	846	71.7
	# 10	1031	800	77.6
C	# 12	970	607	62.6
	# 13	780	562	72.1
	# 14	600	400	66.7
	# 15	6200	4400	70.9
	# 16	7500	5685	75.8
	# 17	7923	6156	77.7

TABLA N° 6 - FRACCIONES DE LA PENCA, PREVIA SEPARACION DEL MUCILAGO MEDIANTE EL TAMIZ.

MUESTRA	PENCA (grs.)		FRACCIONES (grs.)						% SOBRE PESO TOT. PESO NET.	% SOBRE PESO NET.
	PESO TOT.	PESO NET.	1	2	3	6	% SOBRE PESO TOT.	% SOBRE PESO NET.		
# 1	407	200	207					17.1	4.20	8.6
# 2	693	340	353	no se observo				27.2	3.90	8.0
# 3	835	543	292	"				31.3	3.75	5.8
# 4	489	318	171	"				20.2	4.13	6.4
# 5	1365	691	674	"				49.1	3.60	7.1

TABLA N° 7 - FRACCIONES DE LA PENCA OBTENIDA CON EXTRACCION
DESPUES DE MACERACION.

MUESTRA	PENCAS (grs.)		FRACCIONES (grs.)		
	PESO TOT.	PESO NET.	1	2	3
# 6	656	468	188	no se observo	-
# 7	1425	785	640	"	-
# 8	1045	547	498	"	-
# 9	900	444	254	"	-
# 10	900	202	254	"	-
# 11	1031	377	231	"	-

TABLA N°8 - RELACION DE FRACCIONES DESPUES DE LA EXTRACCION DIRECTA

MUESTRA	PENCA (grs.)		FRACCIONES (grs.)						% SOBRE	% SOBRE
	PESO TOT.	PESO NET.	1	2	3	6	PESO TOT.	PESO NET.		
# 12	970	607	363	3.5	-	16.3	-	-	-	
# 13	780	562	218	-	-	-	-	-	-	
# 14	600	400	200	-	-	17	2.80	4.35	4.35	
# 15	6200	4400	1800	2.1	136.4	89.0	1.43	2.1	2.1	
# 16	7500	5685	1815	36.8	205	110	1.50	2.0	2.0	
# 17	1923	6156	1767	19.1	181.1	83.3	1.04	1.4	1.4	

Definimos además:

- Pelado Grueso: Cuando sólo queda la pulpa para procesar.
- Pelado Fino : Cuando solamente se elimina la cáscara, quedando el resto para procesar.

6.2.3.- Discusión de Resultados.

Dependiendo de la naturaleza de la planta y de la zona de procedencia de ella, consideramos que:

- 1.- El contenido de agua de la planta varía según las épocas de lluvia, así como del cuidado agronómico de ésta; por consiguiente, el peso y desarrollo de la planta es función del agua que almacena ésta en sus tejidos. Esto determina la fracción neta de la planta a procesar.
- 2.- El contenido fibroso de la penca varía según la edad de la planta, aumentando éste a medida que se incrementa en edad, y por consiguiente, hay disminución del producto (polielectrolito).
- 3.- Para el estudio respectivo se trabajó con plantas procedentes de:

a) La Universidad Nacional Agraria de la Molina.

b) Plantas Silvestres (Secano).

c) Plantas dedicadas al cultivo para la comercialización del fruto (Riego).

4.- La edad de las pencas procesadas varia -
ban entre 1 y 3 años.

5.- Por otro lado, dependiendo del tipo de pelado (sea pelado fino o pelado grueso) es decir, variando el espesor de la par
te descartable antes del proceso, como se mencionó anteriormente, cambia el porcentaje neto de la penca a procesar.

6.- De todas las experiencias realizadas, se observa que los resultados óptimos se al
canzan mediante un pelado fino, como se observa en la Tabla # 5, teniendo un pro
medio de 72% de penca neta procesada. Es
to se obtuvo considerando las seis últi-
mas experiencias que son las óptimas de todas las restantes y las más representa-
tivas desde el punto de vista del produc
to (polielectrolito).

7.- De la Tabla # 6, se observa que los ren-
dimientos en base a los pesos de la pen
ca tratados tienen un promedio de 3.9%

respecto a la penca neta procesada, este promedio se eleva al 7.1%. El error introducido en estos resultados se debe a que el producto final arrastra un alto porcentaje de materias insolubles en agua, elevando los rendimientos. Por lo tanto, estos métodos experimentales no son utilizables.

- 8.- Igualmente, en la Tabla # 7, se hizo un análisis de los productos de los que se deduce que no es satisfactorio usar este método a nivel de planta piloto, ya que se debe añadir una gran cantidad de agua para llevar a cabo la extracción, lo que implica la utilización de una gran cantidad de alcohol para la precipitación.
- 9.- De la Tabla # 8, se observa, que, según el grado de pureza del producto considerando los cuatro últimos experimentos y a medida que aumenta la pureza y disminuye el porcentaje de sólidos insolubles presentes en el polielectrolito, hay una disminución en el rendimiento del producto con respecto a la penca neta procesada de 1.5 a 1.04%; con respecto a la pen

ca fresca la disminución es del 2 al 1.4%.

Este método es considerado como el óptimo.

6.2.4.- Método Óptimo del Laboratorio.

Los procedimientos más representativos orientados hacia la optimización del método son - los que incluyen el prensado del mucílago - sin adición de agua, es decir, los pertenecientes al acápite C del punto 6.1.3.

Esto se explica por:

- a) Permite utilizar la mayor cantidad de penca durante el proceso sin contaminar el producto.
- b) Utiliza una cantidad mínima de agua destilada o desionizada durante el proceso.
- c) Se utiliza únicamente el agua que existe en la estructura de la planta.
- d) Se reduce el consumo de alcohol durante - el proceso, respecto a los otros métodos.
- e) Se optimiza la temperatura de secado del producto (40-55°C). A temperaturas mayores, el producto podría perder sus propiedades.

- Metodología del Proceso Optimo.

