

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA



Estudio Técnico - Económico para cambiar el
proceso de Prillado a Granulado en una
planta de Urea

Tesis

Para optar el Título de:

INGENIERO QUIMICO

Presentada por:

MAGDALENO SAAVEDRA CASTILLO

CALLAO - PERU

1986

AL GRATO RECUERDO DE MI PADRE,
QUIEN FORJO EN MI EL PRINCIPIO DE DISCIPLINA Y RESPONSABILIDAD
A MI MADRE,
POR SU VALEROSO ESFUERZO Y SACRIFICIO EN SU AYUDA PARA
TERMINAR MIS ESTUDIOS.

A MI ESPOSA TERESA,
A MIS HIJOS JOSE LUIS Y
LIZBETH
POR SU COLABORACION Y
COMPRESION.

S U M A R I O

Con el presente estudio se demuestra la factibilidad técnico - económico del cambio de proceso de prillado a granulado en una Planta de Urea en Talara.

La tecnología de granulación seleccionada es el plato granulador, consiste en granular úrea en el estado líquido mediante la formación de capas sucesivas en los gránulos de reciclaje al plato, ésta técnica está bastante difundida en Estados Unidos, Italia, Japón, Alemania, tiene bastante aceptación por su simplicidad, versatilidad en la operación y por su continuidad durante la operación.

El material del equipo del proceso nuevo es el acero inoxidable 304 , las condiciones de temperaturas están dentro del rango de 55°C a 135°C las presiones son atmosféricas y vacío en el ciclón separador de finos.

Esta tecnología requiere del equipo principal, el plato granulador de diámetro 5.5. mts. y equipos auxiliares, así mismo se aprovechará en parte los equipos de la actual tecnología de prillado, así como parte de la infraestructura civil y servicios auxiliares.

El costo total de inversión es de \$ 700,000, su rentabilidad es de - 18.12% en base a utilidad neta y el tiempo de recuperación del capital es de 4.5 años.

ESTUDIO TECNICO - ECONOMICO PARA CAMBIAR EL PROCESO DE
PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA.

I. INTRODUCCION.

II. DESCRIPCION DEL PROCESO.

2.1 Proceso de Fabricación de Urea.

- 2.1.1 Síntesis.
- 2.1.2 Descomposición y Purificación.
- 2.1.3 Recuperación.
- 2.1.4 Cristalización.
- 2.1.5 Prilling.

2.2 Proceso Prillado Actual

- 2.2.1 Proceso.
- 2.2.2 Características de la Urea con este Proceso.
 - 2.2.2.1 Consumos de Servicios Prilling.
 - 2.2.2.2 Diseño de Torre Prilling y Diámetro de Partículas.
 - 2.2.2.3 Tamaño de los Prills Vs Resistencia a la Trituración.
- 2.2.3 Equipos Principales.
- 2.2.4 Contaminación.
- 2.2.5 Problemas de Operación de la Torre Prilling.

III. TECNOLOGIA PARA EL PROCESO DE GRANULACION DE UREA.

3.1 Plato Granulador.

- 3.1.1 Datos Teóricos y Diseños.
- 3.1.2 Características del Producto Obtenido.
- 3.1.3 Variables de Operación.
- 3.1.4 Descripción del Proceso de Granulación del Plato Granulador.
- 3.1.5 Comparación de Costos Granulado y Prillado.

3.2 Drum Granulador.

3.2.1 Condiciones de Operación

3.3 Lecho Fluidizante.

3.3.1 Descripción del Proceso.

3.3.2 El Granulador.

3.3.3 Diámetro Promedio del Producto.

3.3.4 Confiabilidad en la Planta.

3.3.5 Control de Contaminación.

3.3.6 Breve Historia del Desarrollo del Proceso.

3.3.7 Consumo de Servicios.

3.3.8 Mecanismo de Granulación.

3.3.9 Calidad del Producto.

3.3.10 Planta de Menor Costo.

3.3.11 Requerimientos Operacionales.

3.3.12 Comparación con Prilling.

3.4 Esferodizador.

3.4.1 Equipos de éste Sistema de Granulado.

IV. SELECCION DE LA TECNOLOGIA DE GRANULACION DE UREA.

4.1 Mecanismos de Granulación.

4.2 Características de la Urea con el Nuevo Proceso.

4.3 Justificación Técnica y Económica.

V. COMPARACION DE LAS TECNOLOGIAS DE GRANULADO Y PRILLADO.

5.1 Descripción del Proceso.

5.1.1 Operación del Granulador.

5.1.2 Variables del Sistema y las de Operación que afectan la granulación.

5.1.3 Importancia de la acción correcta de rotación.

5.1.4 Consideraciones del Diseño del Plato Granulador.

5.1.5 Bases de Diseño.

5.1.6 Ventajas del Plato Granulador.

5.2 Características del Producto Obtenido

5.2.1 Características de los Gránulos.

5.3 Balance de Materia y Energía.

5.3.1 Balance de Materia.

5.3.2 Balance de Energía.

5.4 Materiales de los Equipos.

5.5 Especificaciones de los Equipos.

5.5.1 Descripciones de Equipos.

5.5.1.1 Plato Granulador.

5.5.1.2 Bomba de Urea Fundida.

5.5.1.3 Bomba de Solución de Urea.

5.5.1.4 Clasificador de Partículas.

5.5.1.5 Chancadora.

5.5.1.6 Ciclón.

5.5.1.7 Soplador.

5.5.1.8 Tanque de Disolución.

5.6 Comparación de Costos de Producción.

5.6.1 Costos de Producción Prilling.

5.6.2 Costos de Producción Plato Granulador.

5.6.3 Costos de Inversión del Cambio de Tecnología de Fabricación de Urea Prillada por Granulada.

5.6.4 Análisis de Sensibilidad Económica de la Inversión.

VI. CONCLUSIONES.

VII. RECOMENDACIONES.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

IX. APENDICE.

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

La Urea es un compuesto químico orgánico de color blanco, soluble en agua, con gusto ligeramente salado, sin olor, con punto de fusión 132.7 C° y con un peso molecular de 60 gr./mol.

La Urea tiene un contenido de nitrógeno de 46.6%, por lo que se usa comercialmente como fertilizante para la nutrición de las plantas.

El nitrógeno de la Urea se fija en el suelo cerca de la zona de las raicillas de la planta, logrando conseguir una mayor velocidad en el crecimiento y maduración de las plantas, obteniéndose buen rendimiento de las cosechas.

La Urea por su alto contenido de nitrógeno ahorra mano de obra por concepto de aplicación y transporte con respecto a otros fertilizantes.

El presente trabajo de investigación, tiene por finalidad considerar la alternativa de cambiar de proceso de **Prillado de una Planta de Urea** que actualmente se encuentra en operación, cuya capacidad es de 510 Tm./d, por el proceso de **Granulado**; esto es necesario realizarlo por que la presentación final del producto es muy importante en cuanto al mejoramiento de las propiedades físicas, tales como partículas de mayor diámetro, más resistentes al manipuleo, mayor resistencia a la abrasión, todas estas características determinan que la úrea granulada sea un producto de mayor facilidad para su uso como fertilizante.

En los últimos años se están desarrollando varias tecnologías con la finalidad de obtener fertilizantes de dimensiones mayores por la enorme importancia que tiene en su aplicación en la fertilización, el mayor tiempo de residencia del nitrógeno en el suelo contribuye a una mejor asimilación por parte de las plantas.

II. DESCRIPCION DEL PROCESO.

2.1 Proceso de Fabricación de Urea.

Todos los procesos de Fabricación de Urea, utilizan como mate_urias primas el Dióxido de Carbono y el Amoníaco. El Dióxido de Carbono, es obtenido como un producto secundario de la pro_uducción de Amoníaco.

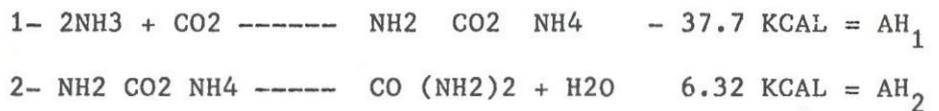
Principales secciones de un proceso de fabricación de Urea :

- . Síntesis.
- . Descomposición y Purificación.
- . Recuperación.
- . Cristalización.
- . Prillado.

2.1.1 Síntesis.

El objetivo de esta sección es obtener la úrea a par_utir de los reactantes, amoníaco líquido (NH₃) y gas dióxido de carbono (CO₂) en donde combinados en propor_uciones estequiométricas, son inyectados al reactor, ba_ujo condiciones de alta temperatura (200 °C) y alta pre_usión (250 Kg./Cm²) y durante 30 minutos de residencia, se obtiene la úrea en solución.

Las reacciones que ocurren dentro del reactor de sínt_usis son las siguientes :



Carbonato de

amonio

Urea

Calor Neto



La primera reacción es altamente exotérmica 37.7 KCal/Kg. mol. y tiene lugar a formación de carbamato, la segunda reacción es moderadamente endotérmica 6.32 KCal/Kg. mol y ocurre la deshidratación del carbamato para dar lugar a la formación de úrea.

Todas estas reacciones de síntesis ocurren en medio líquido, el promedio de conversión es del orden del 70%, por lo que los reactantes no convertidos son recuperados y reciclados al reactor.

El calor generado por Kg.-Mol. de Urea es de :

$$37.7 \text{ K Cal/Kg.Mol.} - 6.32 \text{ K Cal/Kg Mol} = 31.38 \text{ Kg Cal/Kg. Mol.}$$

Los equipos principales de ésta sección son :

- . Compresor de CO₂
- . Bomba de Alta Presión de Solución de Reciclo.
- . Bomba de Alta Presión de Amoniaco Líquido.
- . Reactor de Síntesis de Urea.
- . Precalentador de Amoniaco.

2.1.2 Descomposición y Purificación.

El objetivo de ésta sección, es la descomposición del carbamato de amonio de la mezcla proveniente del reactor de síntesis, ésta descomposición y purificación se realiza en las siguientes etapas :

- . Descomposición por Calentamiento.
- . Purificación y Separación por Reducción de Presión.
- . Rectificación de la Solución de Urea.

En consecuencia el carbamato de amonio se descompone - por alta temperatura 120°C - 160°C en Dióxido de Carbo

no y Amoniaco.



Durante la descomposición también ocurre la Hidrólisis de la úrea y formación de Biuret de acuerdo a la siguiente fórmula Hidrólisis :



En esta sección hay la formación indeseable de un producto llamado Biuret.



Los Equipos principales de ésta sección son :

- Descomponedor de Alta Presión.
- Descomponedor de Baja Presión.
- Separador de Gas.
- Intercambiadores de Calor.

2.1.3 Recuperación.

En esta sección los gases provenientes de la sección - Descomposición, son absorbidos en medio acuoso, recuperados y reciclados al reactor de síntesis.

El amoniaco, en su mayor parte es recuperado como amoniaco líquido, mientras que el dióxido de carbono y parte de amoniaco es recuperado como una solución concentrada de carbamato de amonio, la cual es reciclada al reactor.

Los equipos principales de ésta sección son :

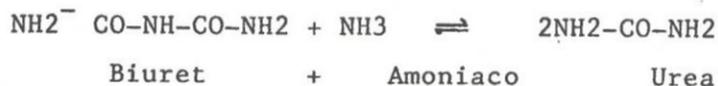
- Absorbedor de Alta Presión.

- . Absorbedor de Baja Presión.
- . Condensador de amoniaco.
- . Reservorio de amoniaco.

2.1.4 Cristalización.

La solución de Urea después de haberse purificado pasa a ser concentrada al vacío, donde tiene lugar la generación de cristales en solución.

Los cristales de úrea contenidos en la solución son separados por centrifugación para luego ser secados y pasados a la torre de Prilling, el licor madre es reciclado a la sección Recuperación, el líquido con cristal de úrea con contenido de 0.1% de Biuret, una cierta cantidad de licor madre el cual contiene casi todo el Biuret, originalmente se recicla a la sección Recuperación como líquido absorbente para el amoniaco y dióxido de carbono; este licor madre, después de absorber dichos gases se envía finalmente al reactor, donde el Biuret se vuelva a convertir en Urea, en presencia de exceso de amoniaco.



Los Equipos principales de ésta sección son :

- . Cristalizador.
- . Concentrador.
- . Tanque de Licor Madre.
- . Centrífugas.
- . Secador Fluidizante.
- . Generador de Vacío.

2.1.5 Prilling.

Los cristales secos son transportados a la cima de la Torre Prilling y son separados en un Ciclón, mediante un tornillo sin fin, son transportados a un fundidor, la úrea fundida es filtrada, para luego pasar a través de distribuidores, las gotitas de úrea fundida, son solidificadas por inyección de aire frío y recogidas en el fondo de la torre.

Los Equipos principales de ésta sección son :

- . Ciclón.
- . Transportador de Tornillo Sin Fin.
- . Fundidor,
- . Filtro.
- . Distribuidores.
- . Torre Prilling.
- . Enfriador Fluidizante.

En los Diagramas No. 1 y No. 2, se puede observar las diferentes secciones del proceso de fabricación de úrea.

El Diagrama No. 3, muestra un esquema general del proceso de fabricación de úrea.

2.2 Proceso Prillado Actual.

2.2.1 Proceso.

Los cristales de úrea, después de ser secados en el secador fluidizante, son transportados al tope de la Torre de Prilling, donde son separados del aire en el Ciclón, el aire que sale del Ciclón contiene pequeñas cantidades de cristales pulverizados, pasa al separa-

dor de polvos, donde se recupera el polvo de úrea por medio de rociado de agua que es recirculada de la cámara de polvos al separador de polvos. La solución de úrea recuperada en la cámara de polvo es enviada al tanque de disolución.

Los cristales de úrea que se descargan por el fondo - del ciclón son transportados por el tornillo sin fin - hacia el fundidor.

La úrea fundida es descargada por el fondo del fundidor y pasa por el filtro donde se retienen las impurezas de la úrea fundida, para evitar la obstrucción de los distribuidores, luego la úrea fundida pasa por gravedad al tanque de carga, manteniendo un nivel de carga a los distribuidores.

La úrea fundida es pulverizada en los distribuidores, formándose un chorro de úrea, el cual es fraccionado y solidificado a través de toda la torre, así mismo durante todo el trayecto de la torre se produce el enfriamiento con aire que se inyecta por la parte inferior de la Torre Prilling.

La úrea en forma de perlas son recolectadas en el lecho del enfriador fluidizante.

El aire para el enfriador fluidizante, es suministrado por un soplador, la úrea perlada es fluidizada sobre una placa perforada con malla metálica, ubicada en el lecho fluidizante.

Los Prills de úrea enfriados pasan a un cedazo giratorio donde son clasificados. El producto dentro de especificación (diámetro menor de 1.2 mm.) es posteriormente ensacado y almacenado.

Los Prills, fuera de especificación (diámetro mayor de 1.2 mm.) son reciclados al proceso para su recuperación.

En el diagrama No. 4, se muestra un esquema de proceso de la torre de Prilling donde se puede apreciar los equipos principales y líneas de proceso.

2.2.2 Características de la Urea obtenidas con este Proceso.

Biuret.	%	Máx.	0.30
Nitrógeno.	%	Mín.	46.5
Amoniaco.	p.p.m	Máx.	300
Fierro.	p.p.m	Máx.	0.5
Genizas.	p.p.m	Máx.	10
Color.	Hazem	Unit.	10
Turbidez.		APHA.	10
PH.		Máx.	9
Diámetro del Prill		16 + 20 Malla	
	%	Mín.	98
Densidad	:	730 Kg./mt ³	
Angulo de Resposo	:	28°	
Gravedad Específica	:	1.32	
Resistencia Molienda	:	0.2 Kg. - 0.7 Kg.	
Resistencia a la Abrasión	:	19.7% de degradación	

2.2.2.1 Consumos de Servicios Prilling.

Vapor	:	188 Kg./Ton. Urea
Potencia Eléctrica	:	20 Kw/Ton. Urea

2.2.2.2 Diseño de Torre Prilling y Diametro de Partículas.

Las Torres de Prilling tienen forma de bastoncillos y son diseñadas de un diámetro y altura determinado para producir partículas de diámetro y características físicas definidas.

Para obtener partículas de diámetros grandes, se requiere disponer de Torres bastante altas puesto que las partículas grandes reducen su

tiempo y superficie de contacto con el aire , así mismo aumenta su velocidad terminal en el lecho fluidizante.

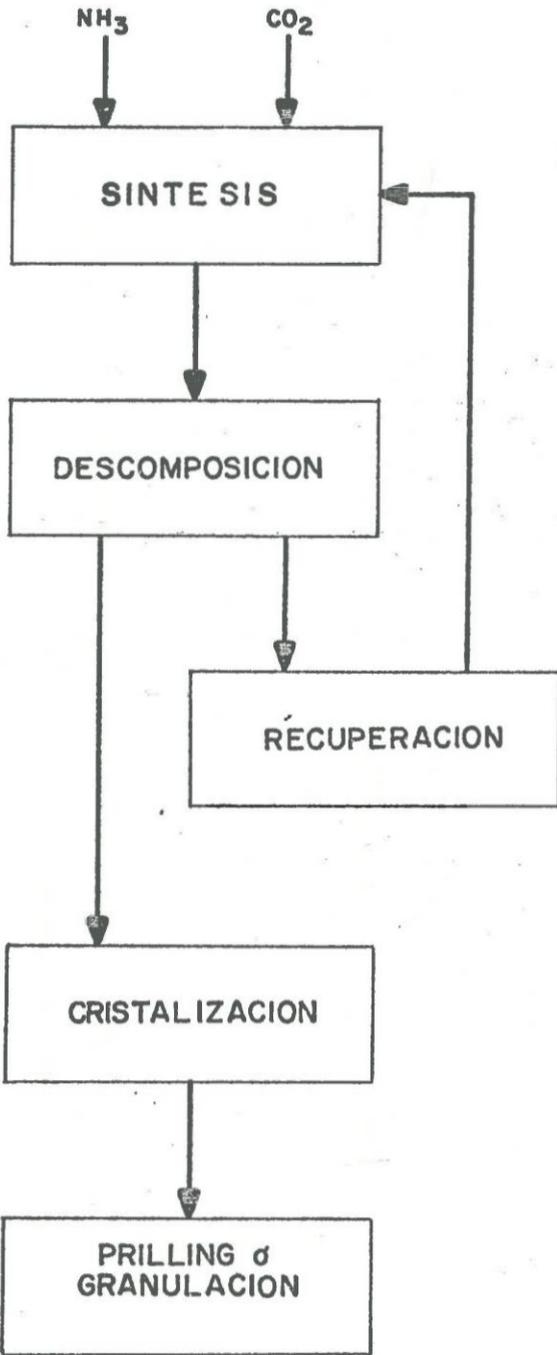
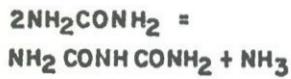
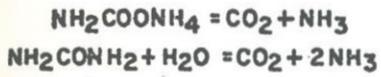
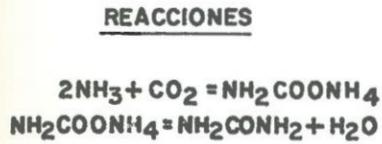
La úrea fundida, es pasada a través de un filtro y en unos distribuidores, el flujo de úrea fundida es fraccionada, solidificada y enfriada en el seno del aire y colectado en la malla del lecho fluidizante, después pasa al clasificador de partículas.

2.2.2.3 Tamaño de los Prills VS. Resistencia a la Tri- turación.

En pruebas efectuadas con distribuidores de diámetro de los agujeros de 0.6 mm., 0.8 mm., 1.0 mm., con una temperatura ambiente de 28°C y con una temperatura de los Prills de 45°C , sobre el lecho fluidizante, se obtuvo un promedio de diámetro de Prills de 1.0 mm., 1.5mm. 2 mm., con resistencia de 90 gr., 150 grs., - 400 grs. respectivamente.

DIAGRAMA No. 1

SECCIONES DE LA PLANTA DE UREA



CONDICIONES DE OPERACION

250 ATM
200 °C

17 - 0.3 ATM
165 - 120 °C

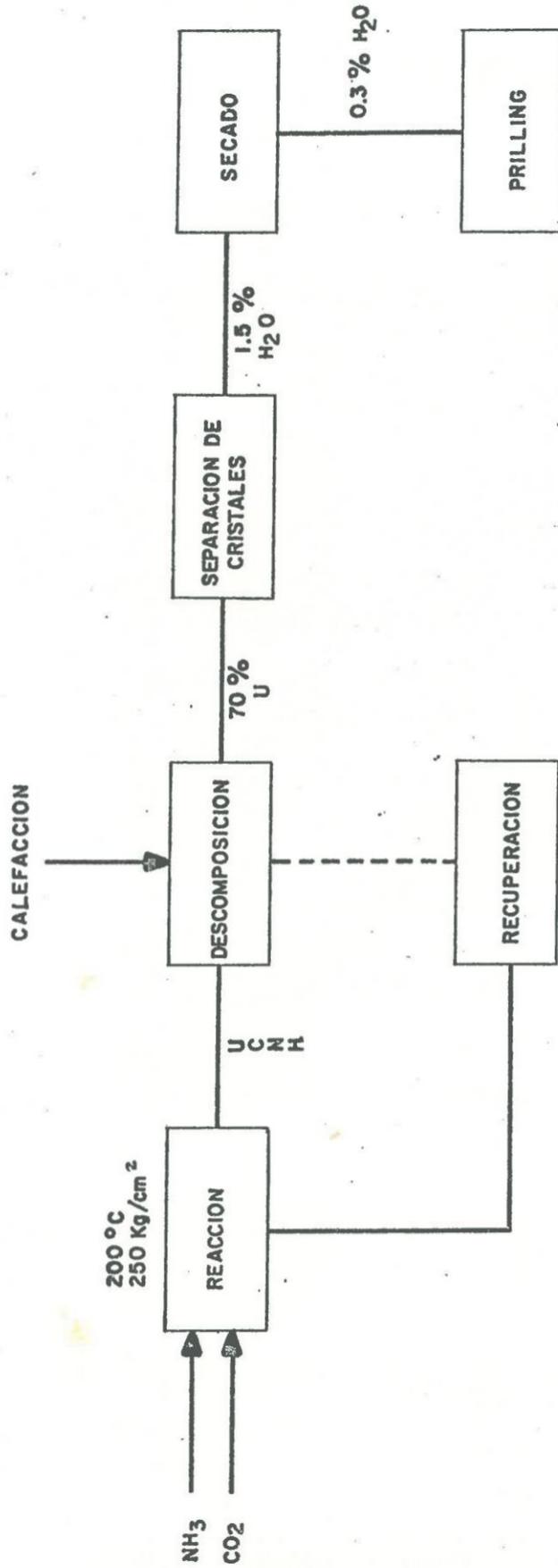
0.3 - 16 ATM
37 - 100 °C

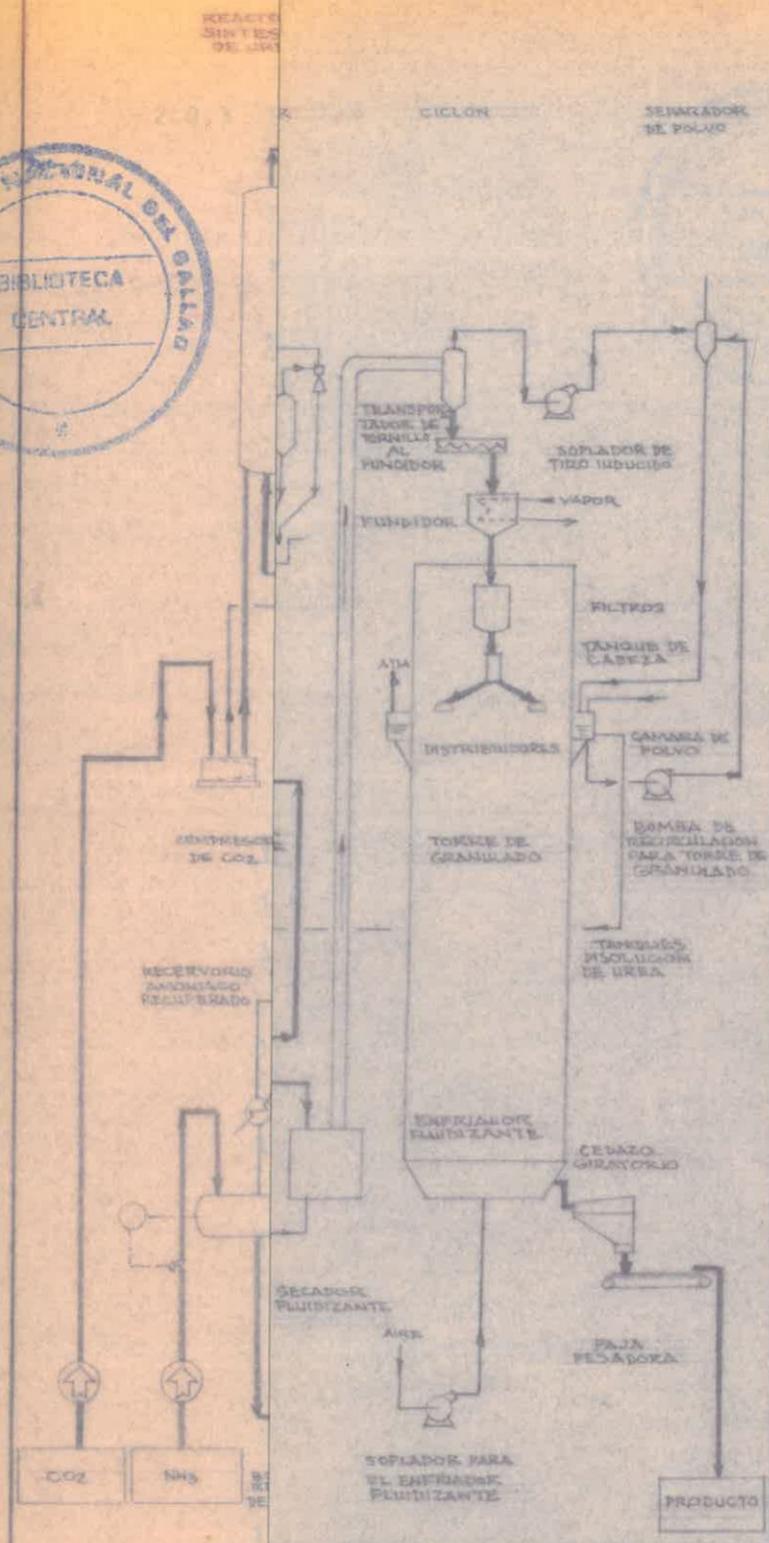
75 mm Hg (abs)
60 °C

ATM
135 °C

DIAGRAMA No.2

PROCESO FABRICACION DE UREA





ACTO CAMBIO DE PROCESO
 ADO A GRANULADO EN
 LANTA DE UREA 510 TON/D

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIAGRAMA No. 3

Agdaleno Saavedra C. Junio, 1986

2.2.3 Equipos Principales.

Los equipos que constituyen la Tecnología de Prillado, son los siguientes :

<u>No. Local</u>	<u>Equipos.</u>
1) U-EA - 301	Fundidor.
2) U-EC - 301	Calentador de Aire.
3) U-FA - 301	Tanque de Alimentación.
4) U-FA - 302	Tanque de Disolución.
5) U-FC - 301	Ciclón.
6) U-FD - 301	Filtro.
7) U-FD - 302	Enfriador Fluidizante.
8) U-FD - 303	Cedazo Giratorio.
9) U-FD - 304	Separador de Polvo.
10) U-FF - 301	Secador Fluidizante.
11) U-FA - 303	Tanque de lavado para el Filtro.
12) U-FA - 304	Tanque de lavado para Distribuidores.
13) U-GA - 301 AB	Bomba de Agua de la Torre de Granulado.
14) U-GA - 302	Bomba de Circulación de la Torre de Granulado.
15) U-GA - 303	Bomba de Tanque de Disolución.
16) U-GB - 301	Soplador del Secador (Tiro Forzado).
17) U-GB - 302	Soplador del Secador (Tiro Inducido).
18) U-GB - 303	Soplador del Enfriador Fluidizante
19) U-GD - 301	Agitador del Fundidor.
20) U-IA - 301	Torre de Prilling.
21) U-PF - 301	Distribuidores.
22) U-UD - 303	Transportador Pesador.

2.2.3.0 Descripciones de los Equipos Principales.

A continuación se describen los equipos de la Tecnología de Prillado, en ellos se muestran las características más importantes y su función.

2.2.3.1 U-EA - 301 Fundidor.

. Función.

Fundir los cristales secos de úrea antes - que pasen a los distribuidores y lograr una buena formación de Prills, con un mínimo de Biuret.

. Características.

Tipo	:	Caja sumergida de Casco y Tubos.
Fluido	:	Casco : Cristales y úrea fundida. Tubos : Vapor de Agua de 7Kg./cm^2 G.
Temperatura de Operación	:	Casco : 138°C . Tubos : 151°C .
Presión de Operación	:	Casco : Atmósfera. Tubos : 4 Kg/cm^2 G.
Material	:	Casco y Tapa : Acero Inoxidable 304. Tubo : Acero Inoxidable 304.

2.2.3.2 U-EC - 301 Calentador de Aire.

. Función.

Calentar el aire proporcionado por el Sopla
dor de Tiro Forzado (GB-301), que sirve pa-
ra secar y fluidizar los cristales de úrea,
en el Secador Fluidizante (FF-301).

. Características.

Tipo : Tubos con aletas para ca
lentamiento con vapor.

Fluido : Casco : Aire.
Tubos : Vapor de Agua -
de 3 Kg/cm² G y Vapor -
condensado.

Temperatura de : Casco : 120°C.
Operación Tubos : 138°C.

Presión de Ope : Casco : Atmósfera
ración Tubos : 2.5 Kg/cm² G

Material : Casco : Acero Común
Tubos : Acero Común.

2.2.3.3 U-FA - 301 Tanque de Alimentación

. Función.

Recibe úrea fundida proveniente del fundidor
a través del filtro y lo alimenta uniforme-
mente hacia los distribuidores.

• Características.

Tipo : Cilindro Vertical
Dimensiones : 200 DI - 1,500 HT
Tempertura de
Diseño : 150°C
Temperatura de
Operación : 135°C
Presión de Di-
seño : Lleno de Agua
Presión de Ope-
ración. : Atmósfera
Material : Acero Inoxidable 304

2.2.3.4 U-FA - 302 Tanque de Disolución.

• Función.

Sirve para disolver los grumos de cristales de úrea provenientes del Secador Fluidizante y el material grueso separado en el Tamiz Giratorio (Tromel). En forma se recupera la úrea y la solución se envía al tanque de solución de Carbonato de Amonio FA - 402 B.

• Características.

Tipo : Vertical
Dimensiones : 1,500 x 1,500 x 1,000 H.
Volúmen : 2.25 m³
Fluído de Calen- : Vapor de Agua de 3 Kg/cm²
tamiento : Agua Caliente.

Temperatura de : 80°C

Operación

Presión de Diseño : Lleno de Agua

Presión de Operación : Atmosférica

Material : Acero Inoxidable 304

2.2.3.5 U-FC - 301 Ciclón.

Función.

Separa los cristales de úrea que han sido arrastrados por los gases (Aire y Vapor de Agua).

Características.

Tipo : Cónico Vertical Invertido

Dimensiones : Parte Superior : 2,000 DI
x 7,500 H.

Parte Inferior : 1,800 DI
x 2,600 H.

Material a Separar : Cristales de Urea

Temperatura de Diseño : 120°C

Temperatura de Operación : 55 - 65 °C

Presión de Diseño : -0.1 Kg/cm² G

Presión de Operación : -550 mm Aq.

Material : Acero Inoxidable 304

2.2.3.6 U-FD - 301 Filtro.

• Función.

Separa cualquier material sólido que pudiese estar presente en la úrea fundida con el fin de evitar que los Distribuidores se obstruyan.

• Características.

Tipo : Canasta

Dimensión : 700 DI x 620 H

Capacidad : 25 Ton./Hr.

Fluido : Urea Fundida

Malla de la Canasta : Interna Malla 80
Externa Malla 10

Temperatura de Operación : 138°C

Presión de Diseño : Lleno de Líquido

Presión de Operación : Atmosférica

Material : Acero Inoxidable 304

≠

2.2.3.7 U-FD - 302 Enfriador Fluidizante.

. Función.

Permitir la formación de los Prills de úrea enfriando las gotas de úrea líquida durante su caída, con aire en contra corriente.

Los Prills de úrea formados son colectados al fondo de la Torre de Granulación, formando un lecho fluido sobre el plato perforado del Enfriador Fluidizante donde se completa el enfriamiento hasta apróx. de -40°C.

. Características.

Tipo : Octogonal

Diámetro del Círculo Inscrito : 6,000 DI

Capacidad : 25 Ton/Hr.

Material a Tratar : Urea Granulada y Prillada.

Plato Perforado : Huecos del Plato de 5 mm. y la malla # 16

Temperatura de Operación : 85 °C

Presión de Diseño : Atmosférica

Presión de Operación : Atmosférica

Material : El armazón y el plato perforado son de acero común La compuerta y la malla son de acero inoxidable 304



2.2.3.8 U-FD - 303 Cedazo Rotatorio.

. Función.

Separar del producto final los granos de ma
yor tamaño a 1.5 mm. \emptyset (Malla 4).

. Características.

Tipo : Canasta Cónica.
Dimensiones : Diámetro : 0.750/0.950m.
Longitud : 2.000 m.
Capacidad ; 25 Ton./Hr.
Material a Tra : Urea Perlada
tar
Temperatura de : 80°C.
Diseño
Temperatura de : 40°C.
Operación
Presión de Di- : Atmosférica
seño
Presión de Ope : Atmosférica
ración
Material : Malla y Eje : Acero Inoxi
dable 304
Estructura : Acero Común

2.2.3.9 U-FD - 304 Separador de Polvo.

. Función.

Recuperar las partículas de cristales de ú-
rea que no fueron retenidas en el Ciclón.
El aire antes de ser descargado a la atmós-
fera, es lavado con duchas de agua que retie-
nen el polvo de úrea y lo llevan a la Cáma-
ra de Polvo.

. Características.

Tipo	: Ciclón
Dimensión	: 2,160 DI x 6,500 H.
Material a Se- parar	: Aire Caliente con pol- vo de úrea.
Temperatura de Diseño	: 120°C.
Temperatura de Operación	: 60°C.
Presión de Di- seño	: Lleno de Agua
Presión de Ope- ración	: Atmosférica
Material	: Acero Inoxidable 304

2.2.3.10 U-FF - 301 Secador Fluidizante.

. Función.

Secar los cristales de un lecho fluído con aire caliente hasta un contenido de humedad de 0.5%.

El secado continúa a lo largo del transportador neumático, disminuyendo la humedad - hasta 0.3%

. Características.

Tipo : Fluidizante y neumático
Dimensiones : Cuerpo : 2,300 DI x
5,100 H.
Ducto : 730 DI x 60,000
mm. Long. Total.
Capacidad : 26 Ton./Hr.
Material a fluidizar : Cristales de urea
Temperatura de Diseño : 150°C
Temperatura de Operación : 120°C
Presión de Diseño : 0.05 Kg./cm² G
Material : Acero Inoxidable 304

2.2.3.11 U-FA - 303 Tanque de Lavado para el Filtro.

. Función

Lavar el filtro cada vez que es necesario.

. Características.

Dimensiones : 500 A x 500 L x 900 H.

Volúmen : 0.225 m³

Temperatura de : 30°C

Operación

Presión de Operación : Atmosférica

Material : Acero Común

2.2.3.12 U-FA - 304 Tanque de Lavado del Distribuidor.

. Función.

Sirve para lavar los distribuidores cada vez que haya mala distribución debido a obstrucción de los orificios.

. Características.

Dimensión : 700 DI x 400

Temperatura de : 30°C

Operación

Presión de Operación : Atmosférica

Material : Acero Común

2.2.3.13 U-GA - 301 AB Bomba de Agua de la Torre de

Prilling.

. Función.

Proveer Agua Destilada (T.W.) a los siguientes equipos :

- . Cámara de Polvo.
- . Tanque de Lavado de Filtro (FA-303).
- . Para lavar la línea del soplador de Tiro Inducido.
- . A las estaciones de mangueras para el lavado de la Torre de Prilling.

. Características.

Tipo : Centrífuga
Capacidad de : 3.5 m³/Hr.
Diseño
Fluido : Condensado a Vapor
Temperatura de : 50°C
Succión
Presión de Operación : Succión : Atmosférica
Descarga : 7 Kg./cm² G
Material : Caja, Impulsor : Hierro Colado.
Eje : Acero Común

2.2.3.14 U-GA - 302 Bomba de Circulación de la Torre de Prilling.

. Función.

Hacer circular la solución de Urea de la Cámara de Polvo por el Separador de Polvo, - (con el fin de atrapar las partículas de cristales de úrea), enviando luego la solución de úrea colectada, al Tanque de Disolución, (FA-302).

. Características.

Tipo : Centrífuga
Capacidad de : 25 m³/Hr.
Diseño
Fluido : Solución de Urea
Temperatura de : 40°C
Succión
Presión de Operación : Succión : 0.1 Kg/cm² G
Descarga : 4.5 Kg/cm² G
Material : Caja, Impulsor y Eje :
Acero Inoxidable 304

2.2.3.15 U-GA - 303 Bomba del Tanque de Disolución.

. Función

Envía solución de úrea del Tanque de Disolución FA-302, al Tanque de Solución de Carbonato de Amonio FA - 402 B.

• Características.

Tipo : Centrífuga
Capacidad de : $10 \text{ m}^3/\text{Hr.}$
Diseño
Fluido : Solución de úrea
Temperatura : 80°C
de Succión
Presión de O- : Succión : Atmosférica
peración Descarga : $1.1. \text{ Kg/cm}^2 \text{ G}$
Material : Caja, Impulsor, Eje :
Acero inoxidable 304.

2.2.3.16 U-GB - 301 Soplador del Secador Fluidizante

• Función.

Mantener un flujo de aire al Precalentador de Aire (EC-301), el cual servirá para secar los cristales de úrea en el Secador - Fluidizante (FF-301).

• Características.

Tipo : Centrífuga
Capacidad de : $31,200 \text{ m}^3/\text{Hr.}$ (En la Succión
Diseño ción
Fluido : Aire
Temperatura de : $15 - 32^\circ\text{C}$
Succión
Presión de Ope : Succión : Atmosférica
ración Descarga : 240 mm Aq.
Material : Caja, Impulsor, Eje :
Acero Común

2.2.3.17 U-GB - 302 Soplador del Secador (Tiro Indu-
cido).

. Función.

Mantener un flujo de aire en el Transportador Neumático, con el fin de elevar los cristales de úrea desde el Secador Fluidizante hasta el Ciclón.

. Características.

Tipo : Centrífuga
Capacidad de : 39,000 m³/Hr. (En la Suc
Diseño ción)
Fluido : Aire
Temperatura de : 65 - 75 °C
Succión
Presión de O- : Succión : 660 mm. Aq. G
peración Descarga : 50 mm. Aq. G
Material : Caja, Impulsor y Eje :
Acero Inoxidable 304.

2.2.3.18 U-GB - 303 Soplador del Enfriador Fluidizan
te.

. Función.

Proveer al enfriador fluidizante del aire necesario para el enfriamiento de los gránulos de úrea en el lecho fluido.

Características.

Tipo : Centrífugo
Capacidad de : 136,500 M³/Hr. (En la Suc-
Diseño ción)
Fluido : Aire
Temperatura de : 32 °C
Succión
Presión de O- : Succión : 10 mm. Aq. G
peración Descarga : 140 mm. Aq. G
Material : Caja e Impulsor : Acero
Común.
Eje : Acero Forjado

2.2.3.19 U-GD - 301 Agitador del Fundidor.

Función.

Distribuir la carga de cristales en forma
uniforme sobre toda el área del fundidor.

Características.

Tipo : Agitador Vertical
Revolución por : 2.5 r.p.m.
minuto

2.2.3.20 U-IA- 301 Torre de Prilling.

. Función.

La Torre de Prilling tiene forma de bastoncillo, tiene cuatro (4) pisos donde están instalados todos los equipos que permiten, la formación de Prills de úrea.

En la parte superior altura del 2do. piso, ocurre el fraccionamiento y solidificación del chorro de úrea fundida proveniente de los distribuidores, formándose de ésta manera los Prills de úrea, en todo el trayecto de caída libre ocurre el enfriamiento, de los Prills determinándose de enfriar en el lecho fluidizante.

El detalle de la disposición de equipos - pueden apreciarse en el Diagrama No. 4 y - el Diagrama No. 5 es un esquema de la Torre de Prilling.

. Características.

Tipo	: Torre vertical, con cuatro (4) niveles.
Capacidad	: 30 Tn./Hr. de úrea prillada 150,000 M ³ /Hr. de aire
Flúidos	: Aire y Urea
Temperatura	: Aire Promedio 40 °C Urea Promedio 80 °C
Presión	: Atmosférica
Material	: Concreto con fierro estructural

Dimensiones : Altura 65 Mts.
Diámetro Inferior 7 Mts.
Diámetro Superior 9 Mts.

2.2.3.21 U-PF - 301 Distribuidores.

. Función.

Formación del chorro de úrea fundida a través de los orificios de 0.5 mm.

. Características.

Tipo : Atomizadores con orificios de 0.5 mm.

Número requerido : seis (6)

Capacidad de diseño : 5 Ton./Hr.

Temperatura de Operación : 140 °C

Material Manipulado : Urea Fundida

Material del distribuidor : Acero Inoxidable 304

2.2.3.22 U-JD - 303 Transportador Pesador.

. Función.

Transportar y pesar las partículas dentro - de especificación (0.9 mm.) desde el cedazo giratorio hacia la faja de transporte al almacén de Movimiento de Productos .

. Características.

Tipo : Transportador de faja de -
caucho con alma de lona

Capacidad : 30 Ton./Hr.

Material Ma- : Prills de Urea
nipulado

Material del : Estructuras de Acero al -
Transportador carbono, de la Faja Caucho
con Alma de Lona.

2.2.4 Contaminación Ambiental.

La Planta de Urea en Estudio, presenta fuertes emisiones de partículas por el tope de la Torre de Prilling, constituyéndose de ésta manera en una fuente de contaminación ambiental. Considerando de que la Planta inicialmente fue construída a una distancia de 5 Km. de la ciudad y que debido al crecimiento acelerado de la población actualmente se ha ubicado a dos (2) Kms. de la planta, - teniendo en cuenta que la densidad poblacional continuará creciendo se tendrá problemas bastante serios en las vías respiratorias de los pobladores.

2.2.4.1 Características del Problema.

Las emisiones de partículas que salen por el tope de la Torre de Prilling son del diámetro de 5 a 10 micrones, constituyéndose en una pérdida de 3 a 5 Ton./D., éstas son arrastradas por el aire que es inyectado por la parte inferior de la Torre para el enfriamiento de los Prills.

En la actual Torre de Prilling tiene un sistema de recuperación de éstas partículas, pero que - por sus características de diseño tiene baja eficiencia. Dicho sistema consiste en un "Baffle" de separación por impacto y un estanque colector.

En el cuadro No. 01, se muestran las pérdidas - del Efluente de la Torre de Prilling.

C U A D R O N o . 1

P E R D I D A S D E U R E A E F L U E N T E

D E L A T O R R E P R I L L I N G .

Flujo de Aire (NM ³ /H)	:	177,000
Contenido de Urea del Aire (Mgr/Mt ³)	:	1,500
Eficiencia (%)	:	20
Urea Recuperada (Ton./Día)	:	0.593
Urea Perdida (Ton./Día)	:	3 - 4.5

2.2.5 Problemas de Operación de la Torre Prilling.

La Torre Prilling tiene un área transversal (45.6 Mt^2), en algunos casos tienen mayores dimensiones para compensar la temperatura ambiente cuando es mayor.

Los mayores problemas que presentan las Torres Prilling es la disminución de los rates de producción, en el período de verano por la alta temperatura ambiente debido a la formación de depósitos en la Torre Prilling y aglomeración de producto almacenado. Se han efectuado estudios técnicos para determinar el efecto de la temperatura del Prill, la variación del rate de producción, la temperatura ambiente y el flujo de aire, se ha determinado que la temperatura de los Prills que salen del lecho fluído, tiene un efecto significativo en la cantidad de finos, la dureza, y la tendencia a la aglomeración de los Prills.

Por ejemplo, en el Cuadro No. 2, se muestran los resultados de las mediciones efectuadas en la planta, los datos mostrados para la operación de verano fueron tomados el mismo día, las temperaturas bajas corresponden a la operación en la mañana y las altas en la tarde.

Estos datos muestran claramente el efecto sobre la temperatura del Prill y la producción de úrea fuera de especificación al incrementar la temperatura ambiente. A manera de comparación se muestran datos para una típica operación de invierno que corresponden menores temperaturas de ambiente y una producción menor de úrea fuera de especificación.

El Cuadro No. 2, proporciona una mejor visión del efecto de la temperatura del Prill en la resistencia del mismo y en la producción de finos varias muestras obtenidas de una Torre de Prilling a diferentes temperaturas las cuales fueron sometidas a pruebas físicas de agitación mecánica.

Los resultantes de pérdida de tamaño en un tiempo determinado, muestran que las partículas producidas a altas temperaturas tienen mayor tendencia a fraccionarse que aquellas producidas a temperaturas más bajas. Esto es de gran significancia ya que aún si los finos son separados del producto antes que sean transportados, la resistencia a la fragilidad reducida de los Prills producidos a alta temperatura causarán una mayor generación de finos durante el transporte y como resultado de la descarga del producto almacenado a granel. Estos finos promoverán la aglomeración en el granel y si es generado durante la operación del ensacado en el producto final.

Como resultado de estas pruebas, se ha establecido una temperatura óptima de 48°C para la salida de los Prills del lecho fluido. Esto no es una referencia precisa, pero está claro que cualquier exceso de temperatura sobre este valor producirá problemas de aglomeración en el almacenamiento y en el movimiento del producto final.

Otro problema en la operación de una Torre de Prilling, es la formación de cúmulos en el lecho fluido y acumulación en las paredes y en la base cónica de la Torre de Prilling.

Este problema es más severo durante períodos de alta temperatura ambiental y está relacionado con enfriamiento

to insuficiente de los Prills de úrea en el momento que alcanzan el fondo de la zona de caída libre.

Los análisis microscópicos de los Prills producidos a diferentes temperaturas ambientales muestran un incremento del contenido en producto no prillado a medida que se incrementa la temperatura.

La temperatura del Prill en el fondo de la zona de caída libre, también es una variable importante que afecta la performance de la Torre de Prilling. A altas temperaturas, los Prills tienden a la formación de cúmulos y acumulación en las paredes de la Torre de Prilling. La agitación experimentada en el lecho fluído puede causar desintegración de los Prills formados inapropiadamente. También puede haber un efecto en la dureza del Prill dependiendo del enfriamiento en la sección de caída libre.

Bajando la temperatura de los Prills, que salen del enfriador fluidizante, se obtendrá una reducción de la temperatura del Prill en la base de la sección de caída libre.

Por otro lado, las condiciones pueden empeorar cuando se tenga un excesivo enfriamiento, cuando el enfriador fluidizante no sea eficiente o cuando los Prills que lleguen al enfriador lo hagan con alta temperatura, lo que causaría un problema en la calidad del producto.

A fin de analizar los efectos del rate de producción, temperatura ambiente, flujo de aire sobre la temperatura del Prill en la base de la sección de caída libre y salida del lecho fluído. Se han efectuado estudios sobre la transferencia de calor de los Prills al aire en

el enfriador fluidizante y en la sección de caída libre.

La sección de caída libre, ha sido dividida en dos (2) secciones . La parte superior como solidificación de la úrea fundida y la parte inferior como enfriamiento del Prill.

Durante las pruebas se tomó temperatura de entrada y salida, temperatura del aire, a los prills en la base de la zona de caída libre y en la salida del enfriador fluidizante, así mismo se midió el flujo de aire primario y secundario. A pesar que se obtuvo una concordancia con la temperatura del prill que sale del enfriador fluidizante y con el aire que sale de la Torre.

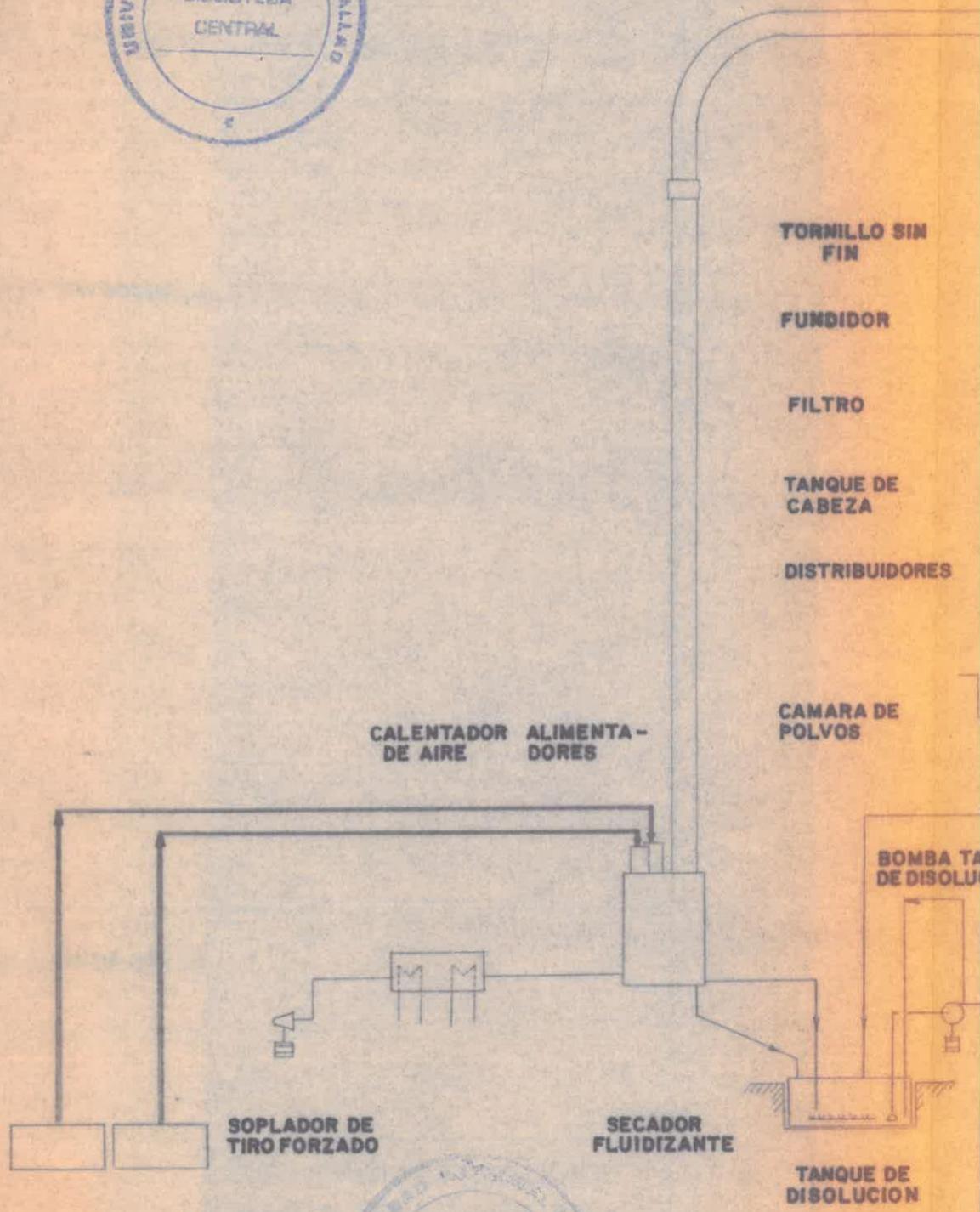
La temperatura de los Prills, varía para diversos rates de producción y condiciones ambientales. La temperatura óptima de los Prills que salen del enfriador fluidizante es 48°C , de acuerdo a las pruebas de calidad de producto que se han efectuado. La temperatura óptima en la caída libre de la base sección media es de 95°C .

C U A D R O No. 2.

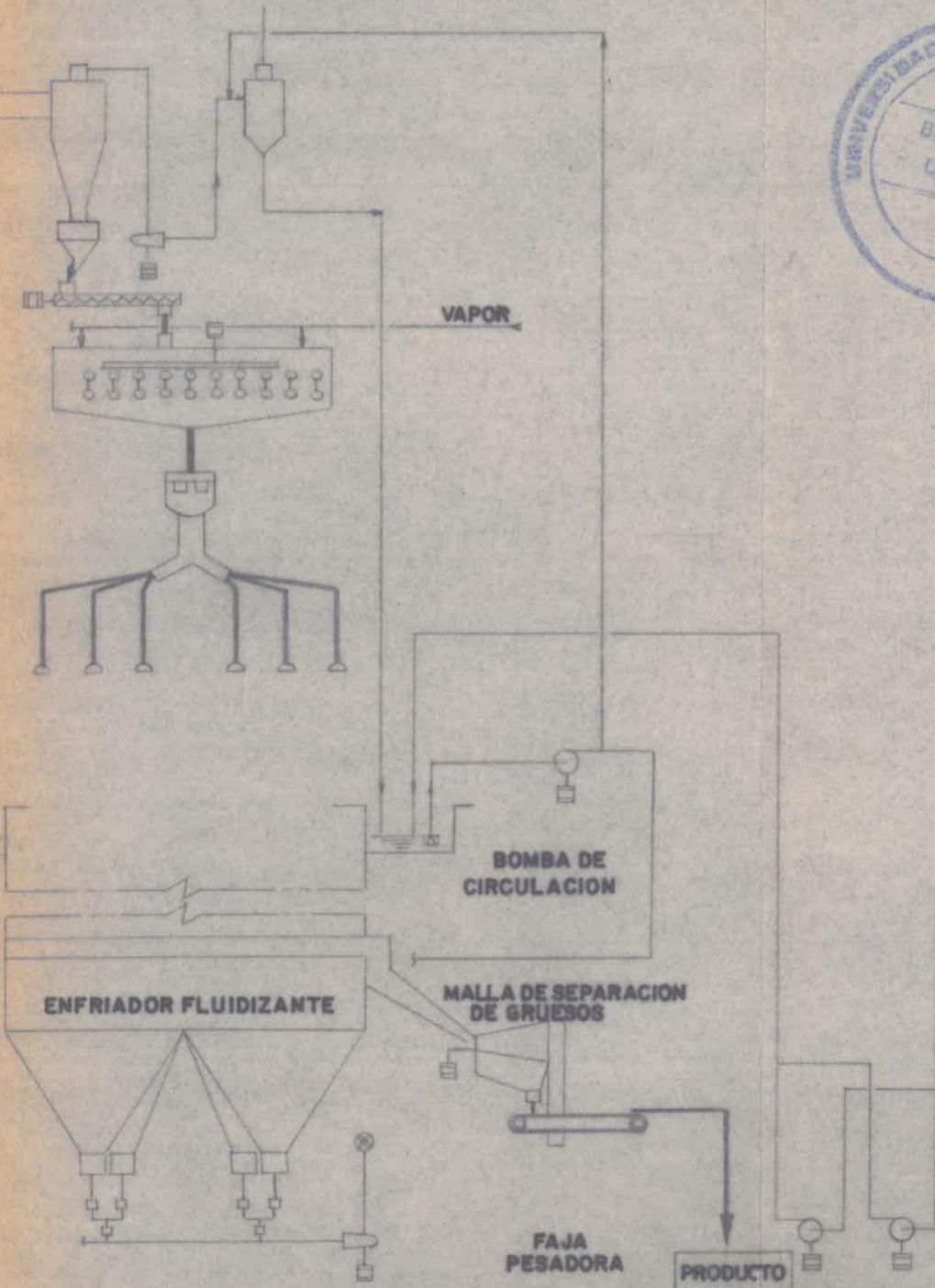
EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL PRILL SOBRE

LA PRODUCCION DE UREA.