El método seguido para la obtención del polielectrolito es el que denominaremos " Método Directo", y consiste en los siguientes pasos:

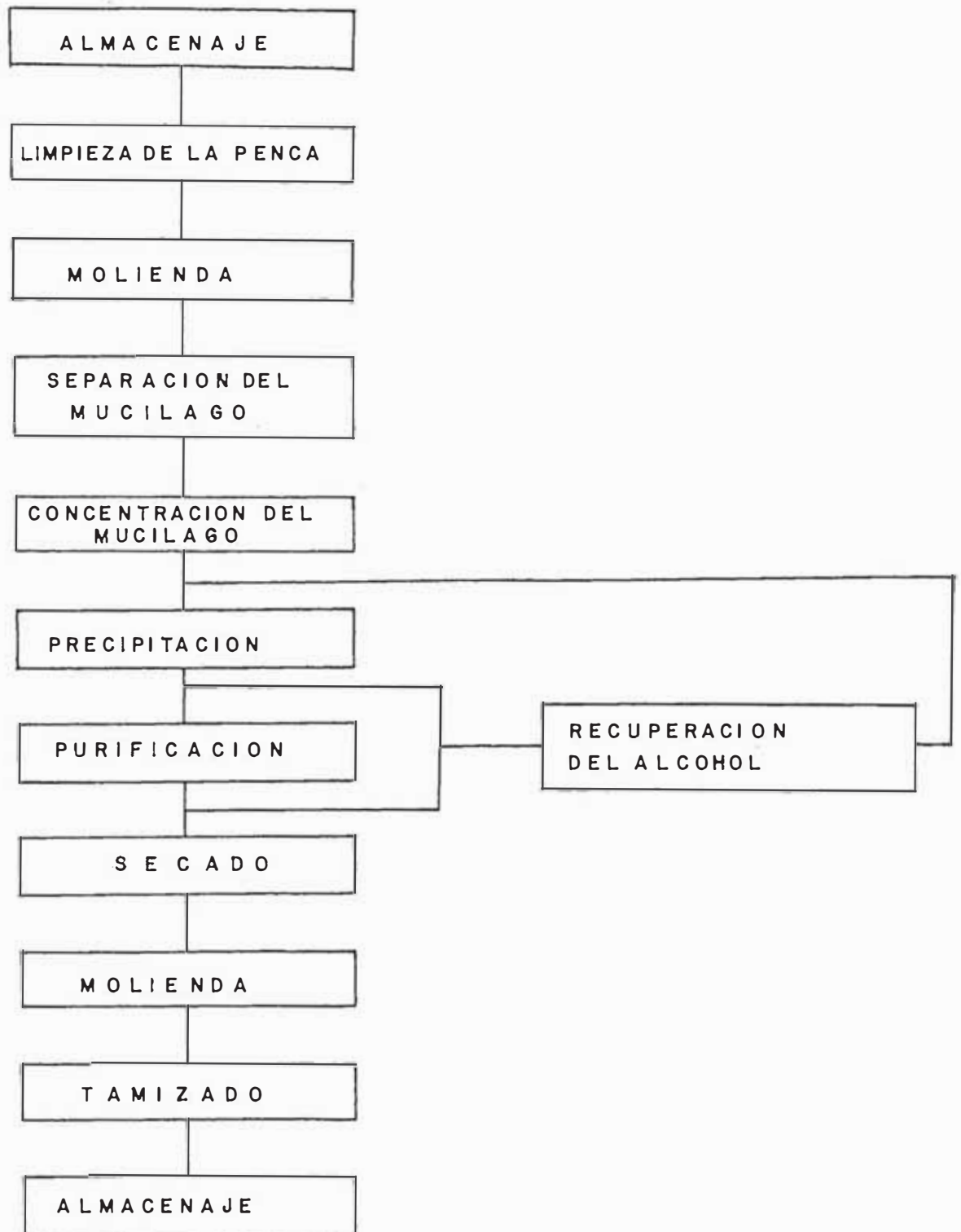
- 1.- Limpieza y pelado de la penca de la tuna.
- 2.- Trituración (licuado) de la pulpa de la penca.
- 3.- Separación del mucílago a partir de la mezcla triturada mediante una tela de malla 70, por extrusión.
- 4.- Precipitación del mucílago en alcohol y obtención del producto.
- 5.- Lavado y purificación del producto.
- 6.- Recuperación del polielectrolito del subproducto.
- 7.- Ensayos físicos y químicos para la determinación de las características del producto.

6.3.- DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO.

6.3.1.- Adaptación del método Optimo de la Planta Piloto.

El método Optimo de laboratorio no puede ser empleado directamente en la planta piloto debido a que muchas operaciones fueron hechas-

ESQUEMA DE ADAPTACION A LA PLANTA PILOTO



manualmente, por ejemplo, la del pelado que se hizo utilizando un cuchillo. Por lo que proponemos el siguiente esquema para la planta piloto, después de haber realizado pruebas preliminares a nivel de planta piloto.

En este diagrama propuesto se han hecho dos modificaciones al método de laboratorio. La primera consiste en eliminar el desespinado y pelado, sustituyéndolo por una molienda de la tuna con espinas, y la segunda consiste en hacer una concentración previa del mucílago, a fin de quitarle agua, y de esta manera reducir el consumo de alcohol parcialmente y disminuir el costo del tunafloc.

6.3.2.- Diagrama de flujo de la Planta Piloto.

Las operaciones a efectuarse son las siguientes:

- 1.- Almacenaje.- Se requiere almacenar penca de tuna antes de ser procesada.
- 2.- Limpieza.- Tiene por objeto separar la tierra y suciedades que trae la penca, y dejarla lista para que se inicie el proceso.

- 3.- Molienda.- Se hará en un molino de martillos. El objeto de esta operación es conseguir una pasta que nos permita una mejor precipitación.
- 4 - Separación del Mucílago.- Se hará en una prensa hidráulica, su función es - separar los sólidos del mucílago.
- 5.- Concentración.- Se hará en un equipo de evaporación al vacío, el objeto de ésta operación es la de eliminar parcialmente el agua contenida en el mucílago.
- 6.- Precipitación.- Tiene por objeto precipitar el polielectrolito mediante la dición de alcohol efélico.
- 7.- Purificación.- Mediante el añadido de - más alcohol se eliminan los productos - solubles en él, que contaminan el polielectrolito,
- 8.- Recuperación del alcohol.-Tiene por objeto recuperar el alcohol utilizado tanto en la precipitación como en la purificación.
- 9.- Secado.- Se elimina el alcohol remanente en el polielectrolito.
- 10.- Molienda.- Tiene por objeto preparar - el producto para su utilización posterior.

- 11.- Tamizado.- Separa al tunafloc en varias fracciones de acuerdo al tamaño de partícula, según el uso que se le vaya a dar.
- 12.- Almacenaje.- Antes de su distribución al consumidor.

6.3.3.- Balance de Materia.

Debido a la adaptación que tuvimos que hacer del Método Óptimo de laboratorio a la Planta Piloto, realizamos una corrida de 50 kilos de penca bruta a fin de poder obtener los nuevos parámetros necesarios para el diseño de dicha planta. En la medida de lo posible se usaron equipos similares a los que se describirán en el acápite siguiente, a fin de obtener la mayor confiabilidad en los resultados. Los trabajos se hicieron tanto en el Instituto de Investigaciones Agroindustriales como en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la U.N.I.

El balance de materia está referido a una base de 1,000 kilos de penca bruta, y los resultados que se muestran proviénen de la marcha de 50 kilos mencionada anteriormente.

En la Tabla # 9 se muestra el Balance de Materia global para el Diagrama de Flujo.

El rendimiento del Tunafloc respecto a la pen
ca bruta fué del 1.1.%

El consumo de alcohol para la cantidad del pro
ducto obtenido es de 71.6 litros de alcohol de
95.º

La relación de litros de alcohol gastados por
kilogramo de Tunafloc es de 6.51.