	<u>Operación Verano - Operación Invierno</u>		
Temperatura ambiente °C.	31	36	25
Temperatura Prill en el lecho fluido °C.	47	57	35
% Ciento sobre diámetro (partículas mayores de 1 mm.).	2.2	3.3	0.75
% Ciento Finos (partículas menores de 0.5 mm.).	<u>1.1</u>	<u>1.3</u>	<u>1.15</u>
% Ciento Total Urea fuera de especificación.	3.3	4.6	1.9



CICLON SOPLADOR TIRO INDUCIDO SEPARADOR DE POLVOS



SOPLADOR PARA EL ENFRIADOR FLUIDIZANTE



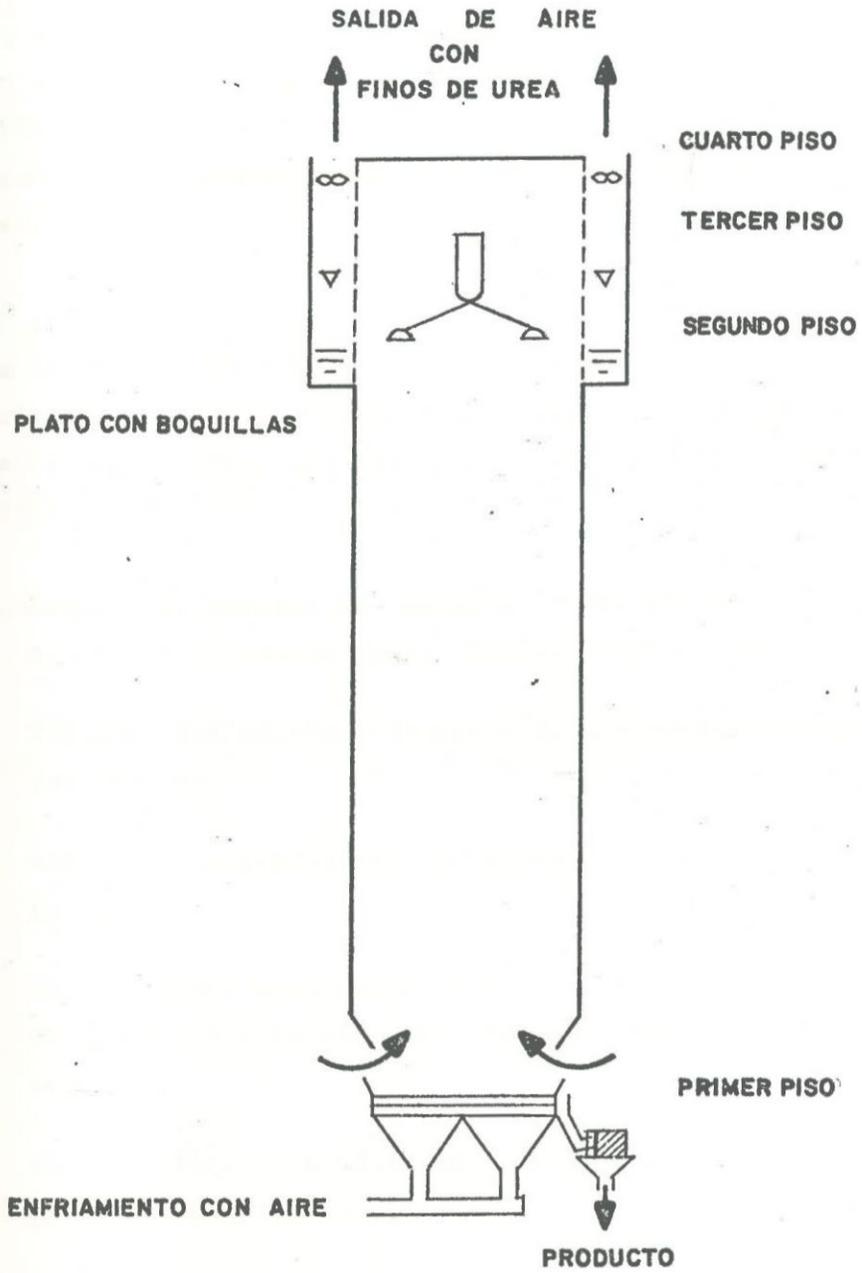
PROYECTO CAMBIO DE PROCESO PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA 510 TON/D

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

DISEÑO: Magdalena Saavedra C.

DIAGRAMA No. 4 Junio, 1986

DIAGRAMA TORRE PRILLING



III. TECNOLOGIA PARA EL PROCESO DE GRANULACION DE UREA.

En los últimos años las Industrias de fertilizantes y específicamente las Plantas de Urea, están desarrollando nuevas tecnologías para obtener productos de mayor diámetro, que los obtenidos convencionalmente, ésta tendencia a la granulación se debe a innumerables factores.

El presente estudio técnico tiene por finalidad seleccionar una nueva tecnología de fabricación de úrea granulada para modificar el diseño original de una Planta que produce úrea prillada, cuya capacidad es de 510 Tm., con este cambio se obtendrá las siguientes ventajas :

- Reducir el volúmen del material o sea densificarlo para obtener mejores facilidades en su almacenamiento o manipulación.
- Eliminar las pérdidas de partículas pequeñas en las costuras de los envases.
- Reduce las posibilidades de emisión de polvos perjudiciales para la salud.
- Obtener mejor aplicación como fertilizante aumentando el tiempo de residencia en el suelo, dando un mayor aprovechamiento a los vegetales.
- El producto es más fácilmente manejable para la fertilización por rociado desde el aire.
- Aumentar las propiedades físicas de la úrea.
- Los gránulos grandes tienen alta resistencia a quebrarse por efecto de manipulación.

- . Los gránulos grandes tienen bastante resistencia a la abrasión durante el transporte y almacenaje.
- . Los gránulos obtenidos de la granulación son bastante duros.
- . Los gránulos obtenidos por la técnica de granulación son esféricos.

C U A D R O N o . 3 .

TECNOLOGIA QUE DESARROLLAN PROCESOS DE

GRANULACION DE UREA.

Diferentes procesos de granulación de úrea se han desarrollado :

<u>Tecnologías.</u>	<u>Fabricantes.</u>
1. Plato Granulador	: Tennessee Valley Authority, Norsk Hidro.
2. Drum Granulador	: Tennessee Valley Authority, Fisons.
3. Esferodizador	: C. Girdler
4. Lecho Fluído	: Mitsui Toatsu Chemicals/Toyo Engineer ing Cor. MTC/TEC. N S M's Nederlance Stikstof Maatschappij.

3.1 Plato Granulador.

La característica principal de este equipo, es una especie de recipiente giratorio de un diámetro y profundidad determinado equipado con un sistema de rascadores, un sistema auxiliar para variar el ángulo de inclinación del plato.

La solución de úrea es bombeada hacia las boquillas para ser atomizada produciéndose la evaporación parcial del agua de las gotas de la solución, solidificándose en el trayecto del plato, el tiempo de secado es en fracción de segundos.

La presión de la solución en la boquilla tiene relación directa con la pulverización y la capacidad de producción si se disminuye la presión de la boquilla es posible que las gotitas sean de tamaño mayor al de secado, el empleo de múltiples boquillas contribuye a incrementar la capacidad del plato. Una de las principales ventajas del plato granulador es la generación de partículas esféricas macizas.

3.1.1 Datos Teóricos y Diseño.

El tiempo teórico necesario para evaporar la humedad de una gota de un tamaño dado y determinar el tamaño después de la Cámara basándose en cálculos sobre trayectorias de las partículas.

Sin embargo, en un proceso de desecación por pulverización muchos factores que complican el problema debido a los choques en las partículas la distribución por tamaño y las corrientes de aire por la atomización.

Para calcular la dimensión del plato es necesario conocer lo siguiente :

1. Capacidad requerida Ton./Hr.

2. Contenido inicial de humedad.
3. Contenido final de humedad.
4. Grado de pulverización.
5. Material.
6. Concentración de la solución a inyectar.
7. Temperatura de la solución.

3.1.2 Características del Producto Obtenido.

1. Tamaño de la partícula.
2. Densidad Global.
3. Granulometría.
4. Dureza del grano.
5. Resistencia al aplastamiento

3.1.3 VARIABLES DE OPERACIÓN.

Las variables de operación son las siguientes :

1. Velocidad del Plato.
2. Angulo del plato.
3. Concentración de la solución a pasar por las boqui
llas.
4. Temperatura de la solución.
5. Densidad de la solución.
6. Viscosidad.
7. Diámetro y ángulo de las boquillas

C U A D R O N o . 4 .

V A R I A B L E S D E O P E R A C I O N .

P L A T O G R A N U L A D O R .

Rate Producción		
Plato Granulador		
Velocidad rpm		18 to. 19
Angulo de Inclinación		60
Número de Boquillas		
Solución 75% Urea de Planta		
Temperatura °C.	:	93
Concentración, fundición de granulado		
Temperatura °C.	:	135 - 141
Concentración %	:	98.5 - 99.5
Granulación		
Reciclo Temp. °C.	:	60
Relación reciclo	:	1.5 a 2.0
Temperatura granulador °C.	:	93 - 102
Temperatura del Enfriador °C.	:	43
Análisis Químico del Producto		
Total nitrógeno	:	45.5
Biuret	:	0.8
H2O (Karl Fisher)	:	0.1 to. 0.2
Recubrimientos		
Aceite	:	0.3
Arcilla	:	0.7
Análisis de Malla		
+ 5 malla (+ 4 mm.)	:	0
- 5 + 10 malla (-4 mm. + 1.7 mm).	:	85
- 10 + 16 malla (1.7 mm. + 0.99 mm).	:	15
- 16 Malla (-0.99 mm).	:	0

3.1.4 Descripción del Proceso de Granulación del Plato Granulador.

La Planta de urea, utiliza úrea fundida con 0.8% de agua y usa producto molido de su propia producción como alimentación sólida, la temperatura de la úrea fundida 141°C es bombeada al múltiple de sprays que están ubicados sobre el plato.

Cuando las partículas alcanzan el diámetro en el plato son descargadas por acción del Clasificador Natural - por la inferior del plato.

El plato puede tener movimiento para el lado derecho o izquierdo. El diámetro de la partícula y forma son influenciados por la rotación, velocidad, ángulo de inclinación del plato, temperatura material reciclado.

Hay tecnologías que han desarrollado métodos de granulación a alta temperatura en el plato granulador. La alta temperatura de granulación en el plato es desarrollada a pocos grados debajo de la temperatura de cristalización.

La temperatura del plato es regulada por la temperatura y por la cantidad del reciclo, cuando la temperatura del reciclo es 40°C y si se mantiene una relación de 1-1.5. La mejor granulación ha sido obtenida cuando la temperatura lecho es mantenida a 107°C - 121°C . Con este tipo de operación los gránulos, son blandos y logran una forma esférica por rotación en el plato. Una ventaja de alta temperatura en el plato es que los gránulos son fuertes, más que los obtenidos por la tecnología de baja temperatura.

En la tecnología de baja temperatura, la temperatura del lecho es mantenido a 93°C - 102°C teniendo en cuenta

ta que la temperatura de fundición es 132°C . El producto de salida del granulador está a temperatura de 66°C .

Las partículas de sobrediámetro son pasadas a la chancadora donde se les reduce el diámetro para después reciclarlos al proceso vía Scruber húmedo. Las partículas de menor diámetro son recicladas al proceso como "Recupero" como producto enfriador a 43°C .

En el diagrama No. 6, 7, 8, se muestran esquemas de proceso del Plato Granulador.

3.1.5 Comparación de Costos, Granulado y Prillado.

El costo relativo de prilling y varios métodos de granulado depende sobre la escala de operación.

Las Plantas de Urea que producen Urea Prillada a bajo costo, en cambio las Plantas de Urea que producen Urea Granulada, tienen pequeñas diferencias en sus costos con respecto a Torre Prilling. Algunas Torres Prilling de Plantas que operan sin sistemas de control de emisión de efluentes están teniendo serios problemas con las normas reguladoras de control ambiental.

El sistema de remoción de partículas que se emiten por el tope de la Torre Prilling consta de un Scruberg, Bombas, Líneas, Ductos de Colección de Aire con partículas de urea.

Por ejemplo una Planta de urea con una producción de 1200 Tn./Día, por ejemplo requiere de US. \$850,000 para la instalación del sistema de control de polvos.

En el Diagrama No. 9, se presentan estos estimados, para la Torre Prilling, para una Planta de 510 Ton. de Urea 5.5 Mts. de diámetro, el costo total del granulador con su unidad de enfriamiento es aproximadamente de US \$300,000.-

C U A D R O N o . 5 .

C O N S U M O D E S E R V I C I O S .

PLATO GRANULADOR .

Vapor

Kg./Tm. Urea

59

Potencia Eléctrica

KWH/Tm. Urea

15

CALIDADES DE PRODUCTO DE UREA OBTENIDO

DEL PLATO GRANULADOR .

Plato Granulador

1 mm. - 4 mm.

PROCESO PLATO GRANULADOR

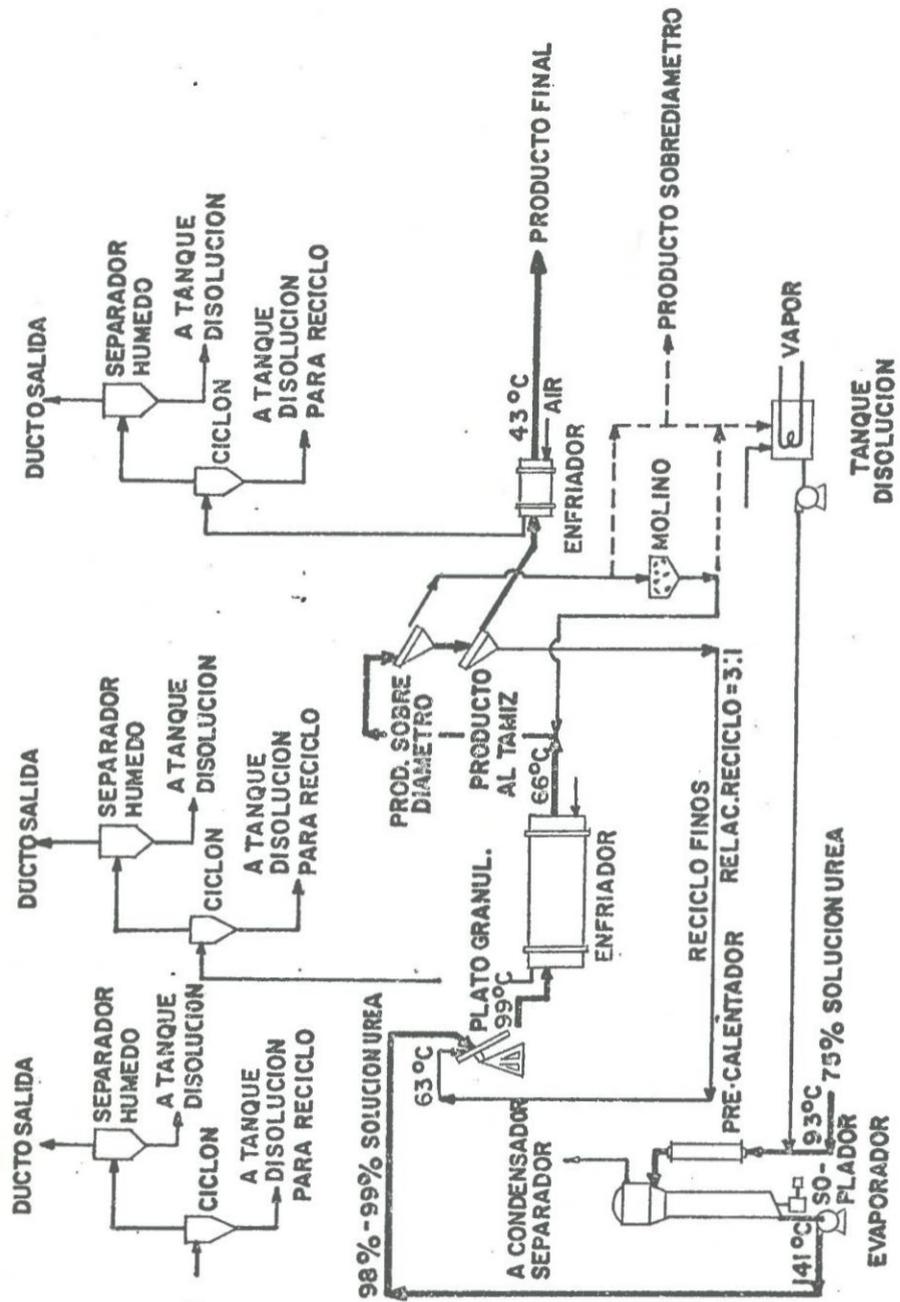


DIAGRAMA DE PROCESO PLATO GRANULADOR

PLATO GRANULADOR

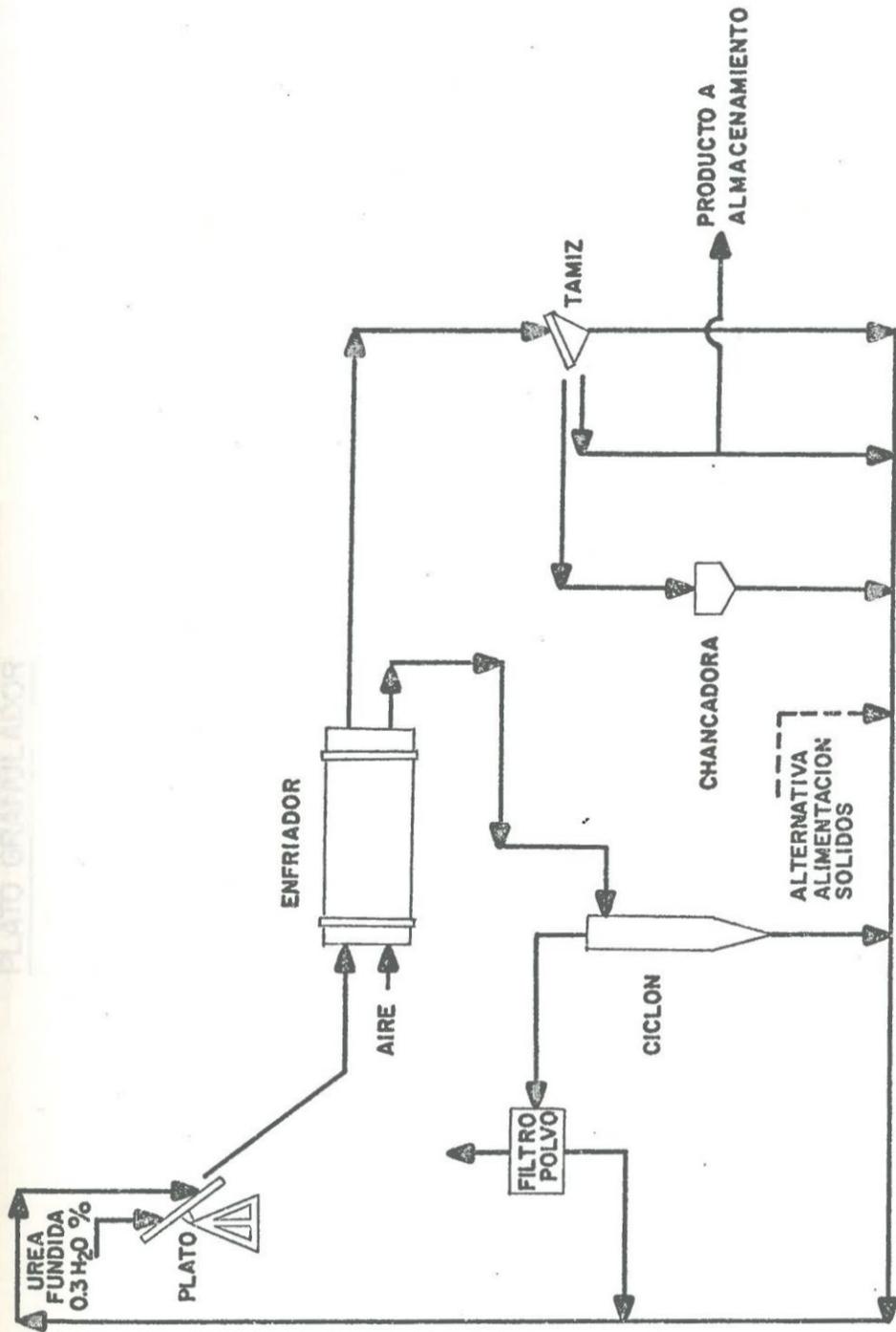
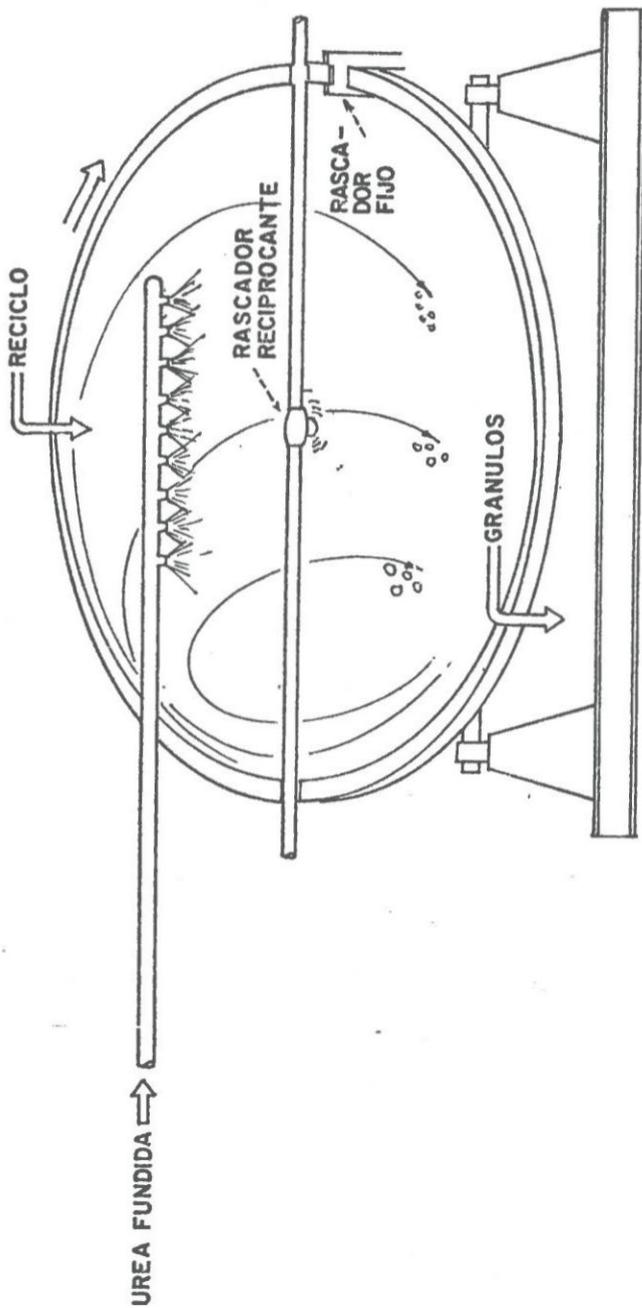
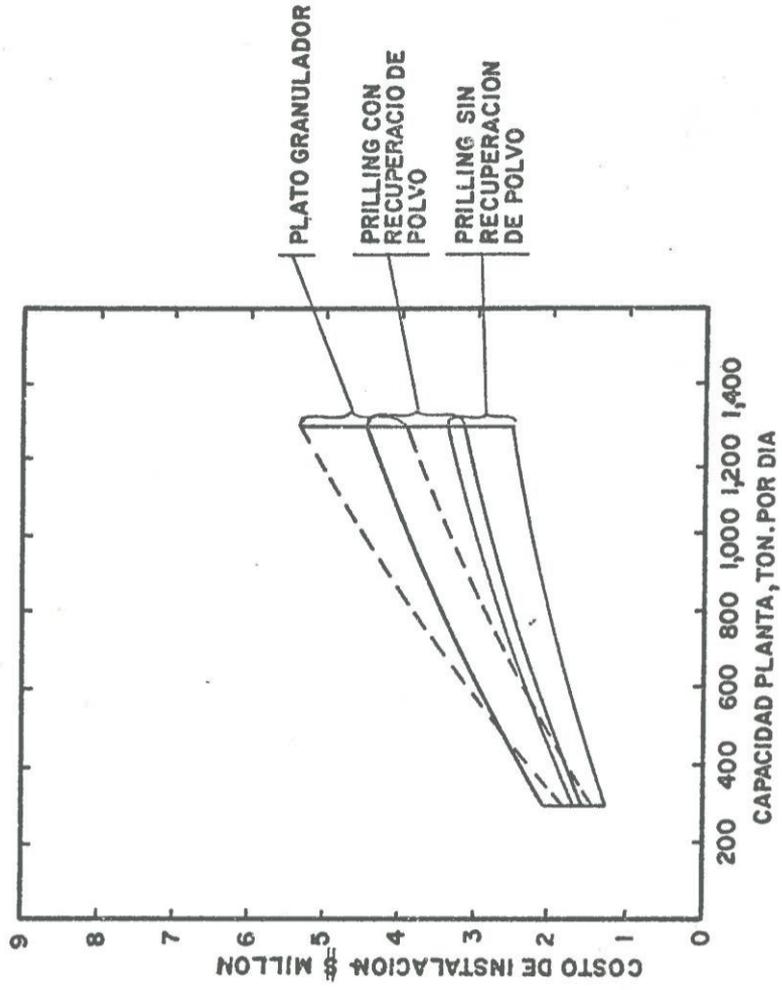


DIAGRAMA No. 8

PLATO GRANULADOR



COSTOS DE INSTALACION PLATO GRANULADOR Y PRILLING



3.2 Drum Granulador.

La producción de úrea granulada a partir del Drum Granulador-Rotatorio de Urea. De acuerdo a los Informes Técnicos recientes la solución de úrea con más de 99% de concentración que provienen de la unidad de concentración convencional es introducida mediante spray al Granulador donde entra en contacto con la corriente de recirculación de finos.

La relación a reciclar es de 2 a 3 Kg./Kg., la granulación ocurre a alta temperatura y bajo contenido de humedad después de la granulación el material fluye hacia un enfriador el cual puede ser un drum rotatorio o del tipo lecho fluido, donde algo de humedad es removida y la temperatura de material. Después del enfriamiento el material es tamizado cuyo diámetro es mayor es reducido y conjuntamente con los de menor diámetro del proceso son reciclados al proceso.

En el diagrama No. 10, se muestra un esquema de proceso del Drum Granulador.

En el diagrama No. 11, se muestran los costos del Drum Granulador.

3.2.1 Condiciones de Operación.

Concentración de Urea.	:	99.7%
Relación de Reciclo	:	2 - 3.
Análisis :		
H ₂ O	:	0.1
Biuret	:	0.9
Análisis Malla	:	- 6/+ 10
Dureza	:	1.15 Kg.
Densidad Aparente	:	0.76 Kg./Lt.

DIAGRAMA No. 10
DRUM GRANULADOR

COSTOS DE INSTALACION Y FRILLING

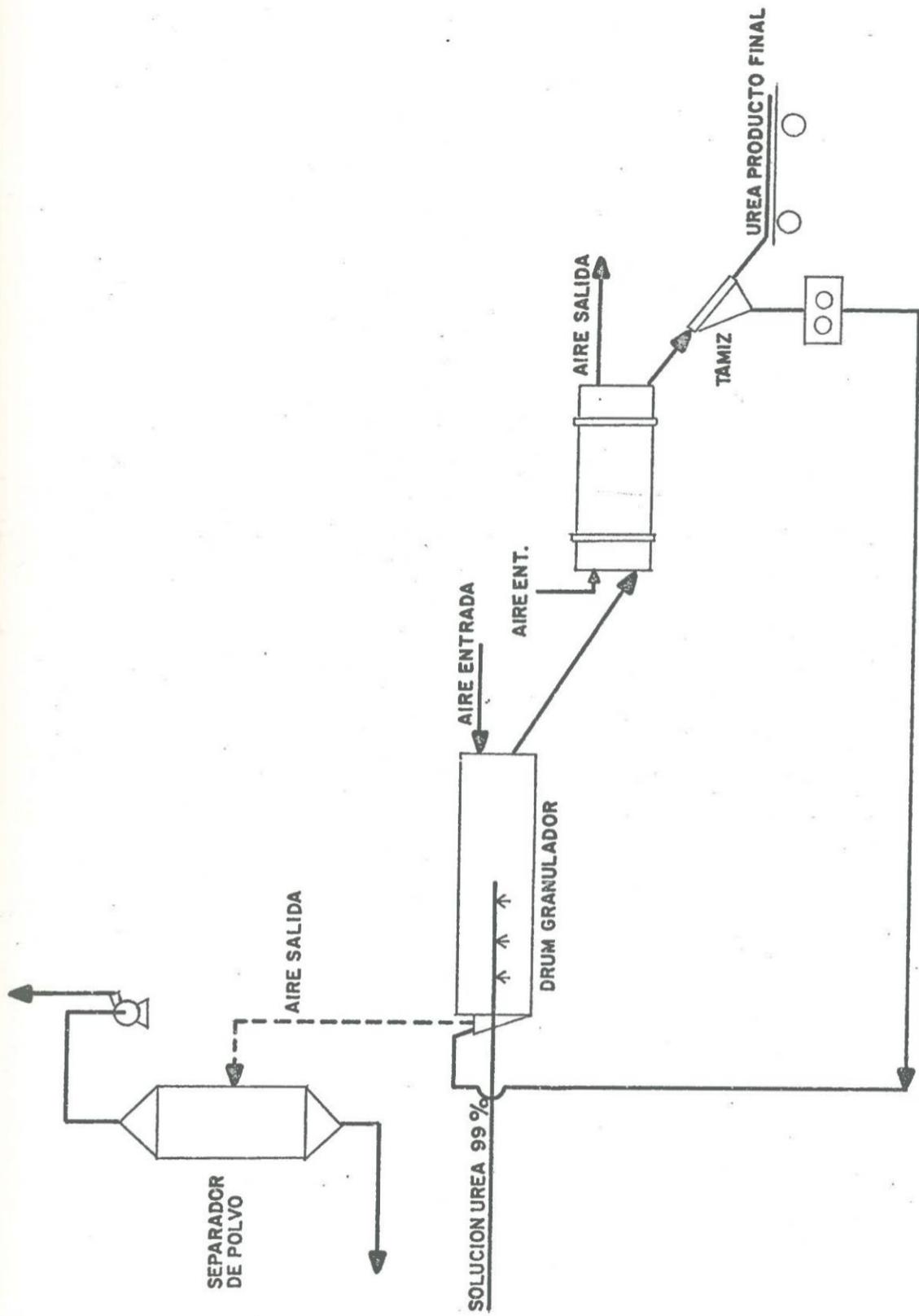
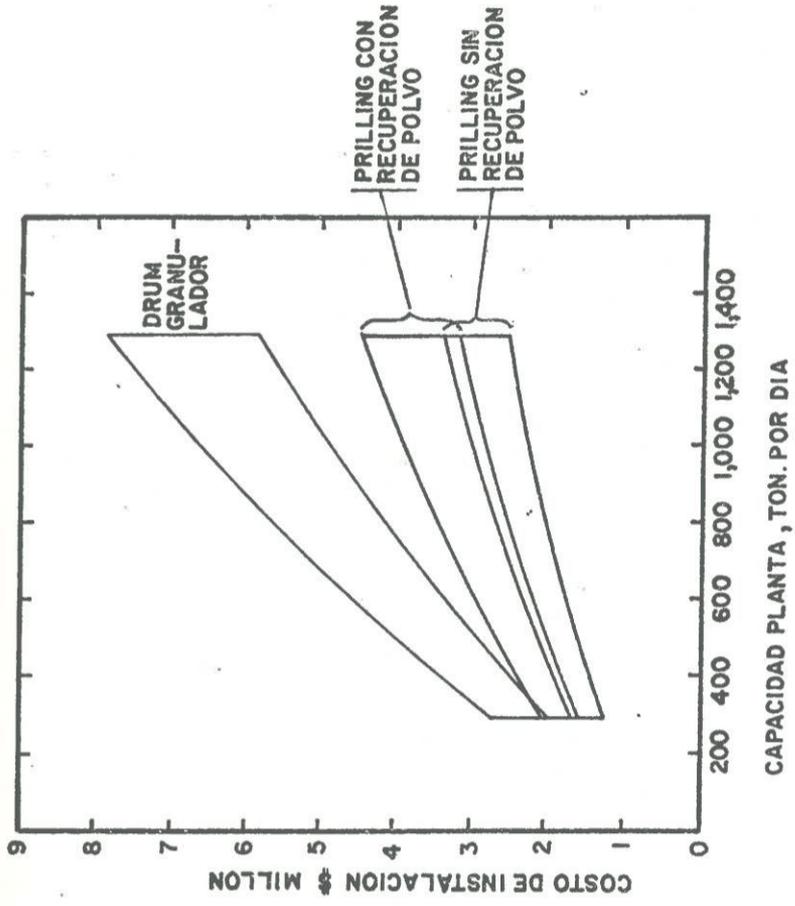


DIAGRAMA No. II

COSTOS DE INSTALACION DRUM GRANULADOR Y PRILLING



3.3 Lecho Fluidizante.

El proceso de granulación mediante ésta técnica es muy importante por que minimiza considerablemente los consumos de Energía, Costos de Oeración, Costos de Mantenimiento, Reducción - en Costos de Inversión; comparado con otras unidades de Granu lado.

Los gránulos obtenidos con ésta técnica tienen un promedio de 2 - 4 mm., con buenas propiedades físicas.

Los Costos de Inversión son bastantes bajos comparados con - los de las Torres Prilling, Equipos del Sistema Granulado son de menor espacio con respecto a las inmensas Torres de Prilling; sin embargo, el diámetro de las partículas de Prilling - de menor diámetro con respecto a las partículas de la obten-- ción por granulación por Lecho Fluído.

3.3.1 Descripción del Proceso.

Las características principales del proceso son :

- . El uso de la solución 95% como material de alimenta-- ción, el cual evita el requerimiento para concentra-- ción final, así se reduce los costos de operación de la Planta.
- . El bajo reciclo de solución razón de 4% desde la unidad - de granulación a la Planta.
- . El Sistema de Enfriamiento, el cual puede ser adapta-- do al requerimiento tomando en cuenta los costos de Energía.

El diagrama No. 12, muestra los flujos del proceso , en la cual se aprecia el flujo suministrado de solu--

ción de úrea a 95%, Temperatura 130°C - 135°C , es pasado en unas boquillas los cuales atomizan la solución de úrea en el granulador y los gránulos son mantenidos en el lecho fluidizante. Las boquillas de inyección están ubicadas en la cama del lecho fluidizante, requieren de aire comprimido de baja presión, que es alimentado por un soplador y calentado a 145°C . El aire del ambiente es usado como gas fluidizante en el lecho. Este aire es extraído por el tope del granulador hacia el Scrubber para posteriormente reciclarlo al proceso en forma de solución.

El producto granulado es extraído del granulador por un vibrador extractor y pasado a través de un enfriador y un clasificador de partículas, el cual separa a los gránulos que están dentro de especificación.

Los gránulos chicos son reciclados directamente al granulador, los gránulos grandes son reducidos de diámetro y reciclados al granulador. El producto que está dentro de especificación es almacenado.

3.3.2 El Granulador.

Las boquillas rociadoras de úrea, están ubicadas en el lecho fluidizante del granulador, los conos rociadores, están completamente sumergidos en el lecho. El diseño especial de las boquillas de los rociadores, permite que la solución de úrea sea rociada o esparcida por medio de aire de baja presión.

En los diagramas No. 13 y No. 14, se muestran vistas del Granulador.

Los gránulos que proceden de la chancadora, son usados como generador lento de gránulos, el diámetro promedio de éstas partículas son menores que el producto final.

La investigación efectuada en el microscopio demuestra que la formación de los gránulos es por capas sucesivas por determino tiempo, la solución goteada se solidifica gota a gota, así continuamente el agua es evaporada y esparcida con aire durante el proceso de granulación. La humedad residual que contiene es tan bajo como en otros procesos de granulación.

El diámetro promedio de las partículas es superior al obtenido en otros sistemas fluidizante, los inconvenientes de obtener gránulos grandes es que no permiten una buena fluidización causando una formación irregular del diámetro de las partículas que se están generando.

Las características principales de éste sistema de granulación de la Planta, es la razón de Reciclo de granos chicos y grandes, son ajustados a niveles muy bajos.

En operación normal, la proporción del producto final es de 0.4 : 1 comparado a 2 : 1 de otros sistemas.

3.3.3 Diámetro Promedio del Producto.

El diámetro promedio de las partículas se controla regulando la malla del tamiz clasificador y del rodillo molidor.

Estos ajustes determinan la relación de reciclo al regulador determinándose así el número de núcleos por unidad de tiempo sobre el cual el flujo total de solución será rociada.

La distribución del diámetro de la partícula es gobernada de acuerdo a los planes de producción. Este sistema puede diseñarse para producir un promedio de diámetro del grano de 2 - 3 mm.

3.3.4 Confiabilidad en la Planta.

El Granulador es un equipo que no requiere de mantenimiento continuo, puede operar en forma continua por espacio de 345 días por año.

3.3.5 Control de Contaminación.

Los equipos del Sistema Control de Emisión de Polvos tienen una eficiencia evitándose así una contaminación del medio ambiente, cumpliéndose así con las legislaciones de regulación ambiental.

3.3.6 Breve Historia del Desarrollo del Proceso.

Esta tecnología ha venido probándose en Planta Piloto desde 1970. El producto ha sido aceptado en el mercado.

La Primera Planta ha sido instalada en el año 1978, la capacidad de 800 T/D.

La experiencia adquirida durante la operación de las instalaciones por más de un año demostró que el actual granulador es un equipo de alta confiabilidad, el cual puede ser mantenido en operación por varios meses, requiere poco mantenimiento.

Se ha observado problemas de ensuciamiento en el lecho fluidizante, puede tener problemas de interferencias con la operación.

El diámetro de la partícula puede ser ajustado de 2 a 5 mm.

3.3.7 Consumo de Servicios.

Los consumos dependen de las condiciones del clima local y de las regulaciones del control del medio ambiente.

Consideramos primero una instalación típica :

a. Clima de humedad Sub-Tropical donde se necesita deshumidificador o enfriador final de aire.

- . Temperatura final del producto 40°C.
- . Requerimientos de estricto control de polución.
- . Alimentación a la unidad de granulación 95°C. de solución.

Los consumos específicos son como sigue :

- | | |
|--|--|
| . Energía Eléctrica | 43 Kw./H. |
| . Vapor de Alta | 40 K/Tn. de Urea |
| . Agua de Enfriamiento | 2 Mt. ³ /Tn.
(por enfriado). |
| . Urea Reciclada en Solución
a la Planta. | 40 Kg./Tn./45°C. |

b. Si no necesita unidad de deshumidificación, la reducción en 8 Kw./Tn. Urea.

3.3.8 Mecanismo de Granulación.

Esta tecnología consta de un lecho del tipo surtidor o chorro el cual es formado dentro de una columna.

La tecnología de granulación de lecho fluído, está formado dentro de una columna con el fondo cónico que tiene surtidor, es formado dentro de una columna con fondo cónico que tiene una abertura en el ápice del cono - para la intróducción del aire. El surtidor es formado por una corriente a chorro ascendente de aire intróducida dentro del lecho de partículas.

Las partículas son levantadas en el centro, caen dentro del espacio anular alrededor de la fuente y se mueven uniformemente hacia abajo, por lo tanto, se consigue un movimiento cíclico ordenado de partículas y un buen contacto gas - sólido.

Esta nueva tecnología, el lecho fluído consiste de partículas de úrea, que se van a granular (semillas) y la solución de úrea es inyectada al lecho. Las partículas crecen debido a que continuamente se deposita en ellas, una capa delgada de solución de úrea.

En resúmen en el granulador tipo lecho fluído se realizan tres funciones : **Enfriamiento, Secado y Suspensión.**

3.3.8.1 Enfriamiento.

La mitad del total del enfriamiento conseguido en el sistema de granulación es removido por - el aire en el granulador. La alta temperatura de la solución de úrea alimentada al granulador

es rápidamente enfriada y la formación de biuret es minimizado.

3.3.8.2 Secado.

El contacto eficiente del gas sólido, hace posible evaporar el agua de la solución de úrea alimentada durante el curso de la granulación.

Debido a la función de secado del granulador , ya no es necesario conseguir concentraciones de soluciones tan altas como 99.5% o más para obtener un producto cuyo contenido de humedad final menor de 0.3%.

El producto obtenido tiene un bajo contenido de biuret, además de menor requerimiento de servicios auxiliares en las etapas de evaporación en la Planta de Urea.

3.3.8.3 Suspensión.

La granulación (deposición y solidificación de la solución de úrea alimentada) es completada en suspensión antes que la partícula caiga a la superficie del lecho. Aún las partículas grandes se pueden emerger fácilmente debido a que la cantidad de aire requerido tiene poca dependencia con el tamaño de la partícula.

3.3.9 Calidad del Producto.

Este proceso proporciona un producto adecuado para la fertilización, para mezcla a granel, roceado aéreo, ade

más tiene alta resistencia a la fractura y aglomeración durante su almacenamiento y transporte.

3.3.9.1 Biuret.

Debido a la ya mencionada función de enfriamiento la formación de biuret a través de éste sistema de granulación es menos de 0.05% WT., con secuentemente se espera que el contenido de biuret del producto sea menor que 0.8%.

3.3.9.2 Humedad.

Debido a la ya mencionada función de secado se puede obtener fácilmente un producto de bajo contenido de humedad (menos del 0.2% WT).

3.3.9.3 Dureza.

la dureza del producto es incrementada ya que el contenido de humedad es reducido. Los gránulos de 3 mm. de diámetro tienen dureza de triturado de 2 Kg.

3.3.9.4 Forma de Partícula.

Se obtiene un producto más esférico y de forma más uniforme debido a la ya mencionada función de suspensión y el mecanismo de crecimiento.

3.3.9.5 Tamaño de la Partícula.

El tamaño del producto puede ser escogido fácilmente cambiando el tamaño de las mallas. - Por lo tanto, dependiendo del mercado, se puede obtener distribución de tamaño óptimo. La misma Planta puede producir granos de diferentes grados, grado mezcla granel (2 - 4 mm.) si no también monofertilizantes (1 - 3 mm.), grado forestal (3 - 5 mm.).

3.3.10 Planta de Menor Costo.

En ésta Planta la razón de recirculación es más baja - que aquellas que usan otros productos de granulación debido a la ya mencionada función de enfriamiento. Para la distribución de tamaño convencional del producto tal como grado mezcla a granel, la relación de recirculación es 0.5 - 1, para distribuciones de tamaño más grandes tales como super granos, se torna más bajo (0.3 - 0.5). - Esta baja razón de recirculación significa una reducción en el tamaño y número de unidades auxiliares tales como transportadores, tolvas, mallas. En adición el enfriador es más compacto y no se requiere acondicionamiento - de aire aún en localidades con altas temperaturas ambientales de 35°C.

Estos factores favorables y el granulador más compacto, hacen que se tenga un menor costo de inversión y un área de planta más pequeña que son beneficios importantes comparados con el proceso de prillado, los trabajos de obra civil y edificación son más fáciles, por que no se usan Torres de Prilling. Esto es especialmente ventajoso para lugares con pobres condiciones de terreno.

Este proceso de granulación es especialmente fácil en su operación :

- El arranque y las paradas son muy fáciles. El tiempo requerido para alcanzar la operación estable es muy corto, menos de una hora.

El primer y principal paso del procedimiento de parada es parar la alimentación de la solución de úrea - que es seguido por una serie de operaciones de rutina de acuerdo a los requerimientos de Parada.

- El rango de temperatura del lecho adecuado para una buena granulación es muy amplia ($60 + 100^{\circ}\text{C}$) esto no requiere un estricto control de la temperatura del lecho. Esta flexibilidad es muy útil contra los cam bios de temperatura ambiente.

3.3.11 Requerimientos Operacionales.

1. Consumo de Servicios.

Los consumos promedios esperados de servicios por tonelada de granos de úrea bajo operación total a condiciones de diseño normales son las siguientes :

Vapor 1	0.01 st/st	úrea
Energía Eléctrica 2	34 Kwh/st	úrea

2. Personal Operativo.

El número de personal requerido para la operación de la planta es :

Capataz y Operador por Turno.

3.3.12 Comparación con Prilling.

El costo de producción de úrea granulada, con ésta tecnología ha sido marcadamente menor, sobre todo en lo que respecta al consumo de energía es bastante baja.

Tomando como referencia una Planta de Urea como la del presente estudio :

a) Planta A.

Planta de Urea con Torre Prilling, consiste de :

- . Planta de Solución.
- . Concentración Final arriba de 99.8%.
- . Sistema de Secado, Transporte Neumático, Fundidor y Enfriador final.

b) Planta B.

- . Planta de Solución.
- . Concentración arriba de 95%, además de tratamiento de reciclado de granulación.
- . Planta de granulación completa de simple conducción.

3.3.12.1 Consumo de energía.

- . Vapor.

Tomando en cuenta el consumo de vapor en la Planta "B" es 50 Kg./Ton. Urea menor que la Planta "A".

. Electricidad.

La Planta "B" de granulación usa 15 Kwh/Tn. más que la unidad "A", tomando en cuenta la energía para la bomba de agua de enfriamiento desde el punto de vista del consumo de energía, tomando el respectivo costo vapor y electricidad, Prilling, Granulación son prácticamente iguales.

3.3.12.2 Inversión.

Estudios efectuados, demuestran que la inversión en lo que se refiere a costos, son más bajos para la granulación Planta "B" comparado con la Planta "A".

La comparación de instalación de los tipos descritos arriba es aproximadamente US \$1.3 - Millones, para la Unidad de Capacidad 1000 TDP (Capacidad). La diferencia es debido al hecho que la Unidad de Granulación no incluye etapa de concentración final de Torre Prilling.

La diferencia de costos, de producción entre prillado y granulado se muestran en el Cuadro No. 6.

C U A D R O N o . 6 .

DIFERENCIA DE COSTOS DE PRODUCCION PARA LA

UNIDAD 1000 T/D.

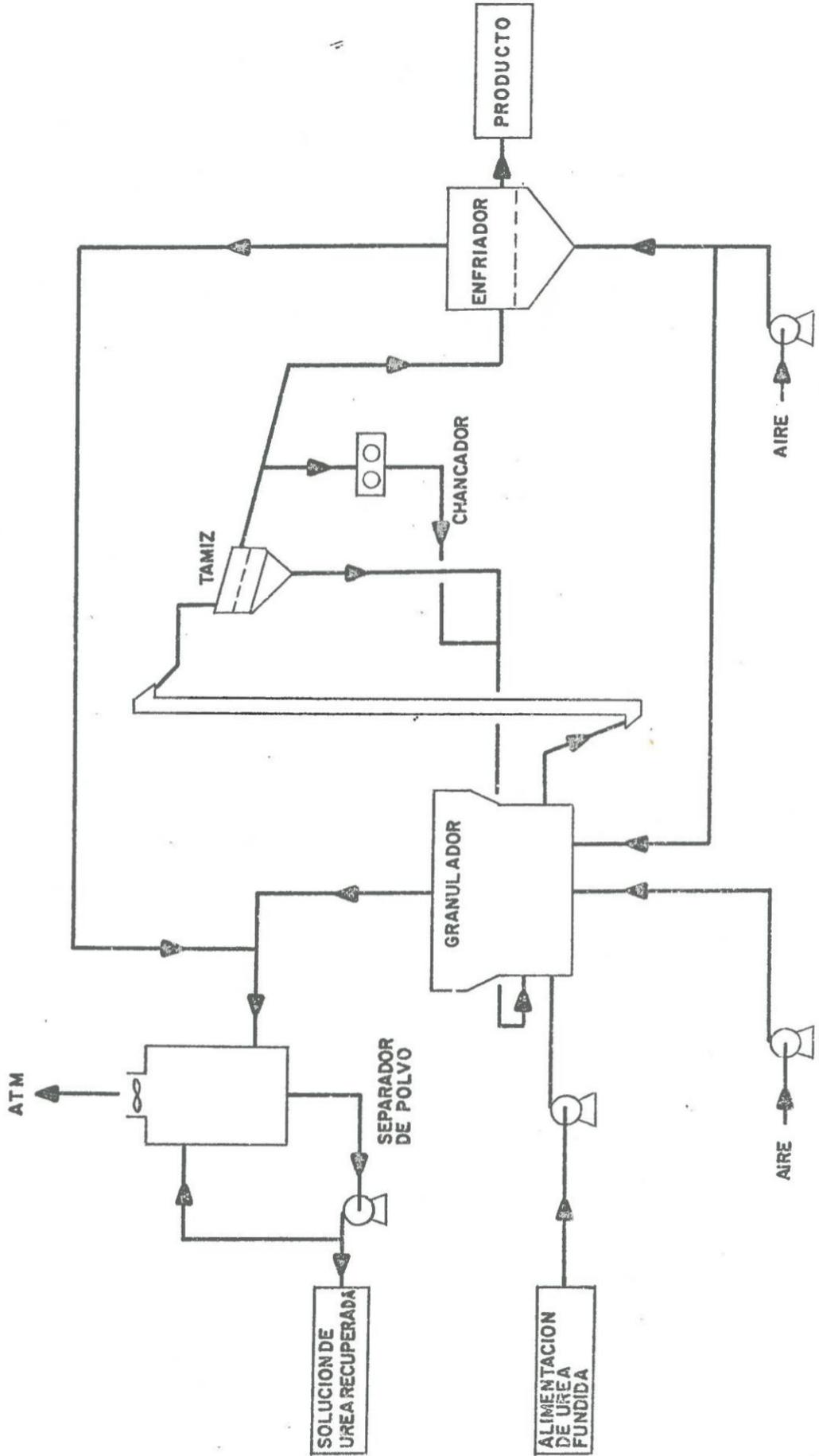
Signos negativos indican una ventaja para la granulación en comparación con Prilling. :

Producción Anual.	330,000 T.
Diferencial de Costo de Operación.	- US \$1'300,000
Diferencial de costos de Producción.	
Vapor \$ 10/+ (-0.05 +/-T. úrea).	- \$ 0.50 T.
Corriente A \$ 0.035/Kwh/(+15 Kwh/T. úrea).	+ \$ 0.52 T.
Labores.	- \$ 0.16/T.
Mantenimiento.	- \$ 0.16/T.
Total.	- \$ 0.14/T.
Depreciación (10 Capital) .	\$ - 0.39 T.
Pre Tributo (15% Capital).	\$ - 0.59 T.
Total Costos de Producción.	\$ - 1.12/T.

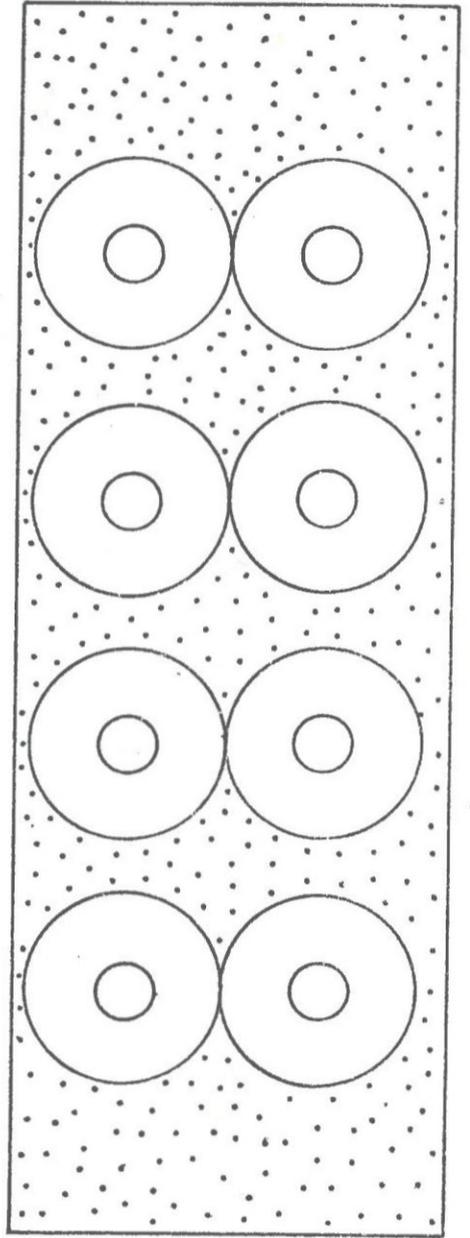
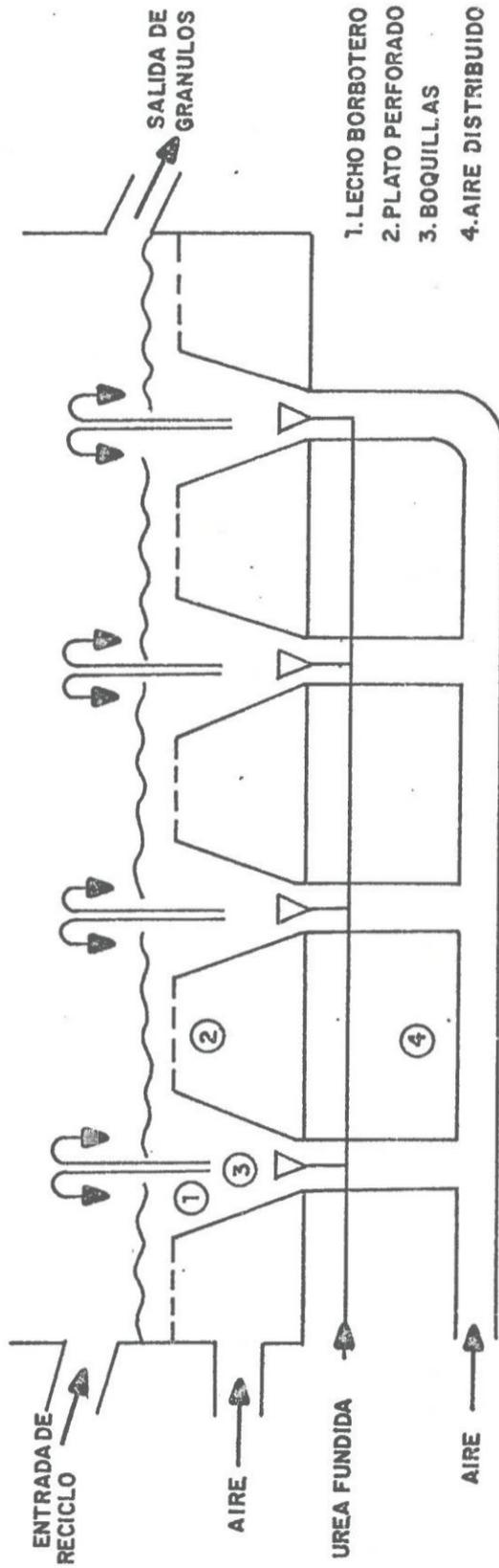
La tecnología lecho fluidizante tiene las siguientes ventajas :

- . Bajo consumo de energía equivalente a la de Prilling.
- . Bajos costos de Producción.
- . Excelente Calidad del Producto Granulado.
- . Alta confiabilidad, Simplicidad y Flexibilidad.

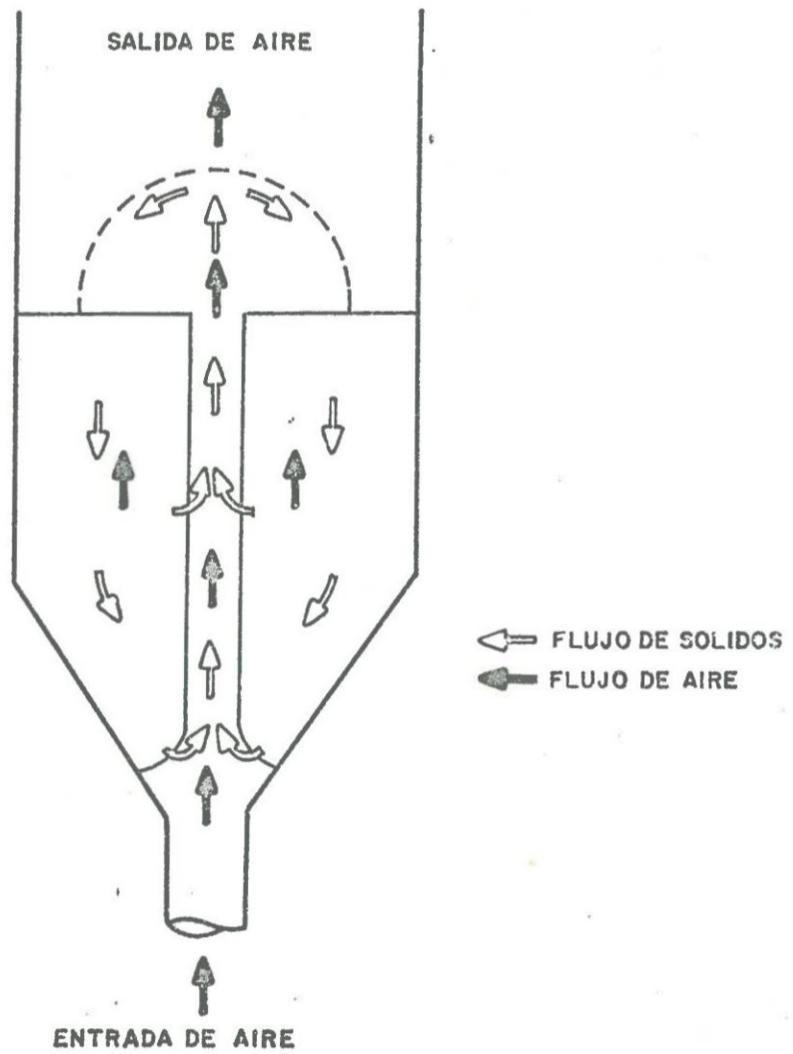
GRANULACION LECHO FLUIDO



TIPICO GRANULADOR



FLUJO DE SOLIDOS Y AIRE EN EL LECHO DE BORBOTEO



3.4 Esferodizador.

La granulación ocurre dentro de un Drum Giratorio, con un diseño interno especial. En éste equipo se cumple dos funciones de granular y enfriar la úrea.

La úrea fundida es rociada dentro del Drum Giratorio, donde se produce una cortina de caída de gránulos que posteriormente son descargados a un lecho fluidizante donde son enfriados, además al drum giratorio se le inyecta aire que produce el enfriamiento de los gránulos fundidos por efecto de la evaporación de una cortina de agua dentro del drum a través de unas boquillas.

Los gránulos luego son transportados a un cedazo donde se clasifican dentro de los rangos diseñados y aquellos que están fuera de especificación (Dimensiones mayores o menores), son reciclados al granulador previo fundido.

El producto de dimensiones menores es colectado y reciclado. Esto es para mantener una determinada formación de gránulos por unidad de peso en la corriente del proceso, los gránulos que se usan predominantemente de diámetro de malla 20 a 35 (0.84 - 0.42 mm. diámetro) y son obtenidos por el aplastamiento de los productos de sobre medida, las partículas más pequeñas de 35 mesh - (0.42 mm. diámetro) generalmente son refundidas.