TABLA # 9

BASE : 1000 Kilogramos de penca bruta/hora.

Entran: (Kg.)	Salen: (Kg.)
- Penca bruta..... 1,000.0	- Pérdidas en la molienda.. 20.0
- Alcohol..... 312.39	- Pérdidas en el prensado.. 9.8
	- Residuos sólidos en el - prensado..... 382.2
	- Pérdidas en el equipo de concentración..... 5.9
	- Agua evaporada..... 323.4
	- Alcohol recuperado..... 282.58
	- Residuos de la destila - ción del alcohol..... 266.56
	- Pérdidas en el secado, mo lido y tamizado del.
	Producto..... 11.0
	Tunafloc..... 11.0
TOTAL	TOTAL:
1,312.39	1,312.4
=====	=====

NOTA.- Las pérdidas mostradas en esta tabla se refieren a las obtenidas en los equipos utilizados en las pruebas preliminares a la planta piloto, entendiéndose que pueden ser minimizadas al usar los equipos reales.

6.3.4. Diseño de los Equipos.

MOLINO DE MARTILLOS.-

Se escogió este equipo para la operación de Molienda debido a que un equipo similar fué ensayado en el Instituto de Investigación Agroindustriales, obteniéndose buenos resultados. Este equipo servirá tanto para la molienda de la penca bruta como para la del producto, variándose únicamente el tamaño de la malla que lleva este equipo.

Este molino de martillos es fabricado por "LA CASA DEL SILENCIADOR".

El equipo posee una tolva de alimentación adaptada al tamaño máximo de las pencas que se van a trabajar (hasta 5 cm. de grosor).

Tiene una capacidad de hasta 600 kilogramos de material a moler por hora.

Posee un motor trifásico de 4.8 H.P., marca DEL CROSA.

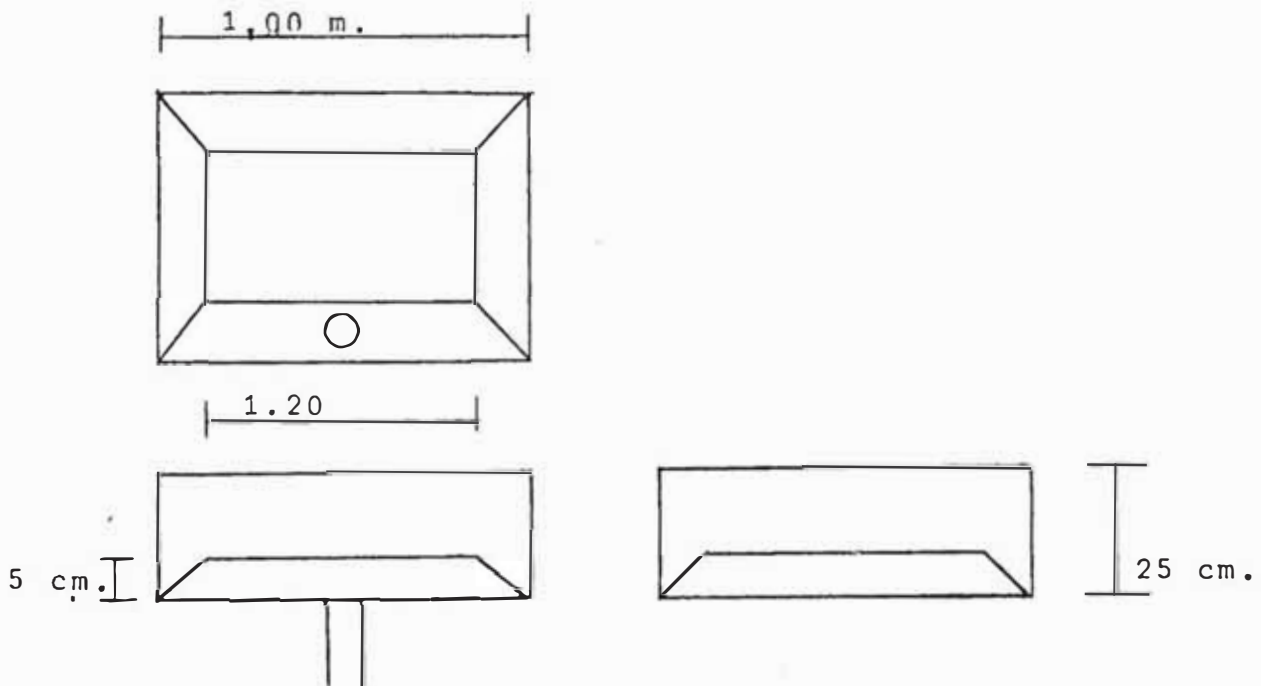
Usaremos en la Planta Piloto propuesta 2 molinos de este tipo.

PRENSA HIDRAULICA.-

Para diseñar esta prensa utilizaremos un pistón hidráulico de 25 Tn. de presión, Marca ENERPAC, al cual le adaptaremos una estructura metálica tal como se muestra en la figura N°

Esta presión será aplicada sobre una cubeta cuya área efectiva será de 1 m^2 ., según croquis adjunto.

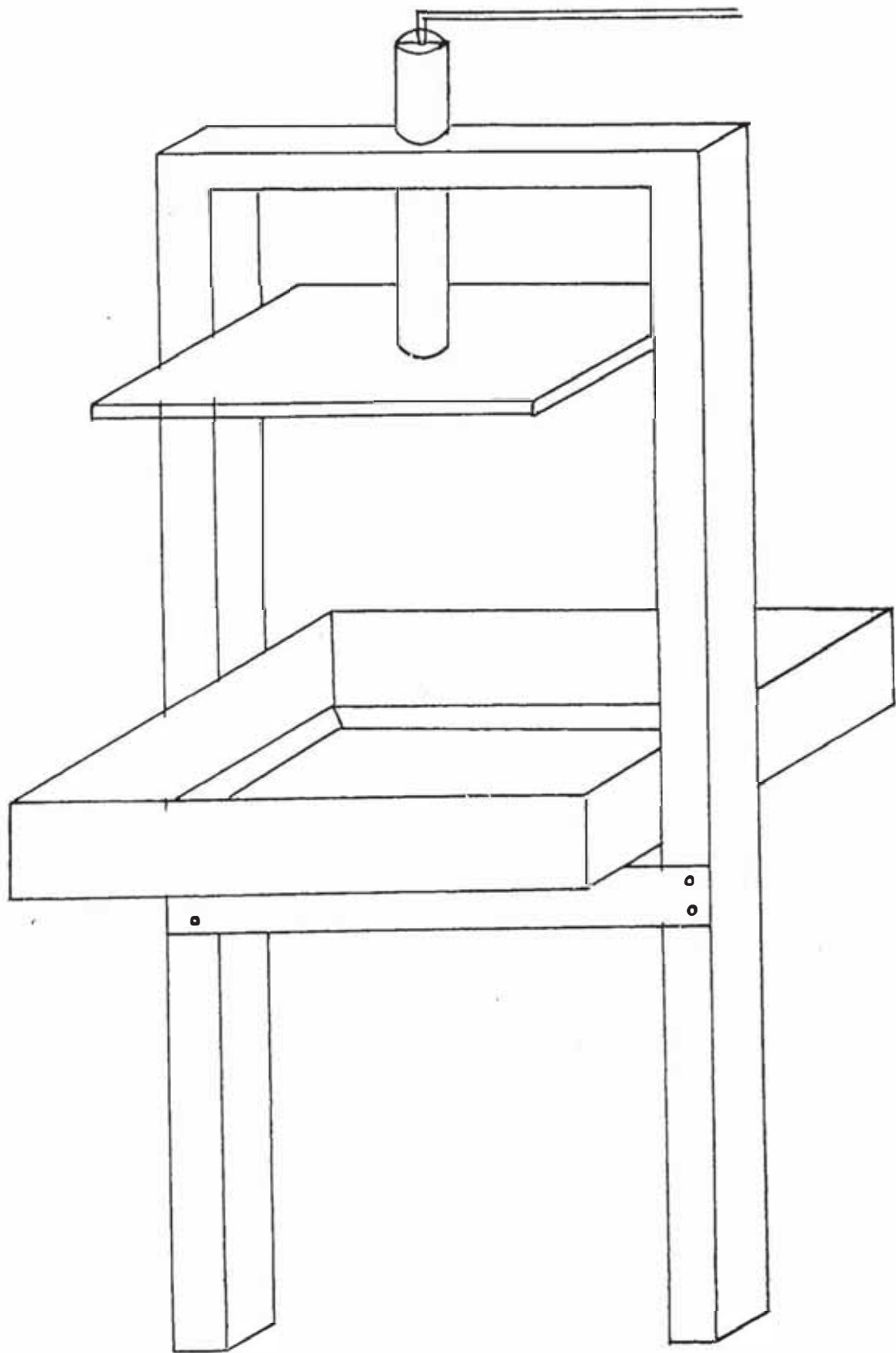
VISTA DE LA CUBETA.