Cuando se producen gránulos de 2.4 mm. (malla 8), la relación de peso del generador de gránulos hacia el producto es de 1: 5, si no son obtenidos los suficientes generadores como gránulos - sobre medidos molidos.

La úrea fundida está normalmente a una temperatura de 135°C - 141°C, cuando es rociada dentro del granulador, la temperatura de los gránulos a la salida del granulador es de 82°C - 99°C y del enfriador están saliendo con 49°C - 60°C.

El calor liberado por libra de úrea granulada es de 176 BTU. -
El calor de fusión de la úrea es de 104 BTU por libra.

El flujo de aire en el granulador es $3,500 \text{ Ft}^3/\text{Min.}$ ($99 \text{ Mt}^3/\text{Mi}$) en la proporción del diseño debido a la atomización del agua - que es evaporada en el flujo de aire. El agua absorbe 1068 BTU por cada libra (593 Cal/g) es evaporada y calentada a la temperatura del aire saliendo del granulador que es 49°C aproximadamente 71 litros de agua evaporada por cada tonelada (907 Kg.) de úrea granulada producida y en una evaporación del agua saca un 45% del calor liberado en el proceso o 335,000 BTU por hora.

Los gránulos de úrea son Higroscópicos por eso el agua es atomizada en el granulador en el sector libre de la caída de gránulos de úrea para prevenir contacto directo de la neblina de agua con la úrea.

También la humedad en el aire es controlada para prevenir excedentes de la humedad crítica de la úrea.

Cuando los gránulos salen del granulador a una temperatura de 97°C empiezan a absorber humedad. Si el agua que contiene el - aire entra en contacto con ellos, alcanzan una humedad de 0.27 Lb. de agua por libra de aire secado (34% de humedad relativa - para un aire de 97°C).

Los gránulos chicos son reciclados al granulador a una temperatura de 140°F , el cual absorben humedad al entrar en contacto - con el aire, con una humedad más de 0.081 libras de agua por libra de aire de secado (58% de humedad relativa para aire a 140°C .). El aire absorbe humedad al pasar a través del granulador y de éste modo sale con concentración de humedad; por consiguiente es pasado del granulador en contra-corriente con la úrea para reducir el riesgo de absorción de humedad.

Los diseños consideran la concentración de la humedad en el aire saliendo del granulador a 0.03 libras de agua por libra de aire secado, (40% humedad relativa para aire a 49°C).

Esto es basado sobre la entrada de aire húmedo de 0.01 libras de agua, por libra de aire secado (55% de humedad relativa a 24°C.) y sobre el flujo de aire a través del enfriador lecho fluidizante de 91 Mt³/min.

La esfericidad de los gránulos y su uniformidad del tamaño del producto final, puede ser controlado por la proporción rango de alimentación de reciclado y al rociamiento de la úrea fundida. El reciclado consiste solamente de gránulos muy chicos y de gránulos reciclados al granulador, es controlado por una faja alimentadora. El alimentador es montado sobre un eslabón para permitir la determinación de rangos de alimentación, el cual puede ser ajustado como la cantidad de reciclado es incrementado por rango de rociamiento, el tamaño del producto se vuelve más uniforme.

La relación alta del reciclado hace el producto extremadamente uniforme en el tamaño.

La baja producción del reciclado incrementa el producto sobremedido, esto es permitido hasta cierto punto por que el exceso de gránulos de sobremedida requerida de un consumo adicional de potencia para reducir su diámetro.

El aire que sale del granulador es lavado con una solución reciclada de Scrubber.

Los gránulos son cargados del lecho fluidizante son relativamente grandes y son colectados en un ciclón de caída horizontal de baja presión, los cuales son alimentados dentro de un elevador. El polvo generado en el sistema generador es recuperado por un ciclón.

En el diagrama No. 15 y No. 16, se muestran esquemas de proceso esferodizador y el detalle del mismo equipo granulador. En el cuadro No. 9, se indican los costos de producción del esferodizador.

3.4.1 Equipos de este Sistema de Granulado.

El Drum Granulador del diagrama No. 16, tiene un diámetro de 2.13 Mts. y 3.05 Mts. de largo, así mismo tiene 40 paletas instaladas en el Drum en un intervalo de 9° , las paletas son rectas con un área plana de 0.076 de ancho y 2.7 Mts. de largo, son instaladas paralelamente al eje del Drum y son inclinados más adelante de 15° y más adelante de la perpendicular del casco del Drum.

La úrea fundida es distribuida en el granulador a una presión 1000Lb./Cm^2 , a través de un cabezal calentado con vapor en el cual puede contener hasta 27 boquillas rociadoras 9.7 cm. de separación. La úrea fundida es obtenida en recipiente calentado con vapor que previamente pasa a través de un filtro.

Luego es bombeado al cabezal, en el cabezal hay boquillas que varían en su tamaño, desde un diámetro equivalente a 0.53 mm. a 0.91 mm. La úrea fundida alimentada por el Melter es colectado en un pequeño tanque de bombeo; este tanque y la tubería del fundidor son diseñados para minimizar la formación de Biuret. La úrea fundida es alimentada desde el fondo del tanque por bomba de doble pistón de acción.

En el estado de fundido la úrea no debe permanecer más de 30 Seg. por la formación de Biuret. El material de las boquillas y de las líneas es de acero inoxidable 316

y el material de bomba es de acero inoxidable 304.

Dentro de un recipiente hay agua a presión, pasa a través de boquillas para ser atomizadas, el aire pasa en contra corriente al agua a través del Drum Granulador.

El Enfriador Lecho Fluidizante, tiene una cama de un área determinada.

Después del cedazo hay un clasificador.

El aire para la fluidización y enfriamiento es suministrado por dos (2) sopladores centrífugos.

El producto grande es pasado a través de un Martillo Molidor, cuya velocidad puede ser ajustada para optimizar la eficiencia de formación de gránulos.

El material molido es alimentado al separador de polvo.

Se requiere un motor de 300 Hp. para que genere una velocidad de 10 rpm., al Granulador que corresponde a una velocidad esférica de 375 pies/min.

En el Cuadro No. 7, se muestran los datos típicos de operación del granulador esferodizador.

En el Cuadro No. 8, se indican los consumos de éste proceso.

C U A D R O N o . 7 .

DATOS TÍPICOS DE OPERACION

GRANULADOR ESFERODIZADOR DE UREA.

Temperatura de Fundición.	132.6 °C.
Concentración de Urea Fundida %.	99.3
Otros Productos %.	0.06
Rate de Producción (5.5 Mts. diámetro del Drum).	500 T/D.
Relación de Reciclo.	2 - 3
Temperatura de Producción °C.	43

C U A D R O No. 9.

COSTOS DE PRODUCCION DE ESFERODIZADOR.

Labor.

. Operación.	0.54
. Mantenimiento.	0.57
. Labor.	0.11
	<hr/>
TOTAL	1.22

Materiales.

. Mantenimiento.	0.57
. Operación.	0.12
	<hr/>
TOTAL	0.69

Servicios.

. Vapor.	0.23
. Agua de Enfriamiento.	0.04
. Electricidad .	1.31
	<hr/>
TOTAL	1.58

Costos Generales.

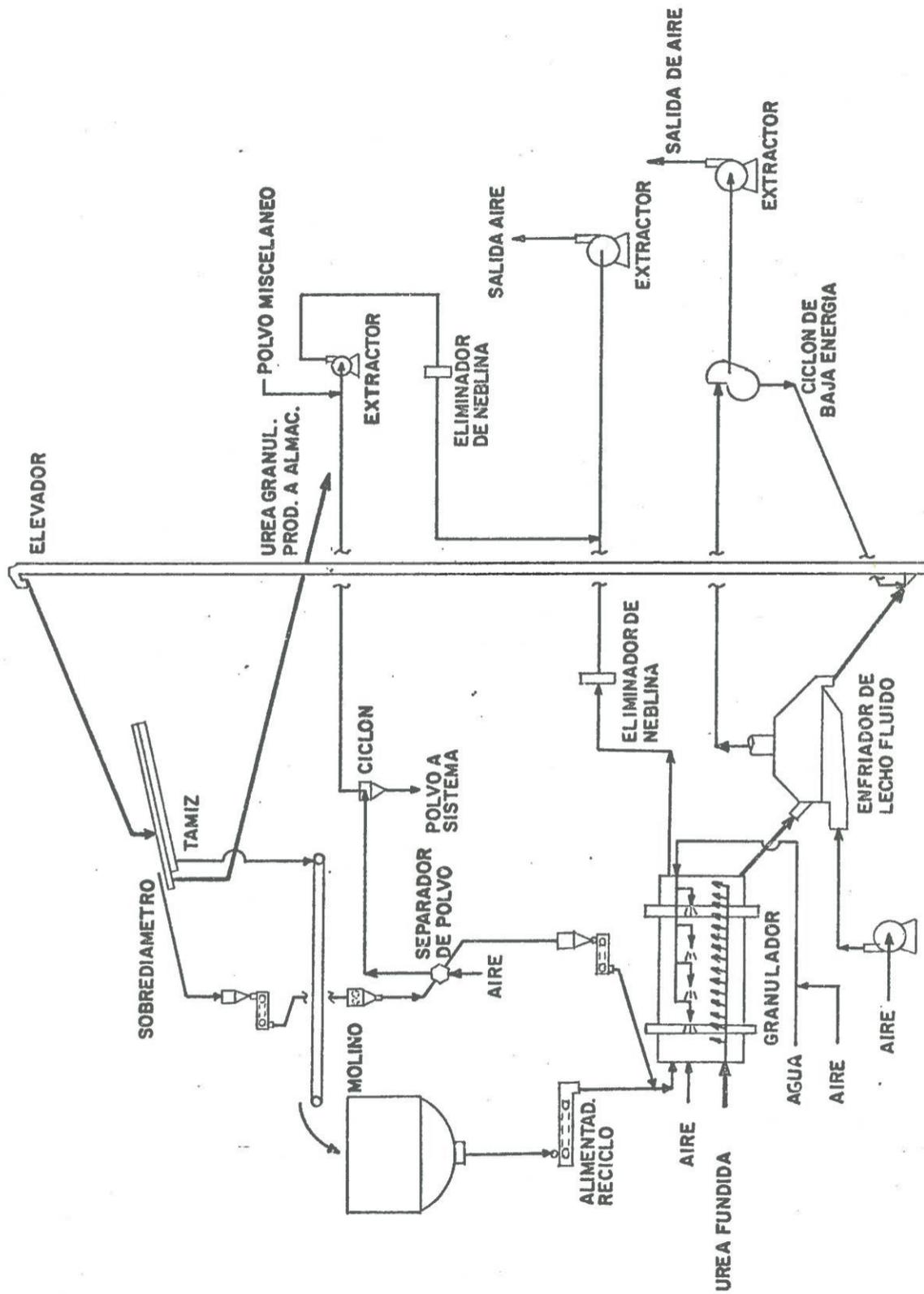
. Gastos Generales de Planta.	1.22
. Impuestos y Seguros	0.38
	<hr/>
TOTAL	1.60

Capital.

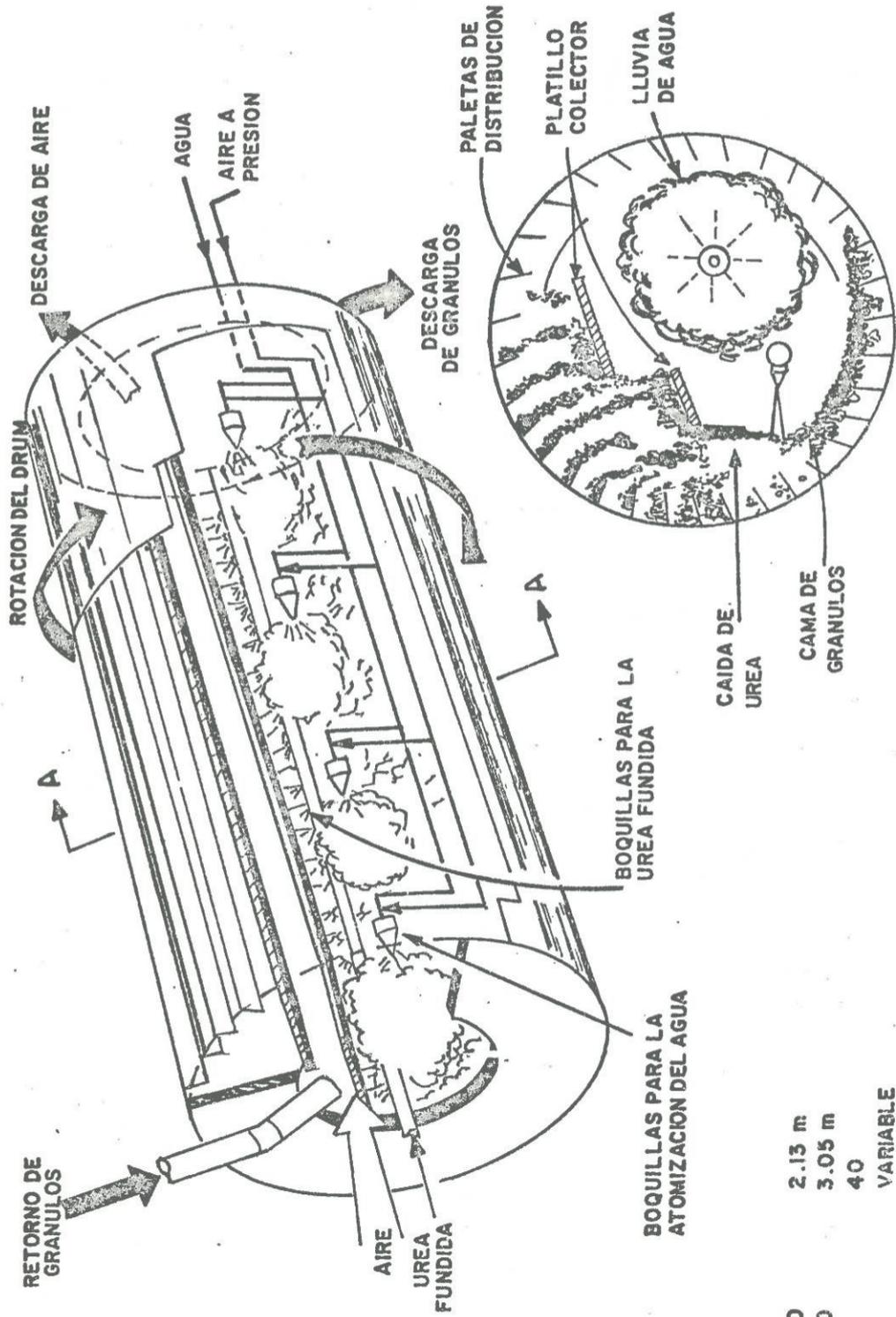
. Depreciación	1.91
	5.52
. Capital de Trabajo o Interés	0.05
	<hr/>
	7.48

\$ 12.57/ Ton. Urea.

ESQUEMA DEL PROCESO GRANULACION POR ESFERODIZADOR



DRUM GRANULADOR



SECCION A-A

DIAMETRO	2.13 m
LONGITUD	3.05 m
PALETAS	40
RPM	VARIABLE

IV. SELECCION DE LA TECNOLOGIA DE GRANULACION DE UREA.

Las tecnologías que han desarrollado la fabricación de Urea Granulada y que han sido centros de observación para seleccionar la más conveniente para el cambio de tecnología de Prillada en Planta de Urea 510 T/D, son las siguientes :

- a. Plato Granulador.
- b. Drum Granulador.
- c. Lecho Fluidizante.
- d. Esferodizador.

Asimismo, a continuación se muestran algunas ventajas y desventajas de cada una de ellas, de las cuales servirán para seleccionar la tecnología más adecuada :

a. Plato Granulador.

- . No requiere de grandes instalaciones civiles, ni infraestructura sofisticada.
- . Las características obtenidas del Producto, es de Alta Calidad.
- . La Inversión Total es Baja, es del orden de \$2.8 millones.
- . Su operación es bastante flexible, versátil, produce partículas de diámetros diferentes de acuerdo a los requerimientos del mercado.
- . El arrastre de las partículas provenientes del plato son - del orden 3 - 5% de la producción neta del producto granulado.
- . La relación de reciclaje es de 1 a 2.
- . Existe amplia experiencia en la operación de éstos equipos lo que permite asegurar una operación confiable y continua.

- . Los costos de producción para la planta de 670 toneladas/D son \$ 8.67/Ton. y para una planta capacidad 510 Ton./día - son de \$ 7.56/Ton.
- . El plato granulador con su unidad de enfriamiento cuesta a próximadamente \$ 269,000.
- . Para una Planta de Urea cuya capacidad de producción es de 510 Ton./D., se requiere un plato granulador de diámetro - 5.5 Mts.

b. Drum Granulador.

- . Requiere de Alta Relación de Reciclo de 2 a 3.
- . Dentro del Drum se realizará la granulación, por ésta razón se requiere de velocidades bajas del aire para que no ocurran distorsiones con el roceado de úrea fundida dentro - del drum.
- . Los granos que se obtienen son de diámetro irregular.
- . De acuerdo a la información técnica, indican que el polvo arrastrado, fuera del equipo es del orden del 10 al 20% de la producción neta del equipo granulador.
- . Debido al fuerte arrastre de partículas polutantes se re- requiere de equipos adicionales, para contrarrestar la conta- minación ambiental.
- . El costo total de inversión para una planta de 510 Ton./D. de úrea, para éste tipo de tecnología es de \$ 4 Millones.
- . El costo de producción es del orden de \$ 12.57 Ton.

c. Granulación por Fluidización.

- . Es una tecnología bastante nueva, por lo que recién se está adquiriendo experiencia en su operación, de acuerdo a la -

información técnica indican que existen problemas en la operación del lecho fluido por obstrucciones de los conos de distribución, interrumpiendo la continuidad de la producción.

- . La Inversión Total para ésta tecnología es aproximadamente, \$ 1,3 Millones para una planta de 1000 TM./D. donde el 70% de éste costo es solamente del lecho fluidizante.
- . Esta tecnología requiere mayores servicios auxiliares, vapor de alta presión 15 Kg.-Cm.², es el consumo de energía eléctrica de 43 Kw/H.
- . La ventaja bastante notoria, es que tiene baja relación de reciclo 0.4-1.
- . El costo de producción es de \$ 7.5/Tn.

d. Esferodizador.

- . Esta tecnología es bastante compleja, introduce en el Drum, agua y aire, por lo que su control en la operación requiere extremos cuidados para evitar mala formación de gránulos.
- . El Drum Esferodizador, requiere una potencia tres (3) veces mayor que el Plato Granulador, aproximadamente 63 Kw/h.
- . Esta tecnología requiere de una Bomba de alta Presión para enviar la úrea fundida al cabezal de los sprays, la información técnica indica que éste tipo de bomba tiene una frecuencia de falla bastante alta, interrumpiendo la continuidad de la Operación.
- . Los gases que salen del esferodizador, salen con un 10% de partículas del total de la producción del equipo granulador, por lo que para contrarrestar la contaminación ambiental es necesario instalar equipos adicionales lo que incrementan los costos de producción y de inversión.
- . Los costos de Inversión de los esferodizadores se hacen en

función de escalonamientos de múltiples de equipos, cuya capacidad son de 330 Ton./D., que aproximadamente cuesta \$ 350 Mil, debido a su diseño especial, una de las limitaciones para las adquisiciones de éstos equipos es por que las dificultades que implica su transporte, por que sus dimensiones son de 14 ft. diámetro por 50 ft. largo.

Por cuanto la tecnología de producción de úrea granulada mediante el plato granulador, tiene bajos costos de inversión y producción, amplia versátibilidad; en la operación tiene alta confiabilidad, simplicidad de su sistema, eficiente - continuidad en la producción, condiciones aceptables de rentabilidad, frente a todas éstas consideraciones y situaciones, se ha seleccionado la tecnología : **Proceso Plato Granulador.**

4.1 Mecanismo de Granulación.

La Granulación de la úrea se produce en fase líquida, la úrea fundida es atomizada en el plato granulador, cubriendo en capas sucesivas a las partículas que provienen de la recirculación de ésta manera se consigue un crecimiento uniforme de los gránulos, mediante la adhesión de material de alimentación sobre las partículas de 0.6 mm. hasta 4 mm.

Durante la acción centrífuga los gránulos de úrea se desplazan dentro del plato, describiendo anillos espirales de diámetro creciente hasta que el diámetro del gránulo requerido se descarge sobre el borde inferior del plato.

Durante el crecimiento de los gránulos existe un equilibrio de fuerzas de destrucción producidas dentro de la carga y las fuerzas de adhesión que mantienen unidos a los gránulos. La resistencia de éstos últimos debe ser suficiente para soportar las fuerzas de destrucción.

Durante los mecanismos de formación de enlaces de los gránulos, ocurren puentes sólidos que se forman entre partículas por la cristalización de la úrea fundida que posteriormente se endurece durante su trayecto en el plato, formándose de ésta manera conglomerado de partículas esféricas de determinado tamaño y tensión suficiente que le da una resistencia, determinada a las fuerzas mecánicas, inter moleculares y electrostáticas.

La resistencia del conglomerado está dado por la correlación empírica de Rumf - Aglomeración.

$$i = \frac{9}{8} \left[\frac{I - E}{\pi x^2} \right] \text{ NF} \quad 1 - \text{Ecuación}$$

- i = Resistencia a la tensión Kg.
- x = Diámetro de la partícula micrõs.
- F = Fuerza de enlace por punto de contacto.
- N = Es el número medio de coordinación, es decir el número promedio de puntos de contacto entre una esfera y las que la rodean.
- E = Fracción de volúmen de los espacios vacíos - del conglomerado.

Los valores de x y E se obtienen mediante un análisis de distribución del tamaño del polvo y la densidad en una masa de las partículas compactadas como una aproximación, el número de coordinación.

$$N = \frac{\overline{ii}}{E} \quad \text{Ecuación 2}$$
$$N = 2.4 (1 - E)$$
$$N = 2$$

El tamaño máximo del material de alimentación que se suministra a los granuladores es casi siempre del orden de malla 30 a 50 , mientras que por lo menos el 25% debe ser del orden de malla menos 200.

Los núcleos en los que se basa el crecimiento de los aglomerados se encuentran en estado capilar.

La ecuación puede utilizarse para calcular en forma muy aproximada la cantidad de líquido necesario para la aglomeración, basándose en el dato de la densidad en masa del material de alimentación.

$$X = \frac{1}{1 + (I - E) Ss/E Sl.} \quad \text{Ecuación 3}$$

- X = Fracción en peso del líquido
E = Porosidad del material firmemente compactado
Ss = Densidad verdadera de la partícula
Sl = Densidad del líquido lb/lt.³

No obstante de ser posible, el líquido necesario debe medirse en una prueba de producción de gránulos con el material en cuestión, ya que los efectos raros de compactación y mojado, la porosidad interna y la solubilidad de la partícula, así como las inclusiones de aire, pueden provocar errores.

4.2 Características de la Urea con el Nuevo Proceso.

Con la nueva tecnología de granulado se obtendrá gránulos de urea de las siguientes características :

- . Diámetro de las partículas. : 1 a 4 mm. (-5 + 18).
- . Biuret. : 1.1%
- . Cantidad Nitrógeno. : 46.4%
- . Humedad de Producto. : 0.2%
- . Dureza del Gránulo. : 1 a 2.5 Kg.
- . Gravedad Específica. : 1.22
- . Angulo de Reposo. : 34° - 37°
- . Densidad. : 720 - 770 Kg./mt³
- . Resistencia de Abrasión : 1% de Degradación.

4.3 Justificación Técnica y Económica.

Todos los procesos de granulación funcionan por solidificación de capas sucesivas de productos fundidos o altamente concentrados sobre la superficie de partículas semillas. Los granos resultantes son idénticos para todos los procesos y tienen mejores propiedades que los primeros. Hay sin embargo algunas diferencias en los procesos que afectan sustancialmente los costos de operación e inversión.

El proceso esferodizador, utiliza un sistema drum giratorio para enfriamiento y a la vez para granular. La velocidad del aire de enfriamiento debe ser menos de 4 ft/seg., esto es para minimizar el arrastre de pequeñas partículas y no distorsionar el rociado de producto fundido.

Para conseguir la capacidad de enfriamiento necesario a estos bajos flujos, el aire de enfriamiento es atemperado hasta 30°C y un drum más bien largo (14 ft de diámetro por un rate de 330 t/d de capacidad), es utilizado para proporcionar el área transversal necesaria. Se requiere un motor de 300 Hp. para hacer girar el granulador 8-10 RPM. a una velocidad periférica cerca 375 Ft/min.

Los procesos de platos, por contraste granulan y luego enfrían en pasos separados.

En el enfriador las velocidades del aire están a un promedio de 7 ft/seg., y el aire de enfriamiento no necesita ser atemperado debajo de la temperatura ambiente.

El plato granulador requiere una potencia de 21 KWH/Ton. para ser movido, en cambio un esferodizador requiere 63 KWH/Ton. en invierno y 42 KWH/Ton. en invierno.

Los datos de operación indican que el polvo arrastrado fuera del equipo de abatimiento de la polución es de 13 - 20% de la producción neta con el drum granulador contra 5% menos en el plato granulador.

Dichos rates de emisión de polvos son significativos, ya que, si se utiliza equipo de lavado, se recomienda un equipo adicional y vapor adicional para reprocesar el polvo de úrea.

Por ejemplo : Un rate de 10% de emisión incrementará un 0.71/Ton. a los costos de operación de una planta de úrea basada - en una solución de úrea de 40% de exportación y un costo de - \$ 1.5/1000lb.

Este costo de operación adicional y los cargos de capital fuera de la planta de granulación no son incluidos en los costos de producción.

De acuerdo a la información que se presenta más adelante de - costos instalados para el plato, Drum Granulador, Torre Prilling. El Plato Granulador tiene una ventaja de costo instalado sobre el Drum Granulador para todas sus capacidades de Planta.

La diferencia de costo se aumenta para incrementar las capacidades de Planta, por que el estimado de costo para el Plato - Granulador está basado en un tren simple para todas las capacidades, mientras que para el Drum Granulador se han estimado en base de múltiplos de trenes de 330t/d., un escalonamiento del proceso con esferodizador encima de ésta capacidad no es factible ya que el drum granulador de 14ft. de diámetro y cincuenta (50) ft. de largo está cercano al límite práctico superior del tamaño tanto para la fabricación como para el embarque.

La mayor parte de las diferencias de costo instalado pueden - deberse a los equipos de granulación y enfriamiento en cada - proceso.

El Drum de 14 ftd. por 50 ft. del proceso de 330t/d. con esferodizador cuesta cerca de \$350,000 debido a su diseño especial.

Por comparación, un tren de producción de 400 t/d., en plato granulador, requerirá un plato de 14 ft., un pre-enfriador de 10.5 ft. por 45 ft. y un enfriador de producto de 4 ft. por - 20 ft. El costo total de éstas unidades de granulación y enfriamiento será de \$269,000.

Una parte pequeña de la diferencia en el costo instalado puede ser atribuida al equipo de refrigeración requerido por el

proceso del Drum Granulador, pero que no es requerido por el Plato Granulador.

El costo de ésta refrigeración es algo bajo, por los menores costos para ventilador y lavador cuando se utiliza en los costos de cerca de \$148,000 por equipo. La ventaja en el costo final instalado debe ser varias veces ésta cantidad.

Los costos de producción para la granulación de la úrea están presentados en el cuadro No. 10. Están basados en una unidad de plato granulador de tren simple de 670 t/d. y en una unidad de drum granulador de tren doble de 670 ton./día.

Los costos de producción de plato y drum granulador son de - \$8.67 / Ton. y 12.57 Ton. respectivamente y están por encima, de los costos de una Torre Prilling, convencional sin equipo de lavado para recuperación de polvo.

Sin embargo el plato granulador tiene un costo ligeramente mayor que el costo del proceso con Prilling que es de \$7.89 Ton. Ruskand a preparado un cuadro comparativo en el que se muestran los costos de inversión, para Torre Prilling y granuladores. Así por ejemplo para una planta de 600 t/d. utilizando los diferentes procesos se tendría :

Spray Drum Granulador	\$ 4.2 Millones
Plato Granulador	\$ 3.0 Millones
Prilling con Torres Lavadoras	\$ 2.5 Millones
Prilling sin Torres Lavadoras	\$ 2.1 Millones

Por lo tanto, técnicamente es factible cambiar de proceso Prillado a proceso granulado tecnología plato granulador, económicamente sus diferencias de costos de operación e inversión, son bajos con respecto a otros procesos.

C U A D R O No. 10.

COSTOS DE PRODUCCION PARA UREA

GRANULADA Y PRILLADA.