La altura de las paredes de la cubeta será de 25 cm., lo que nos garantiza tener lotes de 100 Kg. de penca molida.

El material de la cubeta será de acero inoxidable, y el soporte de la prensa será de fierro fundido.

Se usaran 2 de estas prensas a fin de poder prensar 1000Kg/hr.



VISTA DEL EQUIPO

EQUIPO DE CONCENTRACION.

Para concentrar el mucílago utilizaremos un evaporador convencional que trabaje en vacío y no evaporadores de equipo "antriterm" de ALFA-LAVAL que es un evaporador de tiempo de residencia muy corto y especial para líquidos sensibles al calor o del tipo concentrador rotatorio de película delgada (ROTARY THIN FILM CONCENTRATOR) cuyos catálogos se muestra en el anexo correspondiente - ya que por un lado son muy costosos más de \$ 30,000 dólares por unidades de planta piloto y por otro lado los Srs. de NIRO-ATOMIZER nos indican que no se consigue aumentar sensiblemente la eficiencia de la evaporación con este tipo de equipos.

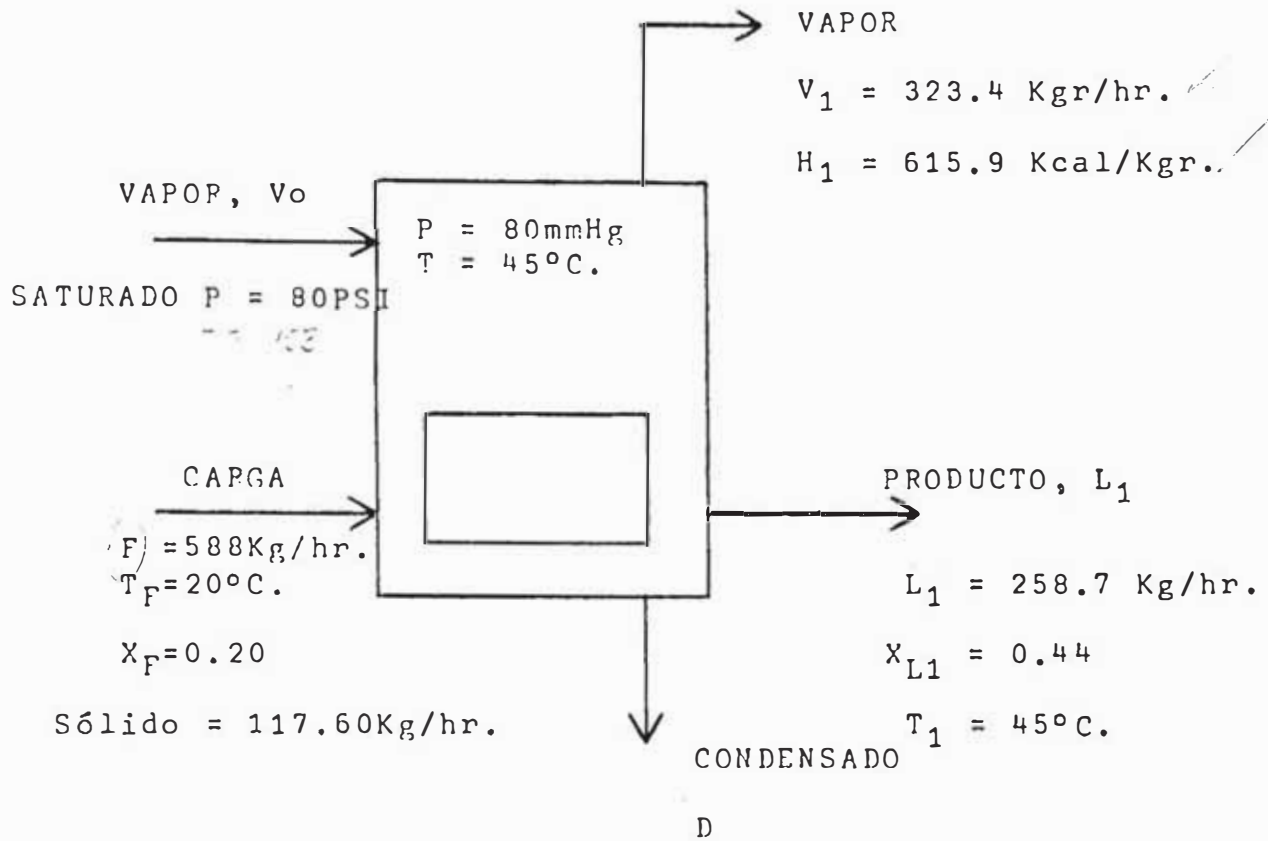
Por lo tanto, diseñaremos un evaporador de tubos verticales comunes.

Este tipo de evaporadores es apto para trabajar elementos sensibles al calor, se ha encontrado según FOUST ~~que~~ los coeficientes globales de transferencia van de 200 a 500 BTU/hr x pie² x °F.

La composición de los sólidos varía de acuerdo a la materia prima utilizada, nosotros no hemos encontrado en pencas oriundas del Perú composición de sólidos mayor del 20% en peso.

DISEÑO

Como hemos encontrado que la composición del agua en la penca nunca es menor del 80% (tomaremos $X_F = 0.20$) y a la salida queremos eliminar 323.4 Kg. de agua por lo que $X = 0.44$



Balance Global

$$F + V_o = V_1 + L_1 + D$$

Balance de Sólidos:

$$F X_F = L_1 x_1$$

Balance Global de calor:

$$V_o \lambda_v + F h_F = V_1 H_1 + L_1 h_1$$

$$\lambda_v = 501.82 \text{ Kcal/Kgr.}$$

$$H = (\text{de la tabla de vapor}) = 615.9 \text{ Kcal/Kgr.}$$

$$q_j = AU (AT)$$

$$AT = (T \text{ vapor a la entrada} - T \text{ de ebullición de la solución})$$

$$AT = (153 - 45)$$

Suponemos que la solución no aumenta su punto de ebullición.

$$V_o = \frac{323.4 \times 615.9 + 258 \times (31.5)}{501.82} = 588(14) = 396.71 \text{ Kgr/hr.}$$

$$\text{y luego } A = 2.38 \times 10^{-3} (396.71) \text{ m}^2 = 0.94 \text{ m}^2$$

Nuestra área de transferencia será de 0.94 m^2

$$\text{En } \text{ft}^2; A = 10.12 \text{ ft}^2$$

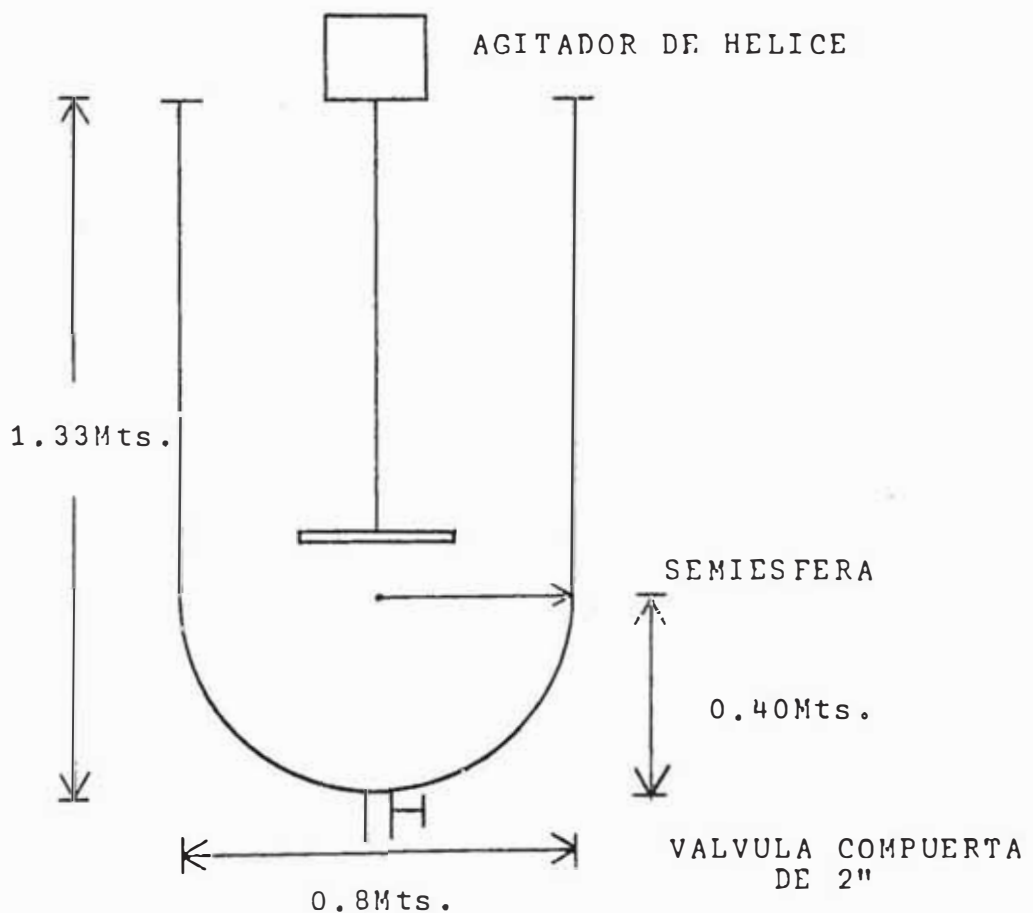
TANQUE DE PRECIPITACION.-

Del balance de materia, a la precipitación entran:

- 223 Kg. de alcohol que ocupan 272 lt.
- 258.7 Kg. de mucílago que ocupan aproximadamente 181 lt.

El total del líquido será aproximadamente de 455 litros; por lo que usaremos un tanque con una capacidad de 600 litros.

A continuación se muestra el esquema que tendrá el tanque -
(con fondo semiesférico.)



El material del tanque será fierro al carbono. El tanque incluye un agitador de hélice de 1700 rpm con un motor de 2 H.P.

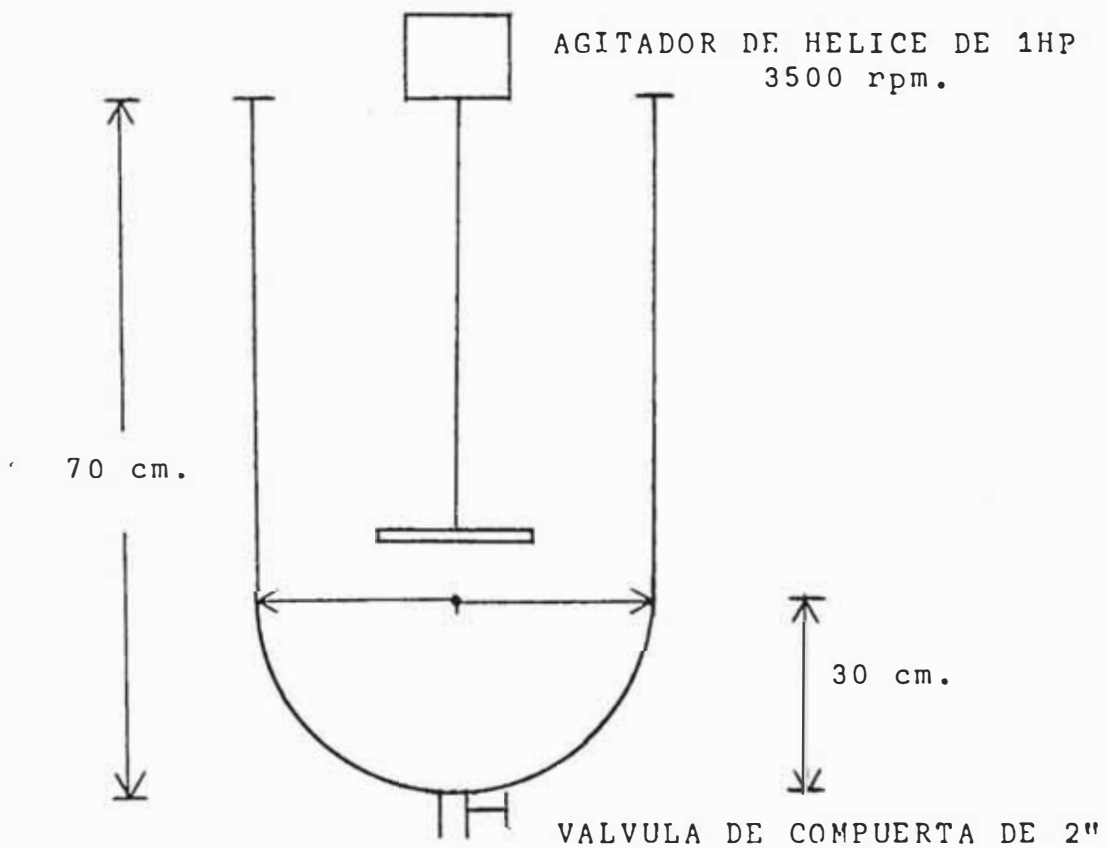
TANQUE DE PURIFICACION O LAVADO.