	<u>DRUM</u> <u>GRANULADOR</u>		<u>PLATO</u> <u>GRANULADOR</u>		<u>PRILLING -</u> <u>SIN EQUIPO</u> <u>DE RECUPER.</u>		<u>PRILLING -</u> <u>CON EQUIPO</u> <u>DE RECUPER.</u>	
Labor :								
. Operación	0.54		0.54		0.54		0.54	
. Mantenimiento	0.57		0.39		0.36		0.28	
. Control de Lab.	<u>0.11</u>	<u>1.22</u>	<u>0.11</u>	<u>1.04</u>	<u>0.11</u>	<u>1.01</u>	<u>0.11</u>	<u>0.93</u>
Materiales :								
. Mantenimiento	0.57		0.39		0.36		0.28	
. Operación	<u>0.12</u>	<u>0.69</u>	<u>0.10</u>	<u>0.49</u>	<u>0.10</u>	<u>0.46</u>	<u>0.09</u>	<u>0.37</u>
Utilidades :								
. Vapor	0.23		0.23		0.23		0.06	
. Agua Enfria- miento	0.04		0.00		0.00		0.00	
. Potencia	<u>1.31</u>	<u>1.58</u>	<u>0.53</u>	<u>0.76</u>	<u>0.23</u>	<u>0.46</u>	<u>0.06</u>	<u>0.12</u>
Generales :								
. Generales Plan- ta	1.22		1.04		1.01		0.93	
. Tributos y se- guros.	<u>0.38</u>	<u>1.60</u>	<u>0.26</u>	<u>1.30</u>	<u>0.24</u>	<u>1.25</u>	<u>0.19</u>	<u>1.12</u>
Capital :								
. Depreciación	1.91		1.29		1.20		0.94	
. Retorno sobre inversión	5.52		3.74		3.46		2.71	
. Interés sobre ca- pital trabajado	<u>0.05</u>	<u>7.48</u>	<u>0.05</u>	<u>5.08</u>	<u>0.05</u>	<u>4.71</u>	<u>0.05</u>	<u>3.70</u>
T O T A L		<u><u>12.57</u></u>		<u><u>8.67</u></u>		<u><u>7.89</u></u>		<u><u>8.24</u></u>

V. COMPARACION DE LAS TECNOLOGIAS DE GRANULADO Y PRILLADO.

- . El diámetro obtenido de las Torres Prilling está en un Promedio de 0.5 - 1 mm. y el de los gránulos obtenidos por las diversas tecnologías de granulado es del orden de 1mm. a 5mm. Ver figura 1 y 2.
- . La dureza de los Prillings es del orden de 0.2 a 0.7 y los gránulos varían entre 0.7 a 3.5 Kg. Ver diagrama No. 18.
- . Mediante la tecnología de fluidización, se obtiene partículas de 3-4 mm., mediante la tecnología del plato granulador esferizador, se obtiene un producto de diámetro de 2-4 mm.
- . De acuerdo a la información técnica se tiene lo siguiente :
 - Para obtener partículas del diámetro de 0.8 mm. se tendrá que disponer de torres de 60 mts.
 - Para obtener partículas de diámetro de 2 mm. se tendría que tener Torre Prilling 90 mts.
 - Para obtener partículas de diámetro de 3 mm. se tendría que tener Torre Prilling 150 mts.
 - Para obtener partículas de diámetro de 4 mm. se tendría que disponer de una torre prilling de 220 mts.
 - Para obtener partículas de diámetro de 1 - 5 mm., mediante la tecnología de granulado se requiere disponer alturas máximas de 25 Mts.
- . en el diagrama No. 17, se ha esquematizado altura de Torre de Prilling y diámetro de partículas comparado con granulado

Las Torres de Prilling son diseñadas con un diámetro y una altura determinada para producir partículas de características específicas en caso de que se requiera producir partículas de diámetros mayores.

- Sería necesario modificar la Torre Prilling lo cual es imposible porque habría que cambiar toda su estructura. La otra posibilidad de producir partículas de mayores dimensiones sería modificar el diámetro de los distribuidores, lo cual tiene desventajas porque los Prills de dimensiones mayores reducen su superficie de contacto con el aire por lo tanto incrementa su velocidad terminal, para contrarrestar ésto habría que modificar la altura de Torre de Prilling.
- De acuerdo al estudio de performance de la Torre de Prilling no es posible obtener partículas de diámetro mayor 0.9 mm. con diámetro de agujeros de rociadores 0.5 mm.
- De acuerdo a estudios realizados las partículas formadas a alta temperatura tienen mayor tendencia a fraccionarse que aquellas producidas a baja temperatura, en consecuencia la alta temperatura ambiente sobre todo en época de verano es la que causa problemas de mala formación del Prilling alterando sus propiedades físicas, como escasa dureza lo que origina el fraccionamiento de los Prills generando abundantes finos, durante el transporte y almacenamiento.
- Otro de los problemas de operación de Torre Prilling es la formación de grandes bloques de úrea en el lecho fluído, acumulación en las paredes, en la base cónica, todo esto incrementa los problemas de insuficiente enfriamiento de los Prills.
- La fuerte formación de finos disminuye la producción, por que es necesario retornar al proceso para su recuperación, además ocasiona aglomeración del producto.

- Las partículas de menor diámetro como son los Prills tienen sus limitaciones para su aplicación como fertilizantes durante la aplicación aérea.
- Los gránulos producidos por granulación son más resistentes y - generan menos polvo durante su transporte y almacenamiento.

Por ejemplo : un gránulo tiene de 2 - 8 libras fuerza, comparado contra cerca de 1 a 2 Lb. por prills en diámetro de 0.5 a 1.5 mm.

- Las convencionales Torres Prilling, tienen problemas con las regulaciones federales de control ambiental debido a las emisiones de polutantes por el tope de torre prilling, por lo que ha sido necesario que las actuales torres se les diseñe equipos auxiliares para remover las emisiones de polvo por el tope de la Torre.

Así por ejemplo : una planta de 1200 ton./día que usa torre Prilling, requiere \$850,000 para un sistema de control de contaminación.

- Todos los procesos de granulación tienen por principio la solidificación sucesiva de capas, generándose partículas de mayor diámetro. En consecuencia se obtiene partículas de mayor resistencia a las colisiones y abrasión.
- Para una Planta de 600 Ton./día el costo de producción de úrea granulada y prills es como sigue :

Drum Granulador y Esferodizador \$ 12.57 Ton., plato granulador \$ 8.67 Ton.

Torre Prilling con unidad de despolvo \$ 7.89 Ton. Torre Prilling sin unidad de despolvo \$ 6.24 Ton.

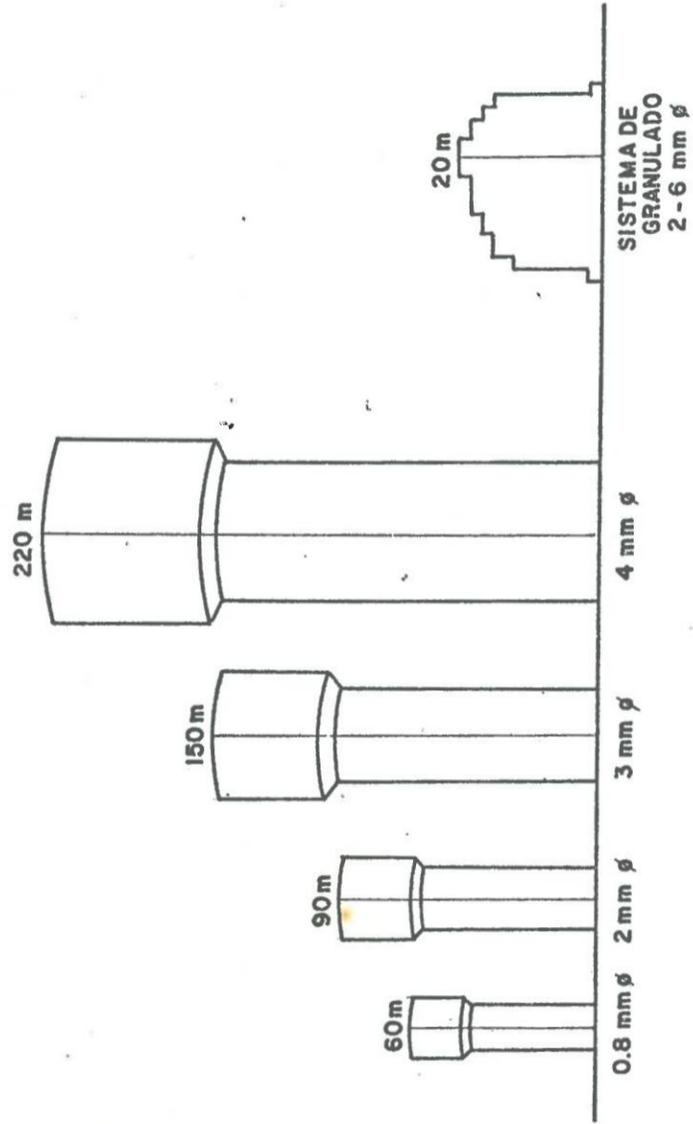
La inversión total para cada una de las tecnologías es como sigue :

Drum Granulador y Esferodizador \$ 4.2 millón, pan granulador,
\$ 3.0 millón.

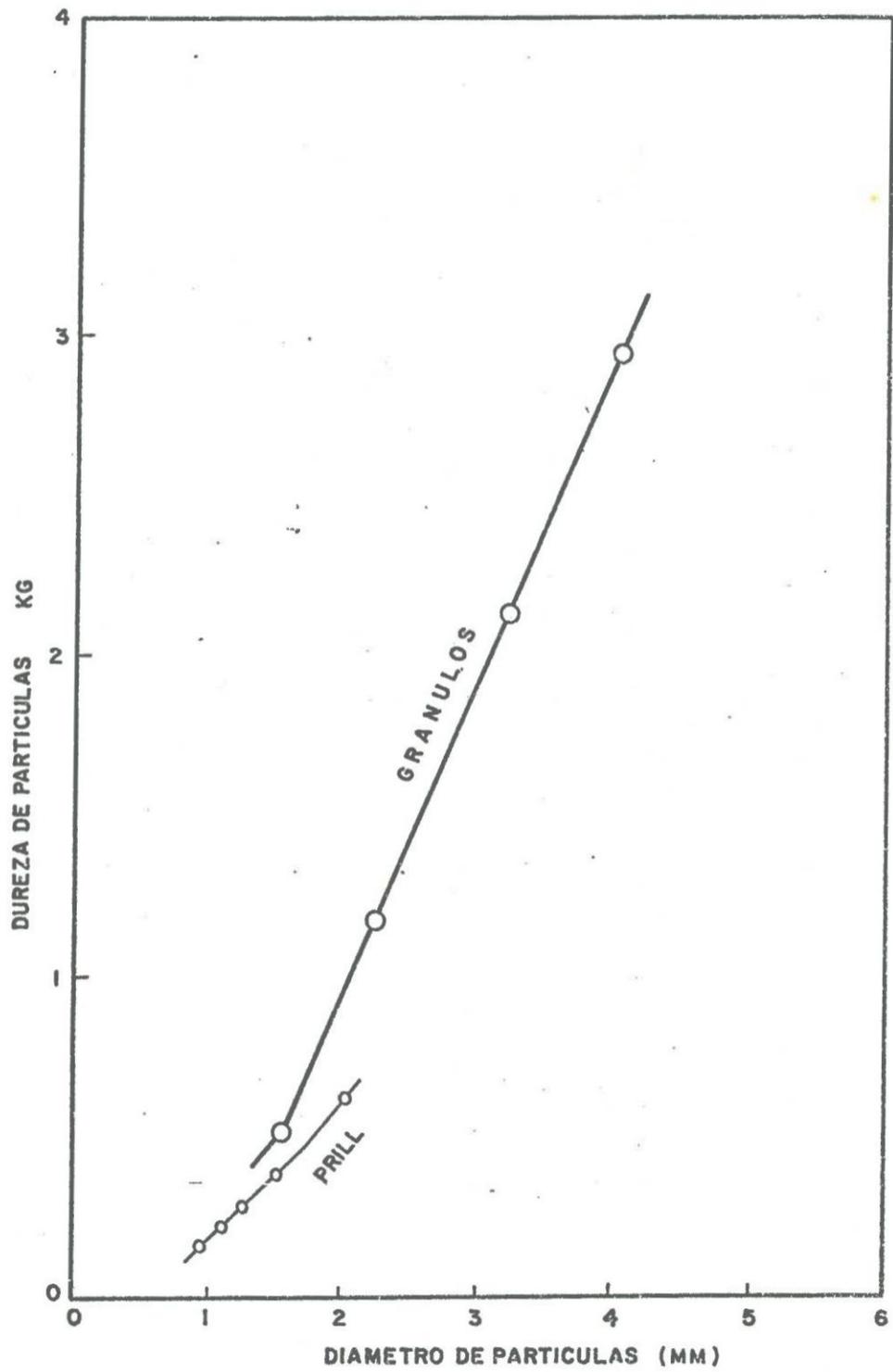
Prilling con unidad de despolvo \$ 2.5 millón, prillings sin unidades de despolvo \$ 2.1 millón.

- . Es factible cambiar la tecnología de fabricación de úrea prilla da por unidades granuladoras por cualquiera de las actuales tecnologías, los costos depende mucho de las escalas de producción.
- . Los autores concluyeron que el plato granulador es más económico y más extendido comercialmente.
- . El plato granulador es el equipo más barato si bien es cierto, tiene una pequeña diferencia con respecto a Torre Prilling es - por que dentro del costo de inversión del plato está considerado el sistema de despolvo.

ESQUEMA COMPARATIVO TORRE PRILLING - GRANULADO



DUREZA DE PRODUCTOS GRANULADOS



5.1 Descripción del Proceso.

La solución de úrea es concentrada y cristalizada al vacío al 83% en un concentrador al vacío, la solución de úrea recorre al absorbedor enfriador de presión para recuperar calor.

La solución de úrea es bombeada a las centrífugas donde se separan los cristales de úrea del licor madre, los cristales de úrea son secados en el secador fluidizante, utilizando el aire a 120°C el medio calefactor de aire es el vapor de 3 Kg/cm^2 y vapor condensado, el licor madre es utilizado como solución de recuperación en el absorbedor enfriador de baja presión.

Los cristales secos de úrea son separados del aire en el ciclón, luego son transportados en un tornillo sin fin hacia el fundidor de úrea del cual es filtrado y bombeado hacia el plato granulador, la úrea fundida debe tener una humedad promedio de $1.0 - 0.5\%$ y una temperatura de $135^{\circ}\text{C} - 141^{\circ}\text{C}$ es bombeado al plato a través de múltiples sprays, donde hay partículas sólidas en movimiento son recubiertos por la úrea fundida cuando éstas alcanzan el diámetro promedio, son descargados por acción del clasificador natural del plato. El plato tiene movimiento de rotación para el lado derecho o izquierdo.

El diámetro de la partícula y su forma están en función de la rotación, velocidad, ángulo del plato. La producción del plato está en función del diámetro del plato y del número de sprays.

El Control de Temperatura del Plato Granulador, se hace con las regulaciones de la cantidad de partículas que están reciclando al Plato, generalmente para una relación de reciclo de 1 a 2, se requiere de una temperatura de reciclo de $50^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$. La granulación de úrea en el plato se realiza en los rangos de temperatura de $107^{\circ}\text{C} - 121^{\circ}\text{C}$, bajo éstas condiciones se obtienen gránulos esféricos y resistentes. Los gránulos que

descarga el plato granulador están a una temperatura de 85°C, luego pasan al enfriador fluidizante donde son enfriados a -55°C.

Los gránulos de úrea después de ser enfriados son clasificados en los tamices giratorios, donde las partículas de diámetro mayores de 4 mm. son triturados en la chancadora reduciéndose el diámetro de éstas partículas a diámetros menores de 0.8 mm. para luego ser recicladas al plato granulador conjuntamente con las partículas de diámetros menores de 1 mm. que son separados en el tamiz giratorio.

Los gránulos que están dentro del rango de 1 mm. a 4 mm. (malla 5 - 16) son transferidos al almacén para su ervase.

Los finos de úrea (partículas de diámetro de 30 micrones) que se desprenden del plato granulador y del enfriador fluidizante son recuperados en un ciclón para posteriormente ser reciclados al plato granulador.

Asimismo, dentro del proceso se cuenta con un tanque de disolución, el mismo que será utilizado para disolver trozos de úrea cuando se haga limpieza en el ciclón, enfriador fluidizante, plato granulador, la solución de úrea será reciclada a la sección cristalización de la planta para el reproceso.

En los diagramas No. 20, 22, 23, 24, 25 y 26, se muestran los diagramas de proceso, vistas de planta, perfil isométrico - del nuevo proceso de granulado.

5.1.1 Operación del Granulador.

El granulador trabaja óptimamente cuando la concentración de la solución es de 98.5% - 99.5% y la temperatura

ra promedio del plato es 115°C . La temperatura promedio de la solución a los sprays debe ser 138°C ., temperaturas menores no permiten buena fluidez en el rociado, temperaturas mayores se inicia la descomposición de la úrea.

En el momento del rociado se produce la evaporación parcial del agua contenida, evaporación continua durante el tiempo que la partícula permanece en el plato hasta alcanzar valores de 0.3%.

En caso de que el producto en el plato tenga una baja humedad las partículas obtenidas pueden salir muy duras y no toman la forma esférica y se agrupan. Si en cambio la humedad es demasiado alta, puede ser la humedad inicial del producto inicial haya excesivo o su temperatura demasiado baja.

En este caso las partículas contienen agua, que al evaporarse en el plato rompe las partículas y todo queda, convertido en polvo.

Si se trabaja con temperatura de las partículas sobre el plato demasiado bajo, la úrea cae y solidifica inmediatamente no dando lugar a redondearse el gránulo. En consecuencia el producto queda formado por gránulos grandes, e irregulares que llevan adheridos otros gránulos más pequeños.

Si la temperatura de la masa es en cambio demasiado alta, los gránulos no solidifican lo suficiente para adquirir dureza y comienzan a soldar entre sí, notándose en el plato rotación la formación de grumos que no siguen el giro de las demás partículas de la masa. También depende la formación del gránulo, de la presión de la úrea fundida en las boquillas en los que debe -

ser aproximadamente 2.5 a 3.5 Kg./Cm². Si la presión es demasiado baja, no se efectúa regularmente el rocío y si fuese demasiado alta, hay tendencia hacia la pulverización excesiva.

Aumentando el número de rociadores, se puede aumentar la capacidad de producción del plato, mientras que la presión de la úrea fundida en las boquillas no descienda y la temperatura de la masa lo permita.

La temperatura de la masa en el plato puede ser variada, modificando la inclinación del plato, con la temperatura del material ha rociar por unidad de tiempo o por la temperatura de las partículas de recicló.

En conclusión, para la operación de los platos granuladores debe existir un equilibrio entre los variables de operación para obtener un trabajo estable, es necesario pues mantener los factores estables como las condiciones de calidad y cantidad de la alimentación; las temperaturas en los diversos puntos, la cantidad recuperada retorna al plato.

Los gránulos que se descargan del plato deben ser esféricos y duros con diámetro entre 2 y 4 mm. en su mayor parte.

En los diagramas Nos. 19 - 21, se muestra operación del plato.

5.1.2 Variables del Sistema y las de Operación que afectan la Granulación.

Cuando se ejerce un control apropiado de las variables es factible dentro de ciertos límites, influir en las-

propiedades del material granulado, por ejemplo, tamaño, forma y porosidad.

Las dos variables de operación más importantes son el contenido líquido y el tiempo de residencia dentro del aparato. En una gama de operación normal el incremento del líquido conduce a un incremento más o menos esponencial en el tamaño del gránulo.

Por ende, el proceso es muy sensible al contenido del líquido, que a su vez, es una variable de control muy eficaz. Para la granulación de úrea la fase total de disolución es el factor de control y no simplemente la cantidad de agua utilizada.

Un incremento en el tiempo de retención permite obtener gránulos de mayor diámetro y más densos, con una resistencia de humedecimiento superior. La interacción del tamaño del producto granulado, el tiempo de residencia, el índice de la carga tratada y el contenido de humedad.

5.1.3 Importancia de la Acción Correcta de Rotación.

La aglomeración óptima del plato granulador se obtiene cuando se asegura en la carga el movimiento correcto.

Este movimiento se origina gracias a la fuerza centrífuga y está relacionado con la velocidad crítica del aglomerado.

$$N_c = \frac{76.6}{D} \quad \text{Ecuación No. 4}$$

76.6 = Constante

N_c = Velocidad Crítica en RPM.

D = Diámetro del plato pies.

• Velocidad Crítica.

Es la velocidad teórica a la que la fuerza centrífuga ejercida sobre un gránulo en contacto con la cubierta del plato. La altura de su trayectoria es igual a la fuerza ejercida sobre ella debido a la gravedad .

Si el dispositivo funciona a un ángulo en relación a la horizontal, entonces la fórmula de la velocidad crítica se multiplica por $\sqrt{\text{Seno } B}$ en donde B, es el ángulo de inclinación.

5.1.4 Consideraciones del Diseño Plato Granulador.

El Plato Granulador consiste de una bandeja rotatoria, inclinada que está equipada con un borde para contener la alimentación de úrea fundida.

El ángulo de la bandeja en relación a la horizontal se ajusta sobre una gama amplia, para obtener los mejores resultados posibles, pero la mayoría de las aplicaciones parece ser la comprendida entre 45° a 60° es la normal, se cuenta tanto con motores de velocidad constante, como de velocidad variable para hacer girar los platos granuladores.

Para favorecer la elevación y la caída en cascada del material dentro del plato y evitar que la masa se resbale, la superficie interna está recubierta con metal dilatado o revestimiento abrasivo. Se logra mantener una masa uniforme del material procesado, utilizando raspadores y rastrillos ajustables que oscilan mecánicamente. Esta capa de masa protege a la bandeja del desgaste abrasivo y genera la acción de la granulación

correcta.

La ubicación de los rastrillos, al igual que los puntos de introducción del material de alimentación y el líquido, tienen una importancia primordial para el funcionamiento del equipo, y por lo tanto se ajustan para satisfacer aplicaciones específicas.

El plato inclinado tiene una profundidad proporcional - al diámetro del disco, típicamente $H = 0.20 D$, en donde H es la altura del borde y D el diámetro del disco. La profundidad del plato se adapta casi siempre a aplicaciones específicas. Entre las variaciones de la forma simple de la bandeja están :

1. Un ángulo exterior relaminado que permite dar mayor consistencia a los gránulos o aplicar agentes de recubrimiento.
2. Paredes laterales de varios escalones.
3. Un granulador en forma de cono truncado.

Los platos para la producción de gránulos, existen de - diversos diámetros, con diversas velocidades, consumo - de potencia, capacidades, Pietsch, investigó lo siguiente : El aumento a escala de los aglomeradores de plato inclinado, señala que las siguientes ecuaciones se aplican para hacer un diseño aproximado de éstos aparatos , en donde D es el diámetro del plato, expresado en pies; consumo potencia en HP.

$$P = K_1 D^2 \text{ en HP; carga tratada } Q = K_2 D^2 \text{ en T/H,}$$
$$K_1 = K_2 = 0.07880 \quad \text{Ecuación No. 5.}$$

5.1.5 Bases de Diseño.

a. Especificaciones de la Materia Prima.

Las condiciones de llegada de la materia prima deben ser como se indican a continuación :

. Urea fundida.

Composición	:	
Urea fundida	:	98.5% - 99.5% Peso Min.
Biuret	:	0.7% Peso Máx.
Humedad	:	1.5% Peso Máx.
Presión	:	Atmosférica Min.
Temp.	:	141°C - 136°C.

b. Especificaciones de los Servicios.

. Vapor Saturado.

Presión	:	5 Kg./m ²
Temp.	:	150°C Sat.

. Energía Eléctrica. : 21 Kw H/Ton.

. Aire de Instrumentos.

	:	7 Kg./Cm ²
Temperatura	:	40°C

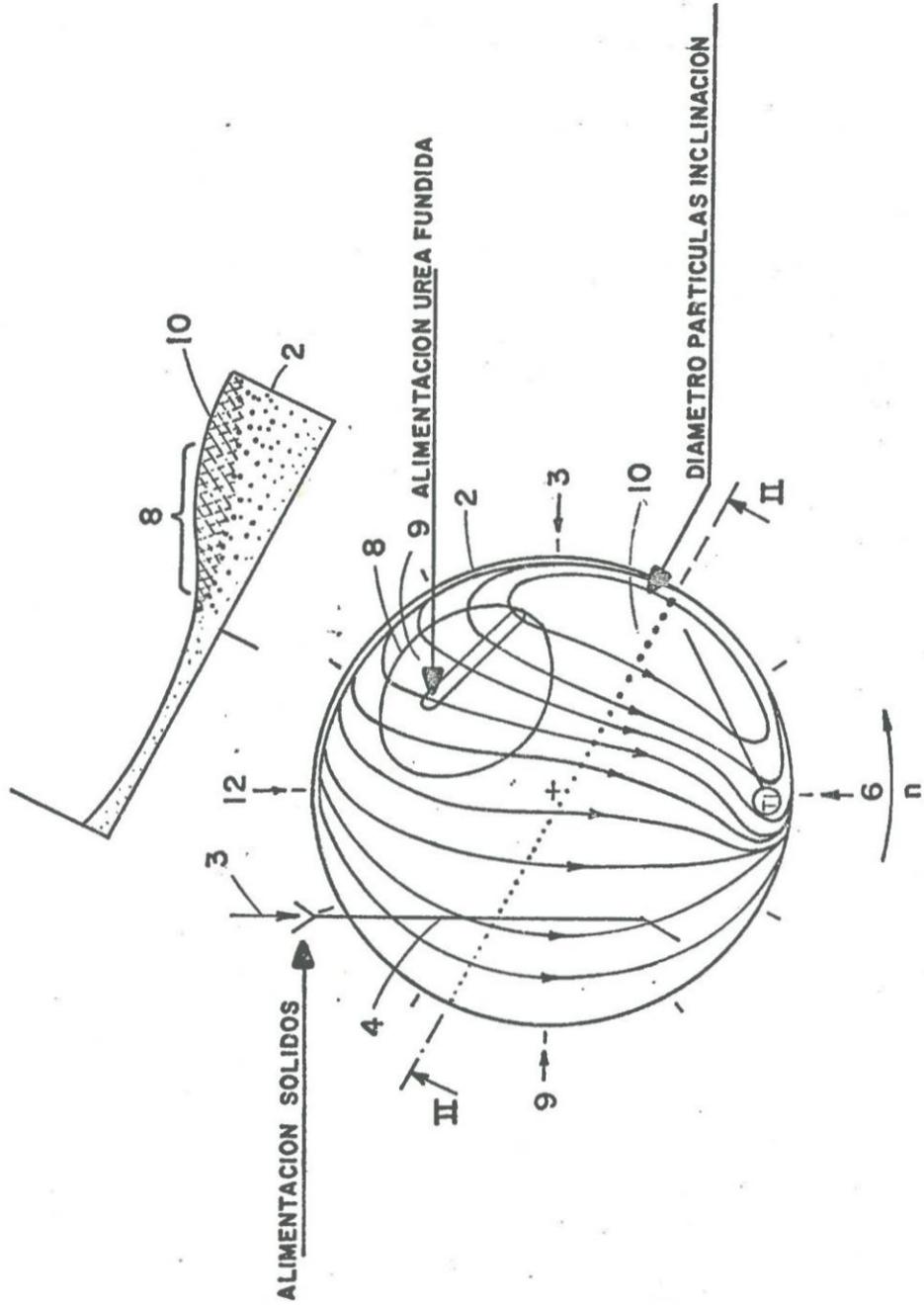
. Condiciones Ambientales

Temperatura	:	30°C Máx.
Humedad Relativa	:	85%

5.1.6 Ventajas del Plato Granulador.

- Durante la acción centrífuga, el material de granulación contenido en la bandeja se desplaza describiendo anillos espirales de diámetro creciente hasta que el gránulo del tamaño requerido se descarge sobre el borde inferior del plato. Los materiales finos se ciernen en sentido descendente pasando por entre los gránulos de mayor tamaño, y permanecen en el plato. Por lo común las bandejas inclinadas dan un producto lo suficientemente uniforme, de manera que puedan funcionar sin necesidad de cribas.
- El Plato Granulador tiene bajo costo, su sensibilidad a los controles de operación y que permite observar fácilmente producción de gránulos; todo esto le confiere una gran Versatibilidad para la granulación de diferentes - diámetros.
- Confiabilidad , simplicidad, y flexibilidad de operación.
- Bajos consumos de energía.
- El plato granulador puede ser mantenido en operación 333 días al año, sin hacer parar la planta, sin alterar las condiciones normales de operación.

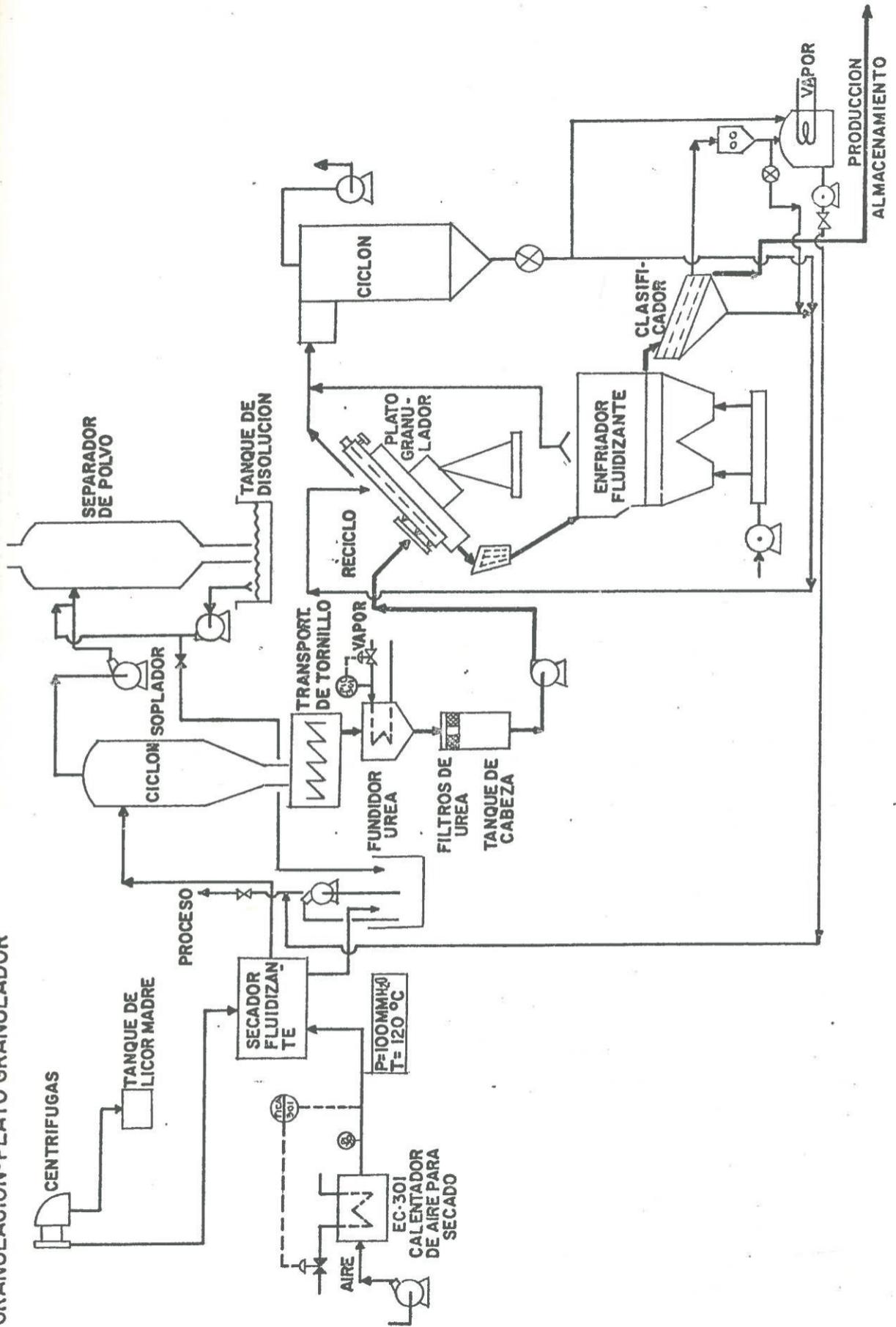
ESQUEMA PLATO GRANULADOR



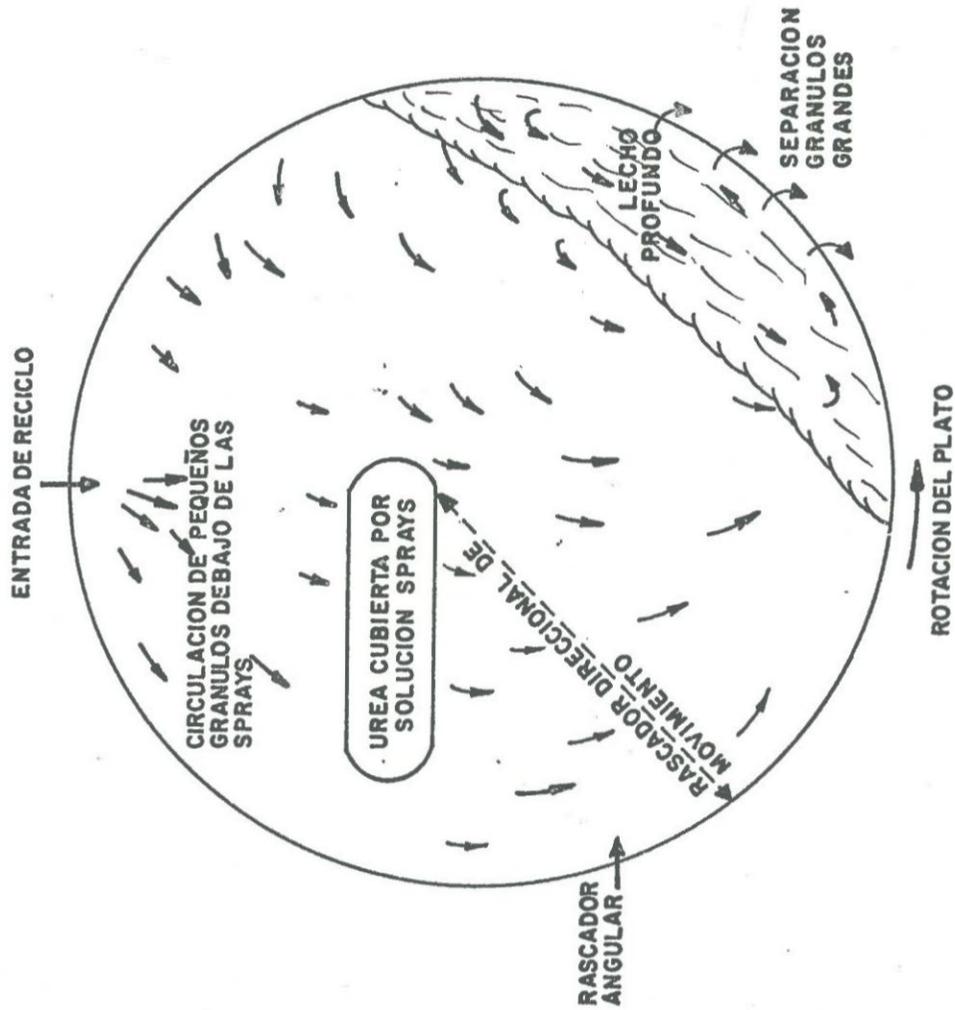
PLANTA DE UREA
510 T/D

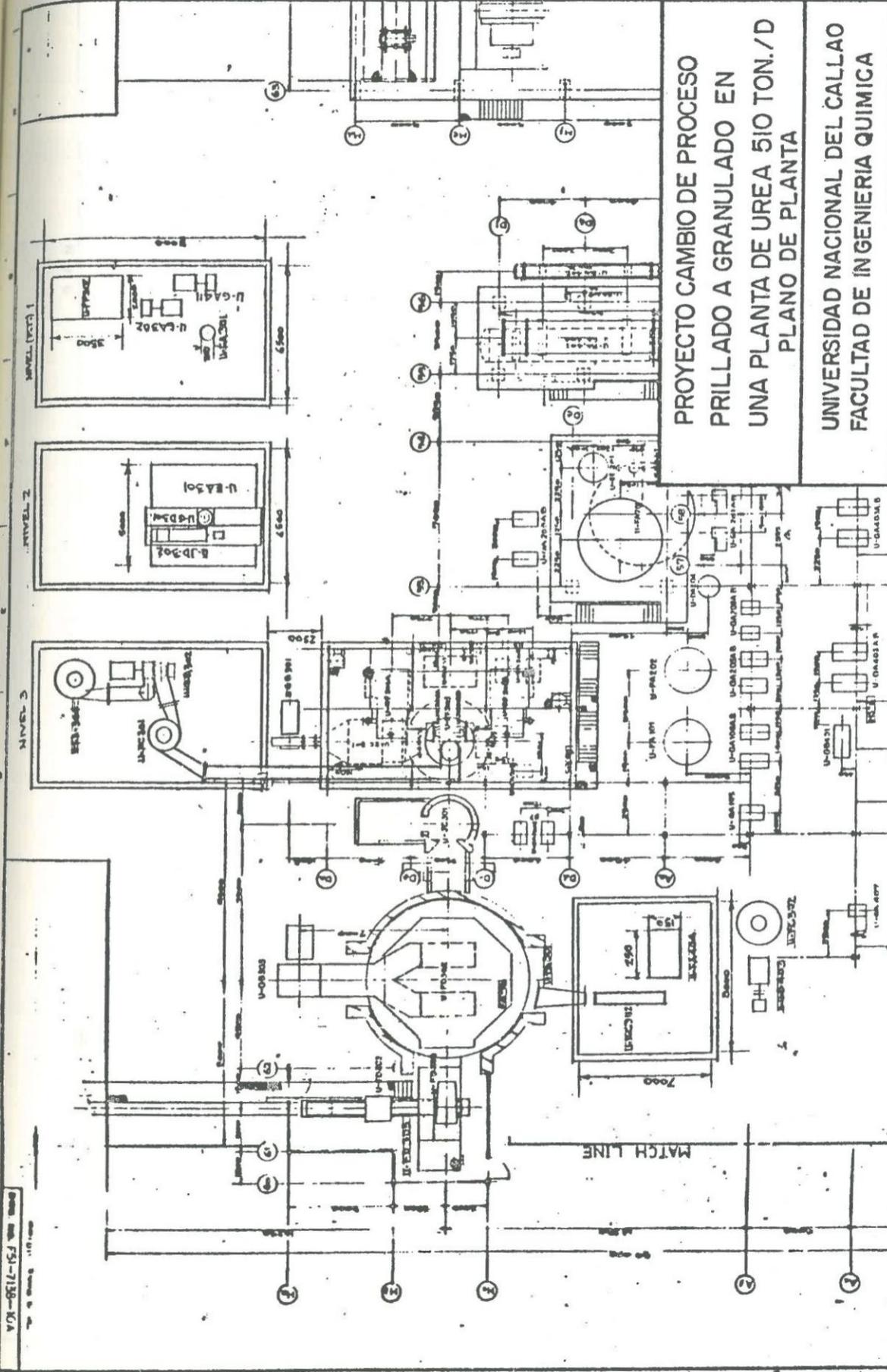
DIAGRAMA DE PROCESO
GRANULACION-PLATO GRANULADOR

DIAGRAMA No. 20



OPERACION DEL PLATO GRANULADOR



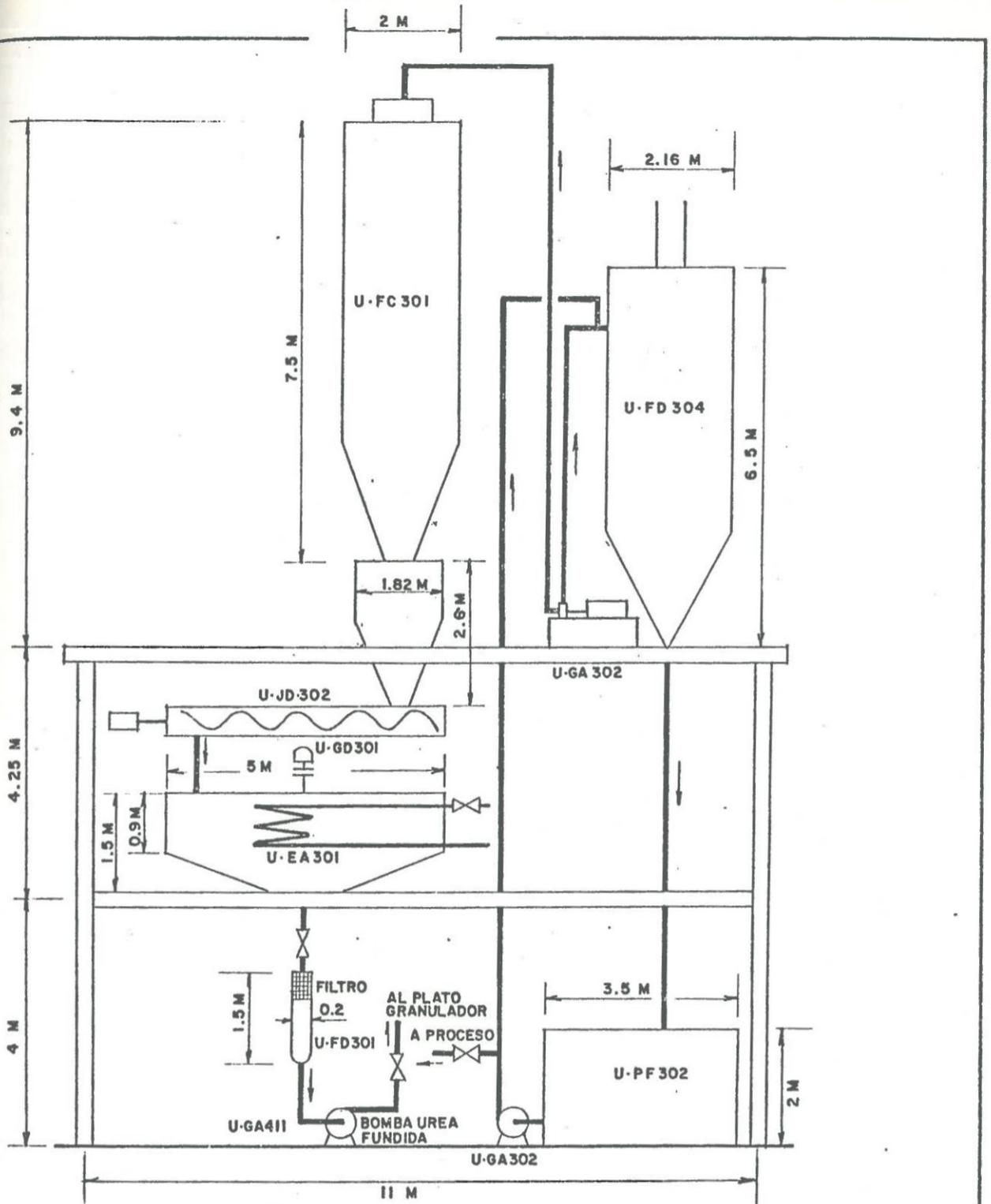


PROYECTO CAMBIO DE PROCESO
 PRILLADO A GRANULADO EN
 UNA PLANTA DE UREA 510 TON./D
 PLANO DE PLANTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

DISEÑO:
 Magdalena Saavedra C. Junio, 1986

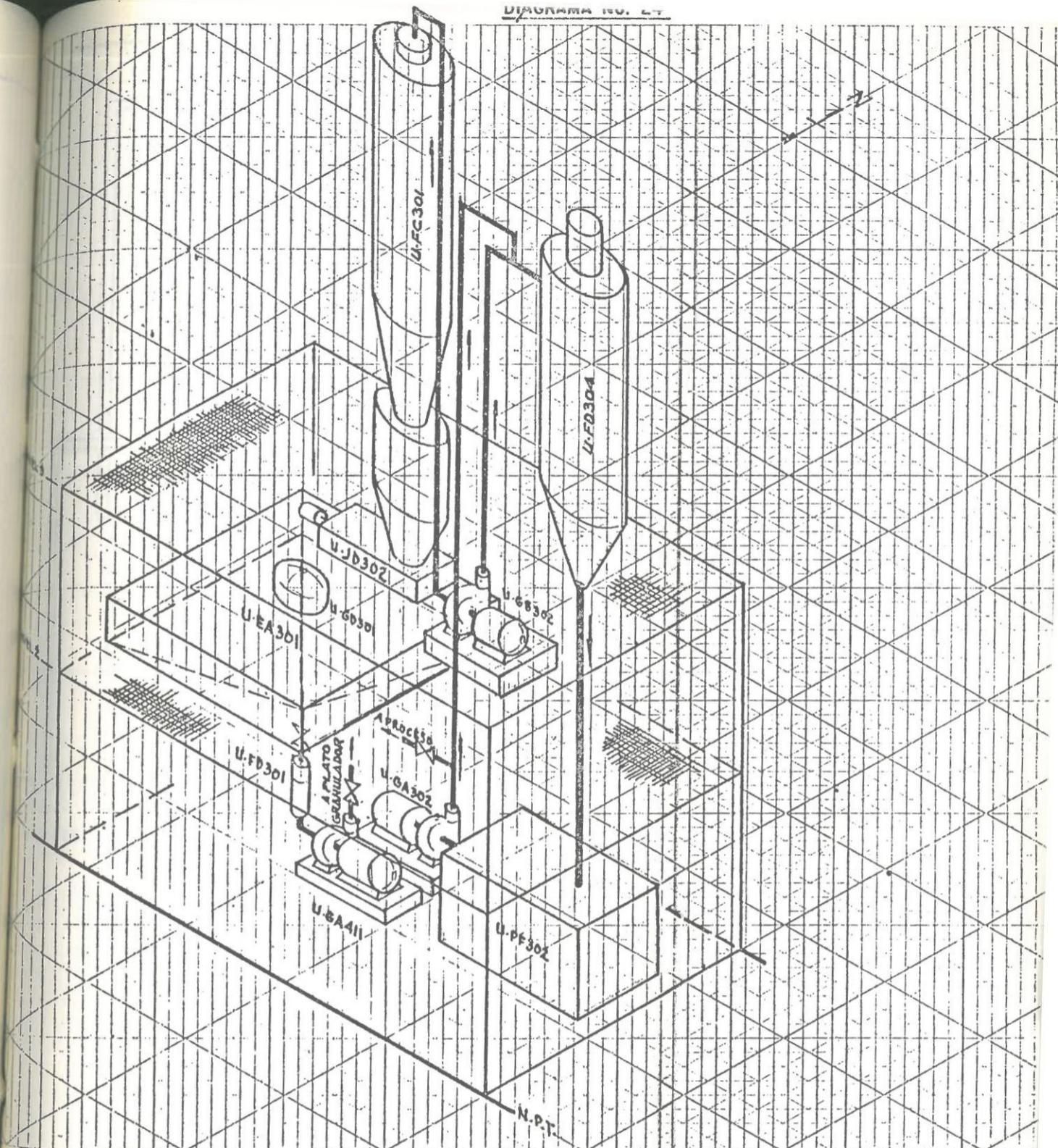
DIAGRAMA No. 23



PROYECTO CAMBIO DE PROCESO
PRILLADO A GRANULADO EN
UNA PLANTA DE UREA 510 TON/D

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

DISEÑO: Magdaleno Saavedra C Junio, 1986

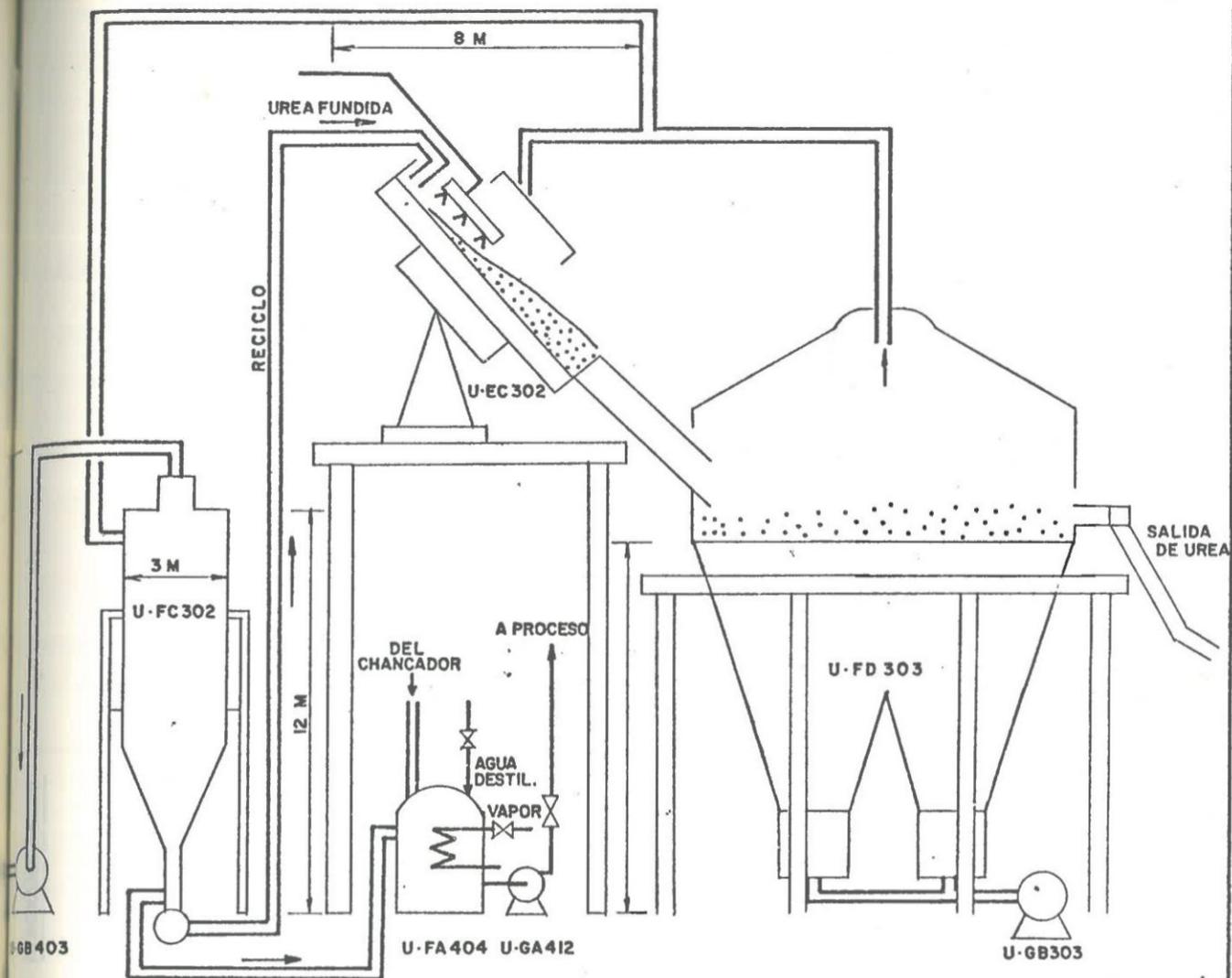


PROYECTO CAMBIO DE PROCESO
PRILLADO A GRANULADO EN
UNA PLANTA DE UREA 510 TON/D
DIAGRAMA ISOMETRICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

DISEÑO:
Magdalena Saavedra C.

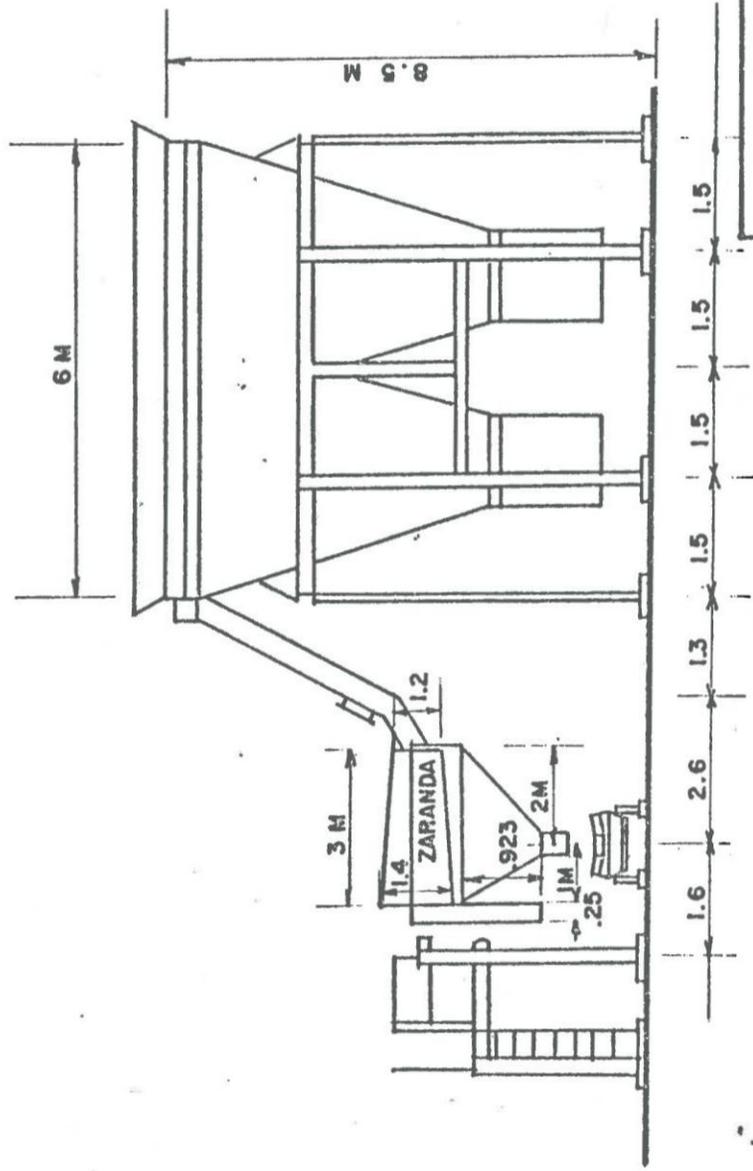
Junio, 1986



PROYECTO CAMBIO DE PROCESO
PRILLADO A GRANULADO EN
UNA PLANTA DE UREA 510 TON/D

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

DISEÑO: Magdalena Saavedra C. Junio, 1986



PROYECTO CAMBIO DE PROCESO
PRILLADO A GRANULADO EN
UNA PLANTA DE UREA 510 TON/D

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

DISEÑO: Magdaleno Saavedra C. Junio, 1986

5.2 Características del Producto Obtenido.

El producto obtenido mediante ésta tecnología es de alta calidad, los gránulos de úrea tienen una granulometría adecuada para las mezclas a granel, como para la aplicación en la fertilización, sus propiedades físicas son óptimas, las mismas que son conservadas a través de los períodos de almacenamiento, de tal manera que conserva su alta calidad, para cumplir con las exigencias del consumidor.

5.2.1 Características de los Gránulos.

- a) Granulometría
 - 5 + 10 (-4 mm. + 1.7 mm.) 85%
 - 10 + 16 (-1.7 mm. + 0.99) 15%
- b) Biuret : 0.8%
- c) Total de Nitrógeno : 46.4%
- d) Humedad : 0.1% - 0.2%
- e) Dureza : 1.5 - 2.5 Kg.
- f) Gravedad Específica : 1.25
- g) Angulo de Reposo : 35°
- h) Densidad : 750 Kg./Mt.³
- i) Resistencia a la Abrasión : 1% de Degradación

5.3 Balance de Materia y Energía.

5.3.1 Balance de Materia.

El balance general de materia, para el plato granulador, enfriador fludizante, ciclón, clasificador, han sido calculados de acuerdo a las consideraciones siguientes :

- . Alimentación constante de úrea fundida al plato granu-
lador.
- . Relación de Reciclo es de 2 : 1, con respecto al flujo
de alimentación.

En el cuadro No. 12, se muestran los balances generales -
de materia.

5.3.2 Balace de Energía.

El balance general de energía, en los equipos de proceso
han sido calculados de acuerdo a la entalpía de las co-
rrientes de entrada y salida.

La fórmula que se ha considerado para el cálculo del ba-
lance es la siguiente :

$$\begin{aligned}dQ &= dH \\dQ &= m c_p dT \\mc_p &= \left(\frac{dH}{dT} \right)_P\end{aligned}$$

$$\int_{H_1}^{H_2} dH = \int_{T_1}^{T_2} mc_p dT$$

$$H_2 - H_1 = mc_p \int_{T_1}^{T_2} dT$$

Los resultados de la variación de entalpía se muestran -
en el cuadro No. 12.

5.4 Materiales de los Equipos.

Las experiencias existentes a nivel mundial sobre las plantas de úrea, han demostrado que la acción corrosiva de la úrea son bastante severas, los cuales han ocasionado muchas dificultades para la operación de las plantas.

En el cuadro No. 11, aparece el rate de corrosión de los diferentes materiales frente a la acción de la úrea, la misma que está basada en los datos suministrados por Sun Olin Chemical Co del cual podemos apreciar que hay materiales que tienen bajos rates de corrosión con el Titanio, Zirconio, Acero Inoxidable 316, sin embargo éstos materiales tienen costos muy altos.

Los materiales que se utilizan frecuentemente en las plantas de úrea que son más económicas y que actualmente constituyen la mayoría de equipos de la Torre de Prilling, son de acero inoxidable 304, su uso es bastante satisfactorio, por lo tanto se seguirá utilizándolo en los nuevos equipos del proceso de granulado.

C U A D R O N o . 1 1 .

R A T E D E C O R R O S I O N P A R A L A S

P L A N T A S D E U R E A .