Del balance de materia, a la re-precipitación entran:

- 82.8 Kg. de alcohol, que ocupan 109.2 lt.
- Aproximadamente 93.0 lt. de tunafloc con alcohol.

El total del líquido será aproximadamente 202.2 lt.

Por lo que usaremos un tanque con una capacidad de 250 lt. A continuación mostramos el esquema que tendrá el tanque:



El material del tanque será fierro al carbono. El tanque incluye un agitador de hélice de 3500 r.p.m. con un motor de 1 H.P.

DISEÑO DEL RECUPERADOR DE ALCOHOL

Después de la extracción el alcohol impuro tiene una densidad $e =$

- % peso alcohol 49.11% (Handbook Perry).

- Tenemos 549.56 Kg/hr. de alcohol a destilar.

A nuestra columna entran.

$$\frac{(549.56 \times 0.4911)}{46} + \frac{549.56 \times 0.5089}{18} \times 2.2 = 47.09 \text{ lbmol de alcohol.}$$

Del gráfico N° 3 - $R_m = 0.667$

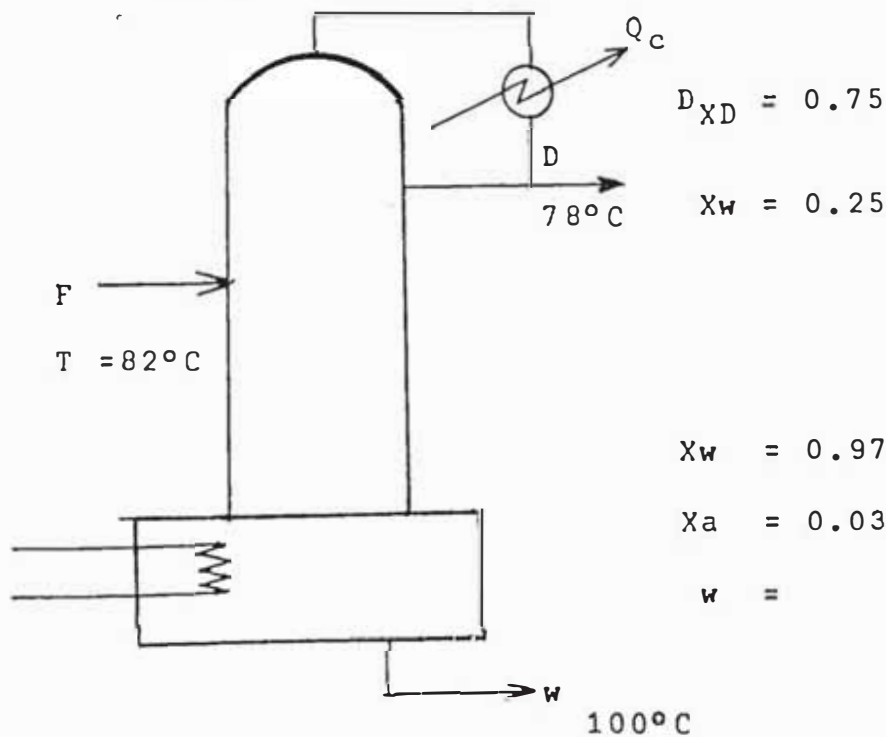
$$R = 1.5 R_m = 1.0$$

$$\% \text{ molar de alcohol al ingreso} = 2.2 \times \frac{549.56 \times 0.4911}{46} = 47.09$$

$$= 27.41\%$$

Número de platos teóricos = 9.2

Balance de Materia



$$F = D + w$$

$$47.09 = D + w \dots \dots (1) \quad F \cdot X_F = D \cdot X_A + w \cdot X_A$$

$$(0.2741) (47.09) = D (0.75) + w (0.03) \dots (2)$$

(1) en (2).

$$47.09 (0.2741) = D (0.75) + (47.09 - D) 0.03$$

$$47.09 \frac{(0.2741 - 0.03)}{(0.75 - 0.03)} = D$$

$$D = \frac{47.09 (0.2441)}{0.72} = 15.96 \frac{\text{mol lb}}{\text{hr}} = 317.11 \text{ Kg/hr.}$$

De (1) $w = 31.13 \text{ moles/hr.} = 266.56 \text{ Kg/hr.}$

De la relación de reflujo $R = \frac{L}{D}$

$$L = 1 \times 17.91 = 17.91 \text{ lbmol/hr.}$$

$$V = L + D = 35.82 \text{ lbmol/hr.}$$

Cálculo del Número de Platos reales.

La temperatura promedio de la columna es de 86.2°C, consi
derando el fondo y el tope.

La viscosidad de la mezcla de líquidos los calculamos se
gún.

$$U^{1/3} = X_1 U_1^{1/3} + X_2 U_2^{1/3} \quad \text{a } 86.2^\circ\text{C (Del Handbook de Perry).}$$

$$U \text{ del alcohol} = 0.38 \quad X_F = 0.2741$$

$$U \text{ del Agua} = 0.33 \quad X_w = 0.7259$$

Se calcula a las composiciones de la entrada:

$$U^{1/3} = 0.2741 (0.38)^{1/3} + 0.7259 (0.33)^{1/3}$$

$$U = 0.343 \text{ cp.}$$

Ahora debemos hallar la volatilidad relativa del componen
te clave.

$$Law = \frac{P_v \text{ alcohol}}{P_v \text{ agua.}}$$

A 86.2°C según el Handbook de Perry.

$$P_v \text{ alcohol} = 1070.4 \text{ mmKg.}$$

$$P_v \text{ agua} = 454.5 \text{ mm Kg.}$$

$$d_{aw} = \frac{1070.4}{454.4} = 2.36$$

El gráfico N° 4 - nos presenta la eficiencia en % versus -
(d_{aw})(viscosidad) de la alimentación.

$$(d_{aw} \times U_a) = 2.36 \times 0.343 = 0.81$$

Del gráfico obtenemos.

$$\text{Eficiencia} = 53\%$$

$$0.53 = \frac{\text{platos ideales}}{\text{platos reales.}}$$

$$\text{Número de Platos reales} = \frac{9.2}{0.53} = 18 \text{ platos}$$

Cálculo del Diámetro de la Columna

$$\text{Número de platos teóricos} = 8.4$$

$$\text{Número de platos reales} = 18$$

En el Treybal encontramos la siguiente Tabla.

Presión	Sello (pulg).
Vacio	0.5 - 15
Atm	1 - 2
50-100	1.5 - 3
200-500	2 - 4

Según las recomendaciones del Treybal escogemos.

Sello líquido 1" con un espaciamento entre platos de 18"

Velocidad superficial del tope de la Columna.

$$U_F = C_F \cdot \left(\frac{P_L - P_V}{P_V} \right)^{1/2}$$

Del Grafico N°

$$C_F = 0.164$$

$$T = 78.3 = 632^\circ R$$

$$\bar{M} = 0.75 \times 46 + 0.25 \times 18 = 39$$

$$R = 10.73 \frac{\text{psig} \times \text{ft}^3}{\text{lbmol}^\circ R}$$

$$l_V = \frac{PM}{RT} = 0.085 \text{ lb/ft}^3$$

Del Handbook de Perry.

$$P_L = 49.84 \frac{\text{lbs}}{\text{ft}^3}$$

$$\text{Luego } V_F = 0.164 \frac{(49.84 - 0.085)^{1/2}}{0.085} = 3.968 \text{ pie}^2/\text{sec.}$$

Flujo del Vapor.

$$Q = 35.82 \times \frac{10.73}{14.7} \times \frac{1}{3600} \times 632$$

$$Q = 4.59 \text{ ft}^3/\text{sec.}$$

$$\text{Area Total} = \frac{4.59 \text{ ft}^3/\text{Sec.}}{3.968 \text{ ft}^2/\text{sec.}} = 1,156 \text{ ft}^2$$

$$\text{Diámetro Columna} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 1.21 \text{ ft}$$

Cálculo del Diámetro en el Fondo de la columna

Se considera agua pura.

$$P_V = \frac{14.7 \times 18}{10.73 \times 657} = 0.038 \frac{\text{Lb}}{\text{ft}^3}$$

$$P_L = 0.963 \times 62.4 = 60.09 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

De donde.

$$C_F = 0.164$$

$$V_F = 0.164 \frac{(60.09 - 0.038)^{1/2}}{0.038} = 6.52 \text{ ft/sec}$$

Flujo Vapor.

$$Q = \frac{35.82}{14.7} \times \frac{10.73}{3600} \times 657 = 4.77 \text{ ft}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Area Total.} = \frac{4.77}{6.52} = 0.73$$

$$\text{Diámetro} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.73}{\pi}} = 0.96 \text{ ft.}$$

Nos quedamos con el diámetro del tope que es mayor.

Características de la Columna.

Diámetro = 1.21 pies.

Altura = 27 pies.

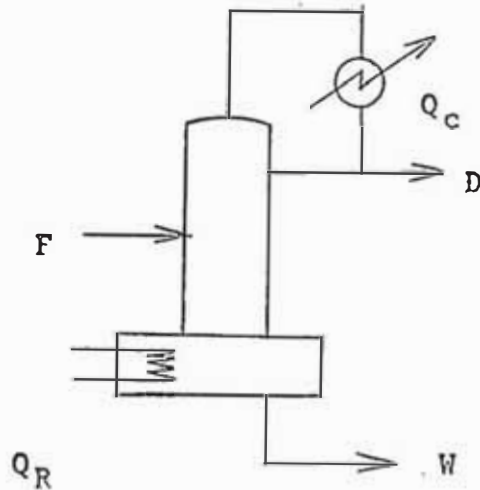
Presión diseño 1 atm.

Material casco = acero al carbono.

DISEÑO DEL HERVIDOR.

Balance de Calor Total.

$$Q_R + F h_F = Q_c + W h_w + D h_A$$



Temperatura base = 78°C.

$$F = 47.09$$

$$C_p, 82^\circ\text{C} = 22.57 \frac{\text{BTU}}{\text{mollb} \times ^\circ\text{F}}$$

$$h_F = 22.57 (179.6 - 172.4) = 162.50 \frac{\text{BTU}}{\text{mollb.}}$$

$$F h_F = 7,652.31 \frac{\text{BTU}}{\text{hr.}}$$

Cálculo de Q_c .

Q_c = Calor cedido por el condensador.

λ_v = Calor latente a la temperatura de 78°C, que corresponde a 75% de alcohol.

Tenemos:

	T °C	BTU/lb	PM	CALOR LATENTE BTU/LBMOL	% MOL.	CALOR LATENTE MOL PARC
Etanol	78.0	368	46	16,928	0.75	12,696
Agua	78.0	975	18	17,550	0.25	4,387
Calor Latente Tope.						17,083

$$Q_c = 35.82 \frac{\text{lbmol}}{\text{hr.}} \times 17,083 \frac{\text{BTU}}{\text{lbmol}} = 611,913 \frac{\text{BTU}}{\text{hr.}}$$

$$w = 31.13 \frac{\text{mol-lb}}{\text{hr.}}$$

$$h_w = 18(212 - 172.4) = 712.8 \frac{\text{BTU}}{\text{mol lb.}}$$

En la ecuación del calor.

$$Q_R = Q_c + Wh_w + Dh_D = Fh_F$$

$$Q_R = 611,913 + 31.13 (712.8) = 7652.$$

$$Q_R = 626,450.5 \frac{\text{BTU}}{\text{hr.}}$$

Usaremos vapor a 80 PSIA de trabajo.

A 80 PSIA le corresponde una entalpía de vapor = $\frac{901 \text{ BTU}}{\text{lb.}}$

Luego, las libras de vapor necesarias serán:

$$\text{lbs vapor} = \frac{626,450.5}{901} = 695.3 \frac{\text{lb vapor}}{\text{hr.}}$$

Secado y Tamizado.

Para el secado se utilizará un secador con corriente de aire de temperatura variable con capacidad de 22 kg. de tunafloc húmedo.

Para el tamizado utilizaremos la zaranda existente en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la U.N.I.

7.- ANALISIS DE COSTOS

7.- ANALISIS DE COSTOS.

7.1. ESTIMACION DEL COSTO DE PRODUCCION.

Producto : Tunafloc.

Capacidad de la Planta: 11 Kg/hora.

El costo está referido a 1.kg. de producto.

a) MATERIA PRIMA	\$ 817.70
b) MANO DE OBRA	147.70
c) DEPRECIACION	53.00
d) SERVICIOS	241.40
e) MANTENIMIENTO.....	26.50
f) SEGURO DE IMPUESTOS.....	10.60

COSTO POR KILOGRAMO DE \$1,296.90
TUNAFLOC.

7.2. COSTOS DE PRODUCCION.

Nos referiremos a 1 Kg. de producto.

a) MATERIA PRIMA

Nuestras materias primas son la penca bruta y el alcohol etílico.

- Consumo de la penca bruta = $\frac{1,000}{11}$ -

= 90.9 $\frac{\text{Kg. penca bruta}}{\text{Kg. de Tunafloc.}}$

Actualmente esta penca es desechada y no tiene -
ningún valor. Nosotros la compraremos a 3 soles
por kilogramo.

* Costo de la penca bruta - \$ 3 x 90.9 - \$272.70

- Consumo de Alcohol - 24 lt. = 2.18 lts.de alco
11 Kg. hol
Kg. de tuna
floc.

* Costo del alcohol = \$(250 x 2.18) = \$ 545.00

* Costo de la Materia Prima - \$ 817.70

b) MANO DE OBRA Y SUPERVISION

Para operar la planta piloto se requerira de Un
ingeniero y cuatro ayudantes hasta que la planta
este optimizada, ya que el diseño de esta planta
piloto no incluye la automatización de la misma.

- Sueldo del Ingeniero..... \$ 80,000.00

- Sueldo de los ayudantes

6 x 20,000.00 --120,000.00--

- Beneficios Sociales y otros.

(0.30)(200,000.00) 60,000.00

COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA. \$ 260,000.00

POR MES.

* Costo Total de la Mano de Obra por Kg. de la -
obra y supervisión.

260,000.00 (soles) x (1mes) (1dia) - \$ 147.70
mes 20 días 88Kg.

c) DEPRECIACION

INVERSION EN EQUIPOS.

- Molino de Martillos \$ 450,000.00
- Prensa hidráulica (2 prensas) \$ 700,000.00
- Costo del Evaporador (De acuerdo a lo conversado con los Srs. de ALFA-LAVAL, estos nos dijeron que el costo aproximado de un equipo como el que necesitamos costaría alrededor de 20,000 (FOB). 5'000,000.00

- Costo de la Torre de Destilación: D - 1.27 ft.
H = 27 ft.
platos = 18.

De acuerdo a gráficos de costos referido a 1976 que aparecen en "Chemical Engineering" de Octubre de 1977, el costo de:

a- Platos - \$ 400 costo casco
400 x 18 7,200.00

Para esto usaremos el gráfico -
5.

De donde el costo casco \$ 2,000 basados en 1968.

Presión diseño $F_p = 1$

Material casco acero al carbono;

$F_m = 1$

Fabricación vertical.

Costo base 1968 = \$ 2,000

Costo Base 1977 = $2000 \times \frac{510}{273} - 3737$

Costo Columnas al 3er. (FOB) \$11,000

Trimestre 1977.

- El costo del hervidor y el condensador son aproximadamente \$ 650.

Costo FOB Soles aproximado = \$ 3'000,000.00

- Tanques Precipitación.

Según cotización de MEFISA constructores de equipos para la industria química los 2 tanques con accesos

ríos nos costarán 300,000.00

- Secador.

Igualmente nos han proformado un secador

150,000.00

- Tanque alcohol (2)

200,000.00

Costo de la Planta Piloto.

Sin considerar accesorios tales como bombas, medidores de flujo etc. los que se diseñarán una vez optimizado el proceso en la planta piloto.

- Molino.	\$	450,000.00
- Prensa		700,000.00
- Tanques.		300,000.00
- Secador		150,000.00
- Tanques Alcohol.		200,000.00
		1'600,000.00

Para los equipos importados

(incluyendo accesorios)

- Evaporador =	¢	5'000,000
- Torres de destilación -	¢	<u>3'000,000</u>
		8'000,000

Costo aproximado puesto en Lima=\$12'400,000.00

COSTO TOTAL APROXIMADO DE LA

PLANTA PILOTO:

- Equipos Nacionales.	\$	1'600,000.00
- Equipos Importados.		12'400,000.00
COSTO TOTAL	\$	14'000,000.00

Lo depreciaremos a 10 años (10% anual)

Trabajamos un turno por día, lo que nos producirá 88 Kg. de Tunafloc por día.

Depreciación por Kg. de Tunafloc = \$ 53.00

d) SERVICIOS

Los costos de electricidad y agua están incluidos dentro del alquiler de las instalaciones.

* Costo de los Servicios.

$$(100,000) \frac{(\text{Soles})}{\text{mes}} \times \frac{(1 \text{ mes})}{20 \text{ días}} \frac{(1 \text{ día})}{88 \text{ kg.}} = \$ 56.80$$

Combustible.- Costo.- 50 ctvs. de dólar por 100 lbs de vapor.

$$* \text{ Costo Combustible: } (872.8 + 695.3) \frac{\text{Lbs}}{\text{hr}} \times \frac{0.50}{100}$$

$$\text{dolar/lbs} \times 260 \frac{\text{Soles}}{\text{dolar}} / 11 \text{ Kg.} = 184.6 \frac{\text{Soles}}{\text{Kilo}}$$

e) MANTENIMIENTO.

Se considera que éste varía entre 2 y 10% del capital fijo de inversión. Nosotros considerare - mos el 5% del valor de nuestros equipos.

Valor de los Equipos. = \$ 14,000.00

* Costo de Mantenimiento.

$$14,000.00 \frac{(\text{soles})}{360 \text{ días}} \frac{(1 \text{ día})}{88 \text{ kg.}} \times (0.05) = 26.50$$

f) SEGURO E IMPUESTOS.

Consideraremos que estos representan el 2% del valor de nustros equipos:

Valor de Equipos. = \$ 14'000,000.00

* Costo de Seguro y Mantenimiento:

$$(14'000,000.00) \frac{(\text{Soles})}{300 \text{ días}} \frac{(1 \text{ día})}{88 \text{ kg.}} (0.02) = 10.60$$

BIBLIOGRAFIA

- 1.- "ENSAYOS SOBRE LA APLICACION DE POLIELECTROLITOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS"- Tesis de Maestría de la Universidad de Sao Paulo.
- 2.- Estudio Agronómico de la Tuna realizado por la Universidad Nacional Agraria.
- 3.- Estadísticas sobre Importaciones y Pólizas referentes a la Partida arancelaria 39.02.08.00, del MICTI.
- 4.- Estudio del uso de polímeros naturales como ayudantes a la floculación realizado por el Dr. Kichmer del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria.
- 5.- "Operaciones de Transferencia de Masa", Robert E. Treybal.
- 6.- "Operaciones básicas de Ing. Química", Mc Cabe-Smith.
- 7.- "Chemical Engineer' Handbook", Perry , 3ra. y 5ta. Edición.
- 8.- "DISEÑO DE UNA PLANTA DE ALCOHOL ETILICO ANHIDRO". Tesis de Grado de la Ing. Julia Salinas G. (U.N.I.)
- 9.- Catálogos de la "Dow Chemical" y de la "Allied Colloids", sobre polímeros sintéticos.
- 10.- Catálogos de la "Niro Atomizer " y de "Alfa Laval", sobre equipos de secado.