<u>Material.</u>	<u>Rate Pulg./Año.</u>
Zirconio	0.0001
Acero Inoxidable 202	0.0020
Acero Inoxidable 304	0.0015
Acero Inoxidable 309	0.007
Acero Inoxidable 316	0.0011
Acero Inoxidable 316 L	0.0013
Acero Inoxidable 317	0.0013
Acero Inoxidable 325	Ausencia de Corrosión
Acero Inoxidable 329	0.0010
Acero Inoxidable 330	Ausencia de Corrosión
Tantalio	0.0034
Titanio	0.0068
Hastelloy F.	0.0019
Hastelloy B.	0.024
Hastelloy C.	0.020
Monel	Ausencia de Corrosión
Nickel	Ausencia de Corrosión
Incoloy	Ausencia de Corrosión
Inconel X	Ausencia de Corrosión

5.5 Especificaciones de Equipos.

Se consideran en éste capítulo la descripción detallada de las especificaciones técnicas de los equipos que utilizará la nueva tecnología para la producción de urea granulada y la otra parte de equipos que se utilizarán, serán los que actualmente se encuentran operando en la planta con producción de urea prillada y que fueron descritos en el capítulo No. 1.

Los equipos nuevos que serán necesarios instalarlos son los siguientes :

<u>Equipos</u>	<u>No. Local</u>
. Plato Granulador	U-EC-302
. Bomba de urea fundida	U-GA-411
. Clasificador de Partículas	U-FD-308
. Chancadora	U-FD-309
. Bomba de solución de urea	U-GA-412
. Tanque de disolución	U-FA-404
. Ciclón	U-FC-302
. Soplador centrífugo tiro inducido	U-GB-403

Los equipos de la antigua tecnología de prillado que serán utilizados y que serán reubicados en el Area de Cristalización son los siguientes :

<u>Equipos</u>	<u>No. Local</u>
. Fundidor de urea	U-EA-301
. Tanque de cabeza	U-FA-301
. Enfriador fluidizante	U-FD-302
. Transportador de tornillo sin fin	U-JD-302
. Ciclón	U-FC-301

. Soplador de tiro inducido	U-GB-302
. Soplador de tiro forzado para el enfriador	U-GB-303
. Filtros	U-FD-301
. Cámara de Polvo	U-PF-302
. Separador de Polvo	U-FD-301
. Bomba de solución de Urea	U-GA-302
. Faja Transportadora	U-JD-303

En la figura No. 3, se muestra una vista parcial de la Planta de Urea, al fondo se puede apreciar la Torre de Prilling.

En el diágrama No. 22, se muestra una vista de Planta, en la cual aparece la ubicación de los nuevos equipos que constituyen la nueva tecnología de granulado y la reubicación de los equipos de la antigua tecnología (prillado).

En los diágramas No. 22 y No. 23, se muestran vistas de perfil e isométrico de la nueva ubicación de los equipos de prillado en tres (3) niveles. La reubicación de éstos equipos, se harán hacia el lado norte del área de cristalización en la actual Planta de Urea.

5.5.1 Descripciones de los Equipos.

A continuación se describen detalladamente, los equipos que se utilizarán con la nueva tecnología de granulado.

5.5.1.1 Plato Granulador.

Proyecto : Granulación de Urea	Plato Gra
510 Ton/d.	nulador
	U-EC-302

Función : Granular Urea

Operación : Contínua

Número de Unidades Requeridas : Uso Regular 1

Relevo 0

a) Condiciones de Operación.

Temp. de Operación Promedio. : 80° - 140°

Presión. : Atmosférica

Densidad del Producto Granu-
lado. : 750 Kg/Mt^3

Gravedad del Producto Granu-
lado. : 1.22

Capacidad de Granulación de
úrea. : 25 Ton./hora

b) Características de Diseño.

Diámetro del Plato. : 5.5 Mts.

Profundidad. : 1.0 Mts.

Angulo del Plato con res-
pecto a la horizontal. : 60°

Velocidad del Plato. : 15 rpm.

Material del Plato. : Acero Inoxidable 304

Potencia que requiere el
plato. : 16 KWH/Ton.

c) Boquillas Atomizadoras de Urea Fundida en el -
Plato Granulador.

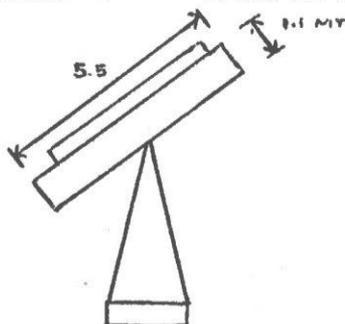
Tipo de boquillas : Cono hueco

Número de boquillas : 26

Diámetro : 5.50 mm.

Angulo : 73°

Material de la boquilla. : Acero Inoxidable 316
Presión de la boquilla. : 3.5 Kg./cm²
Flujo en la boquilla. : 0.84375 Ton./h.



5.5.1.2 Bombas.

Bomba de Urea Fundida.

Proyecto : Granulación de Urea Bomba Centrífuga de Urea Fundida.
510 Ton./D. U-GA-411

Función : Proveer de alimentación de urea fundida del tanque de cabeza hacia las boquillas del plato granular.

Operación : Contínua

Número de Unidades Re-queridas. : Uso Regular 1
: Relevo 1

Líquido Manipulado.

Composición : Urea Fundida : 99.2%

H₂O : 0.5 %

Biuret : 0.3%

Capacidad : 25 Tm./h

Presión Vapor: 0.83 Kg./Cm²

Viscosidad : 0.25 poises

Presión de Descarga. : 1.15 Kg./cm²
Cabeza Total. : 10 Mts.
NPSH Requerido. : 2.5 Mts.
Caballaje al freno. : 0.75 Hp.
Bomba Centrífuga. : 1740 rpm.
Motor. : 1.5 Kw.
RPM. : 1740
Voltaje. : 440
Materiales : Acero Inoxidable 304.

5.5.1.4 Tamiz Clasificador de Partículas.

Proyecto : Granulación de Urea Tamiz Giratorio
510 Ton./D. Cónico
U-FD-308.

Función. : Separar del producto final los
gránulos de mayor tamaño de 4
mm. y las partículas de menor
diámetro de 1 mm.

Operación. : Contínua.

Núm. de Unid.

Requeridas. : Uso Regular 2

Tipo : Canastas Cónicas.

Sólidos Manipulados.

Material Manipulado. : Gránulos de úrea de 1
a 4 mm.

Densidad. : 750 Kg./mt³

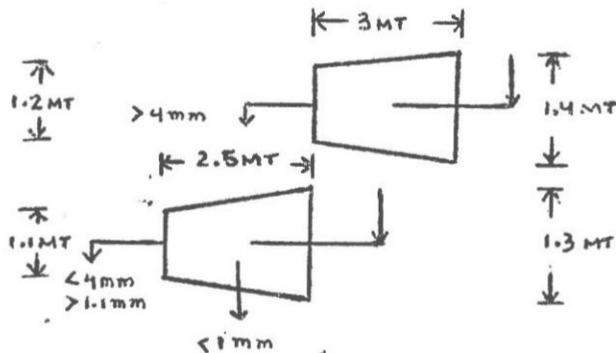
Gravedad Específica del
Producto Manipulado. : 1.22

Dimensiones de Canastas.:

a) Diámetro 1 : 1.20 Mts.
Diámetro 2 : 1.4 Mts.
Longitud : 3 Mts.
Malla : 5 (4mm.)

b) Diámetro 1 : 1.1 Mt.
Diámetro 2 : 1.3 Mt.
Longitud : 2.5 Mt.
Malla : 18 (1 mm.)

Temperatura de Diseño : 80°C.
Temperatura de Operación: 55 - 60 °C.
Velocidad de los Tamices: 12 rpm.
Motores : 2 de 1.5 KW.
Voltaje : 440 V.
Rpm. : 1740
Materiales : Acero Inoxidable 304



5.5.1.5. Chancadora.

Proyecto : Granulación de Urea Chancadora
510 Ton./D. U-FD-309

Función. : Reducir el diámetro de los gránulos mayores de 4mm. a diámetros menores de 1 mm.

Operación. : Contínua.

Núm. de Unid.

Requeridas. : Uso Regular 1

Condiciones de Operación.

Capacidad : 25 Ton./H.
Temperatura : 50 - 60°C.
Densidad : 0.76 Ton./Mt³.
Diámetro : 4 mm. a 5 mm.
Contenido de Agua : 0.2 %
Potencia : 4 Kw.
Material : Acero Inoxidable 304

5.5.1.7 Soplador.

Proyecto : Granulación de Urea Soplador de Ti
510 Ton./D. ro Inducido.
U-GB-403

Función. : Transportar las partículas de U-
rea desde el plato granulador y
lecho fluidizante hasta el ciclón.

Operación. : Contínua.

Núm. de Unid. Uso Regular 1

Requeridas. : Relevo 0

Flúidos Manipulados.

Composición del Gas. : Aire con finos de úrea

Capacidad. : 1625 Mt³/Min.

Peso Específico. : 0.972 Kg./Cm³

Temperatura de Succión.: 65 - 90°C.

Presión de Succión. : -650 mm. H₂O

Presión Descarga. : 50 mm. H₂O

Motor : 325 Kw.

RPM. : 4400

Voltaje : 440

Materiales : Acero Inoxidable 304.

5.6 Comparación de Costos de Producción.

La comparación de costos de producción de las tecnologías de prillado y granulado se muestran en 5.6.1 y 5.6.2, los mismos que están basados en la información técnica proporcionada por Richard Ruskand (Rev. Chemical Engineering Jun '76 y por la información de Mototaka Hanamura, Shirasu Tadao en el Meeting de Licenciadores de Urea en Osaka Japón '76).

Asimismo, en 5.6.3 se muestra el costo total de inversión para la modificación de la actual tecnología, su rentabilidad es de 18.12% y el tiempo de recuperación 4.5 años. En 5.6.4 se hace un análisis de sensibilidad del proyecto considerando la variación del precio de la úrea Vs. el efecto de la rentabilidad que se tendría.

5.6.1 Costos de Producción Prilling.

Precio de Planta.	:	\$/Tm.	6.37
Costo de Producción.	:	\$/T.	3.6
20% Retornos sobre			
Capital Invertido	:	\$/Tm.	2.77

Detalle de Costos de Producción.

Labor :

. Operación	:	0.55	
. Mantenimiento	:	0.29	
. Control Labor	:	<u>0.11</u>	
			0.95

Materiales :

. Mantenimiento	:	0.29	
. Operación	:	<u>0.092</u>	
			0.38

Utilidades :

. Vapor	:	0.161	
. Energía Eléctrica	:	<u>0.161</u>	0.322

Gastos Generales :

. Gastos Generales de Planta	:	0.95	
. Impuestos y Seguros	:	<u>0.194</u>	1.14

Capital :

. Depreciación	:	0.77	
. Retorno de Inversión	:	2.77	
. Interés sobre el Capital de Trabajo	:	<u>0.051</u>	3.78

Precio de Plata : \$ 6.37/Ton.

5.6.2 Costos de Producción Plato Granulador.

Precio de Planta	:	\$/Tm.	7.57
Costo de Producción	:	\$/Tm.	4.225
20% Retorno sobre Capital Invertido.	:	\$/Tm.	3.35

Detalle de Costos de Producción.

Labor :

. Operación	:	0.48	
. Mantenimiento	:	0.35	
. Control laborat.	:	<u>0.10</u>	0.93

Materiales :

. Mantenimiento	:	0.255	
. Operación	:	<u>0.09</u>	0.345

Utilidades :

. Vapor	:	0.21	
. Energía Eléctrica	:	<u>0.47</u>	
			0.68

Gastos Generales :

. Gastos Generales de Planta.	:	0.84	
. Impuestos y Seguros	:	<u>0.23</u>	
			1.07

Capital :

. Depreciación	:	1.15	
. Retorno de Inversión	:	3.35	
. Interés sobre el Capital de Trabajo.	:	<u>0.05</u>	
			4.55

Precio de Planta : \$ 7.57 Ton.

5.6.3 Costos de Inversión del Cambio de Tecnología de Fabricación de Urea Prillada por Granulada.

Para el cambio de tecnología prillado a granulado se necesita instalar equipos nuevos y aprovechar de los equipos existentes así mismo se utilizará líneas de proceso, servicio auxiliar. Todo esto contribuirá a reducir el costo total de inversión que es aproximadamente \$700,000 si se compara con los costos de inversión total proporcionados por R. Ruskand.

Con la actual tecnología de prillado es necesario realizar limpieza con agua cada trece (13) días a todos los equipos de la Torre Prilling en especial líneas de proceso y ductos de transportes, ocasionándose fuertes pérdidas de producción de aproximadamente 60 Toneladas al mes. Así mismo de acuerdo al diseño de la actual Torre Prilling por tope de ésta se libera hacia la atmosfera cerca de 3 a 5 toneladas por día, por lo que se tiene al mes una pérdida de 90 Ton., totalizando al mes, tendríamos una pérdida de 150 Ton.

Con el cambio de tecnología de granulación no se necesita efectuarle limpieza a todo este sistema, por lo que al año se estaría ahorrando aproximadamente \$212,400, considerando el precio de la úrea a \$118 Ton.

En los cuadros No. 13 y No. 15, se muestran los costos y determinación del capital a invertir para el cambio de tecnología.

5.6.4 Análisis de Sensibilidad Económica de la Inversión .

El cuadro No. 16, se muestra un resumen de los cuadros No. 18 al 24, así mismo éste cuadro se ha servido de ba-

se para elaborar el diagrama No. 27, en el cual se puede apreciar el efecto de las variaciones de la inversión sobre la rentabilidad y el tiempo de recuperación del capital invertido.

Como se puede notar en el Cuadro Resumen No. 16, bajo cualquier razón de impacto que pueda ocasionar variaciones en la inversión se tiene rentabilidad aceptable, así por ejemplo para una inversión de \$1'200,000 se tiene una rentabilidad de 7.79% y para una inversión de \$500.00 se tiene una rentabilidad de 22.5%.

El Cuadro No. 17, se muestra un Resumen de los Cuadros No. 25 al 29, así mismo éste cuadro se ha utilizado para elaborar el diagrama No. 28, en el cual se puede apreciar el efecto de las variaciones del precio del producto sobre la rentabilidad y el tiempo de recuperación del capital invertido.

Como se puede notar, en el Cuadro No. 17, la inversión es \$700,000 frente a cualquier variación de precio del producto, tiene rentabilidad aceptable así por ejemplo del 10% al 20%, para precios comprendidos entre \$80 a \$130, para un tiempo de recuperación de 4.1 a 6.1 años.

C U A D R O N o . 1 3 .

COSTOS DE LOS EQUIPOS NUEVOS PARA EL

PROCESO DE UREA GRANULADA.

	Costo Total \$ CIF - Talara
. Plato Granulador.	200,000
. Clasificador de Partículas.	54,268.23
. Ciclón.	103,652.32
. Tanque.	21,433.764
. Chancador.	4,021.97
. Bomba de Solución de Urea.	7,877.64
. Ventilador de Tiro Inducido	86,654.41
. Bomba de Urea Fundida	8,500
	<hr/>
	\$ 486,408.03

C U A D R O N o . 14.

RELACION DE EQUIPOS DE LA TECNOLOGIA DE

PRILLADO QUE SEGUIRAN UTILIZANDOSE.

CON LA TECNOLOGIA DE GRANULADO.

U-FC - 301 Ciclón.
U-JD - 302 Transportador de Tornillo sin Fin.
U-EA - 301 Fundidor de Urea.
U-FD - 301 Filtros.
U-FA - 301 Tanque de Cabeza.
U-PF - 302 Cámara de Polvo.
U-GB - 302 Soplador de Tiro Inducido.
U-FD - 301 Separador de Polvo.
U-GA - 302 Bomba de Solución de Urea.
U-GB - 303 Soplador para el Enfriador Fluidizante.
U-JD - 303 Faja Transportadora.
U-FD - 302 Enfriador Fluidizante.

C U A D R O N o . 1 5 .

DETERMINACION DE LA INVERSION DEL CAMBIO DE

PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO.

	\$
. Equipos de Proceso.	500,000
. Construcción y Estructuras.	70,000
. Accesorios de Acero al Carbono.	1,500
. Accesorios de Acero Inoxidable.	3,000
. Tubería de Acero al Carbono.	3,000
. Tubería de Acero Inoxidable.	10,000
. Aislamiento.	2,500
. Instrumentación.	2,000
. Pintura.	1,000
. Instalaciones Eléctricas.	50,000
. Supervisión e Ingeniería.	20,000
. Contingentes.	<u>37,000</u>
	<u>\$ 700,000</u>

C U A D R O No. 16.

EFECTO DE LAS VARIACIONES DE LA INVERSION

SOBRE LA RENTABILIDAD Y TIEMPO DE

RECUPERACION.

<u>Inversión</u> \$	<u>Rentabilidad</u> \$	<u>Tiempo de Recuperación</u> Años
500,000	22.5	3.49
700,000	18.12	4.5
720,000	17.48	4.6
750,000	16.48	4.7
1'000,000	10.76	5.97
1'200,000	7.79	6.84
1'500,000	1.7	8

C U A D R O N o . 17.

E F E C T O D E L A S V A R I A C I O N E S D E P R E C I O D E V E N T A

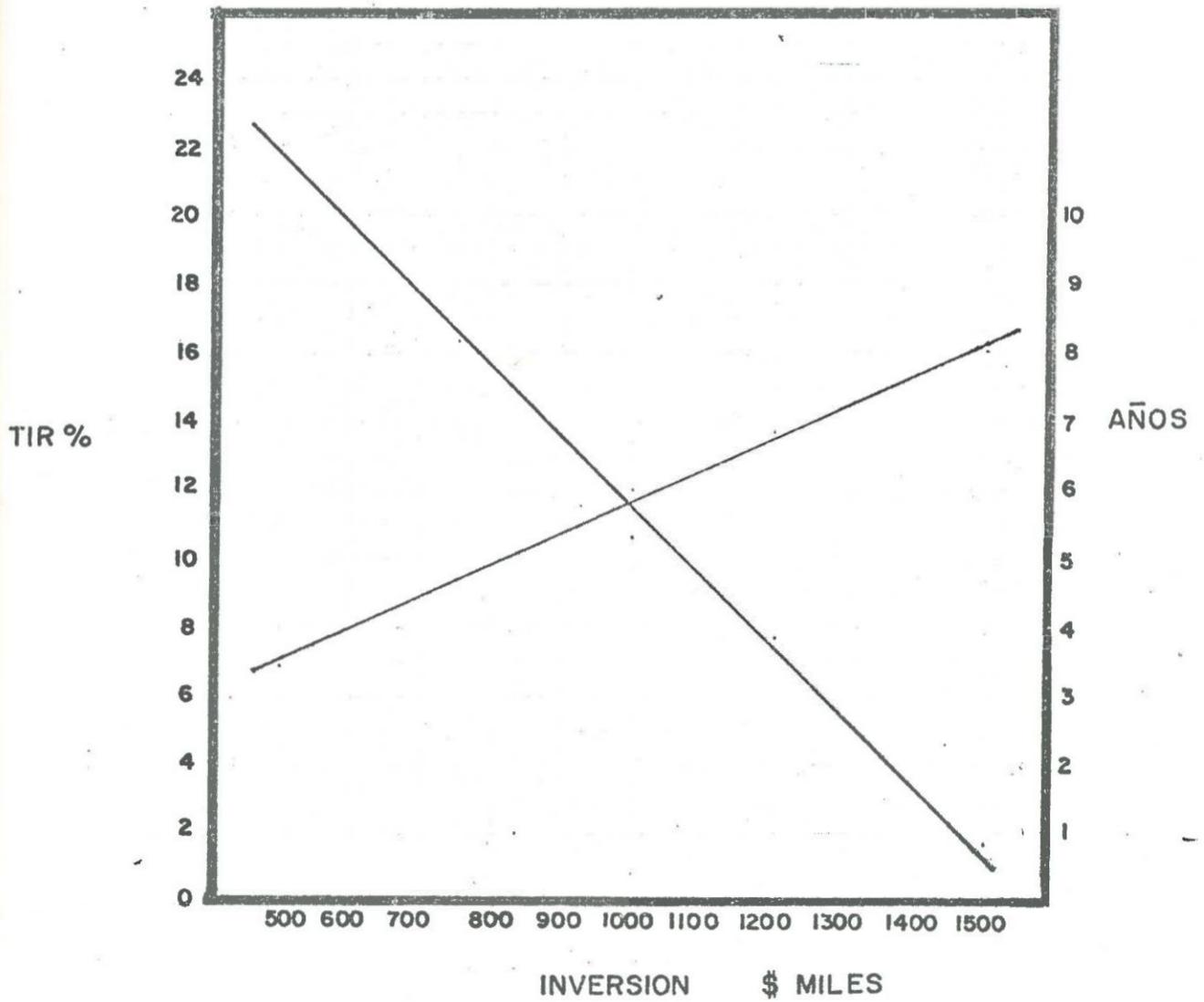
D E L P R O D U C T O S O B R E L A R E N T A B I L I D A D Y

T I E M P O D E R E C U P E R A C I O N .

<u>Precio de Venta</u> <u>\$</u>	<u>Rentabilidad</u> <u>%</u>	<u>Tiempo de Recuperación</u> <u>Años</u>
130	20.02	4.01
120	18.49	4.4
118	18.12	4.5
100	14.43	5.1
90	12.45	5.6
80	10.11	6.1

DIAGRAMA N° 27

EFFECTO DE LAS VARIACIONES DE LA INVERSION SOBRE
LA RENTABILIDAD Y TIEMPO DE RECUPERACION



CUADRO N° 18

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	500.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS		212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION		50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS		162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4	162.4
5	IMPUESTOS (40 %)		65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS		97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4
7	IFLUJO DE FONDOS NETO	-500.0	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4	147.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5 %	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5846	0.5563	0.5291	0.5030
	10 %	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3503	0.3181	0.2886	0.2615
	15 %	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4329	0.3739	0.3269	0.2843	0.2472	0.2148	0.1858	0.1598	0.1364
	20 %	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1338	0.1100	0.0895	0.0715
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5 %	-500.0	140.4	133.7	127.4	121.3	115.5	110.0	104.8	99.8	95.0	90.5	86.2	82.1	78.1	74.2
	10 %	-500.0	134.0	121.8	110.8	100.7	91.5	83.2	75.7	68.8	62.5	56.8	51.4	46.3	41.4	36.7
	15 %	-500.0	128.2	111.5	96.9	84.3	73.3	63.7	55.4	48.2	41.9	36.4	31.2	26.2	21.4	16.8
	20 %	-500.0	122.9	102.4	85.3	71.1	59.3	49.4	41.2	34.3	28.6	23.8	19.1	14.5	10.0	5.6

TASA INTERNA DE RETORNO

22.5%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años :

3.45

CUADRO N° 19
EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA
=====

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO					
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10				
1	INVERSION	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS		212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION		70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
4	INGRESO ARTES DE IMPUESTOS (2)-(3)		142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4	142.4
5	IMPUESTOS (40%) (4)*0.4		57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS (4)-(5)		85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO (6)+(3)	-700.0	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4	155.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION																
	5%	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139					
	10%	1.0000	0.9091	0.8244	0.7513	0.6836	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855					
	15%	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472					
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615					
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO (7)*(8)	-700.0	148.0	141.0	134.3	127.9	121.8	116.0	110.5	105.2	100.2	95.4	500.2				
	5%	-700.0	141.3	128.5	116.8	106.2	96.3	87.7	79.8	72.5	65.9	59.9	255.1				
	10%	-700.0	135.2	117.5	102.2	88.9	77.3	67.2	58.4	50.8	44.2	38.4	80.1				
	20%	-700.0	129.5	107.9	90.0	75.0	62.3	52.1	43.4	36.2	30.1	25.1	-48.3				

TASA INTERNA DE RETORNO :

18.12%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años :

4.5

CUADRO N° 20

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

ING.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	720.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS		212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION		72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0	72.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS		140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4	140.4
5	IMPUESTOS (40%)		56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2	56.2
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS		84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-720.0	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2	156.2
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5%	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139				
	10%	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855				
	15%	1.0000	0.8686	0.7581	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3259	0.2843	0.2472				
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615				
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5%	-720.0	148.8	141.7	135.0	128.5	122.4	116.6	111.0	105.7	100.7	95.9	486.4			
	10%	-720.0	142.0	129.1	117.4	106.7	97.0	88.2	80.2	72.9	66.3	60.2	240.0			
	15%	-720.0	135.9	118.1	102.7	89.3	77.7	67.5	58.7	51.1	44.4	38.6	64.1			
	20%	-720.0	130.2	108.5	90.4	75.4	62.8	52.3	43.6	36.3	30.3	25.2	-65.0			

TASA INTERNA DE RETORNO

17.48%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años :

4.6

CUADRO N° 21

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	AÑOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS		212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION		75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS		137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4	137.4
5	IMPUESTOS (40%)		55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS		82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-750.0	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4	157.4
B FACTORES DE ACTUALIZACION																
	5%	1.0000	0.9529	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139				
	10%	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855				
	15%	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472				
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615				
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO (71)(18)															
	5%	-750.0	149.9	142.8	136.0	129.5	123.4	117.5	111.9	106.6	101.5	96.7				
	10%	-750.0	143.1	130.1	118.3	107.5	97.8	88.9	80.8	73.4	66.8	60.7				
	15%	-750.0	136.9	119.0	103.5	90.0	78.3	68.1	59.2	51.5	44.8	38.9				
	20%	-750.0	131.2	109.3	91.1	75.9	63.3	52.7	43.9	36.6	30.5	25.4				

TASA INTERNA DE RETORNO : 16.48%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años : 4.7

CUADRO N° 22

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	1000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS		212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS		112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4	112.4
5	IMPUESTOS (40%)		45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS		67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-1000.0	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4	167.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5%	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5855	0.5591	0.5345	0.5115
	10%	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3500	0.3172	0.2868	0.2583
	15%	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3259	0.2843	0.2472	0.2137	0.1831	0.1549	0.1290
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3345	0.2791	0.2356	0.1999	0.1685	0.1398	0.1134	0.0890	0.0664
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5%	-1000.0	159.5	151.9	144.6	137.8	131.2	124.9	119.0	113.3	107.9	102.8	97.9	93.1	88.5	84.1
	10%	-1000.0	152.2	138.4	125.8	114.4	104.0	94.5	85.9	78.1	71.0	64.5	58.4	52.6	47.1	41.8
	15%	-1000.0	145.6	126.6	110.1	95.7	83.3	72.4	62.9	54.7	47.6	41.4	35.9	30.7	25.7	20.9
	20%	-1000.0	139.5	116.3	96.9	80.8	67.3	56.1	46.7	38.9	32.4	27.0	22.0	17.2	12.7	8.4

TASA INTERNA DE RETORNO

10.76%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Anos :

5.97

CUADRO N° 23

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	1200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS		212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION		120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS		92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4
5	IMPUESTOS (40 %)		37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS		55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4	55.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-1200.0	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4	175.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5 %	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5855	0.5592	0.5349	0.5124
	10 %	1.0000	0.9091	0.8254	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3503	0.3181	0.2886	0.2615
	15 %	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3259	0.2813	0.2412	0.2053	0.1734	0.1450	0.1200
	20 %	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1341	0.1111	0.0918	0.0750
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5 %	-1200.0	167.1	159.1	151.5	144.3	137.5	130.9	124.7	118.7	113.1	107.7	102.6	97.7	92.9	88.3
	10 %	-1200.0	159.5	145.0	131.8	119.6	108.9	99.0	90.0	81.8	74.4	67.6	61.2	55.2	49.5	44.1
	15 %	-1200.0	152.6	132.7	115.4	100.3	87.2	75.8	65.9	57.4	49.9	43.4	37.2	31.3	25.7	20.4
	20 %	-1200.0	146.2	121.8	101.5	84.6	70.5	58.8	49.0	40.8	34.0	28.3	23.0	18.0	13.3	8.9

TASA INTERNA DE RETORNO

7.79%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Anos :

6.84

CUADRO N° 24

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	1500.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4	212.4
3	DEPRECIACION	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4
5	IMPUESTOS (40 %)	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4	37.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-1500.0	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4	187.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5 %	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5855	0.5591	0.5345	0.5115
	10 %	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3500	0.3172	0.2868	0.2583
	15 %	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472	0.2151	0.1872	0.1631	0.1418
	20 %	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1341	0.1111	0.0921	0.0767
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5 %	-1500.0	178.5	170.0	161.9	154.2	146.9	139.9	133.2	126.9	120.8	115.1	109.7	104.6	99.7	95.0
	10 %	-1500.0	170.4	154.9	140.8	128.0	116.4	105.8	96.2	87.4	79.5	72.3	65.7	59.6	53.9	48.6
	15 %	-1500.0	163.0	141.7	123.2	107.2	93.2	81.0	70.5	61.3	53.3	46.3	39.9	34.1	28.8	24.0
	20 %	-1500.0	156.2	130.2	108.5	90.4	75.3	62.8	52.3	43.6	36.3	30.3	24.8	19.8	15.2	11.0

TASA INTERNA DE RETORNO

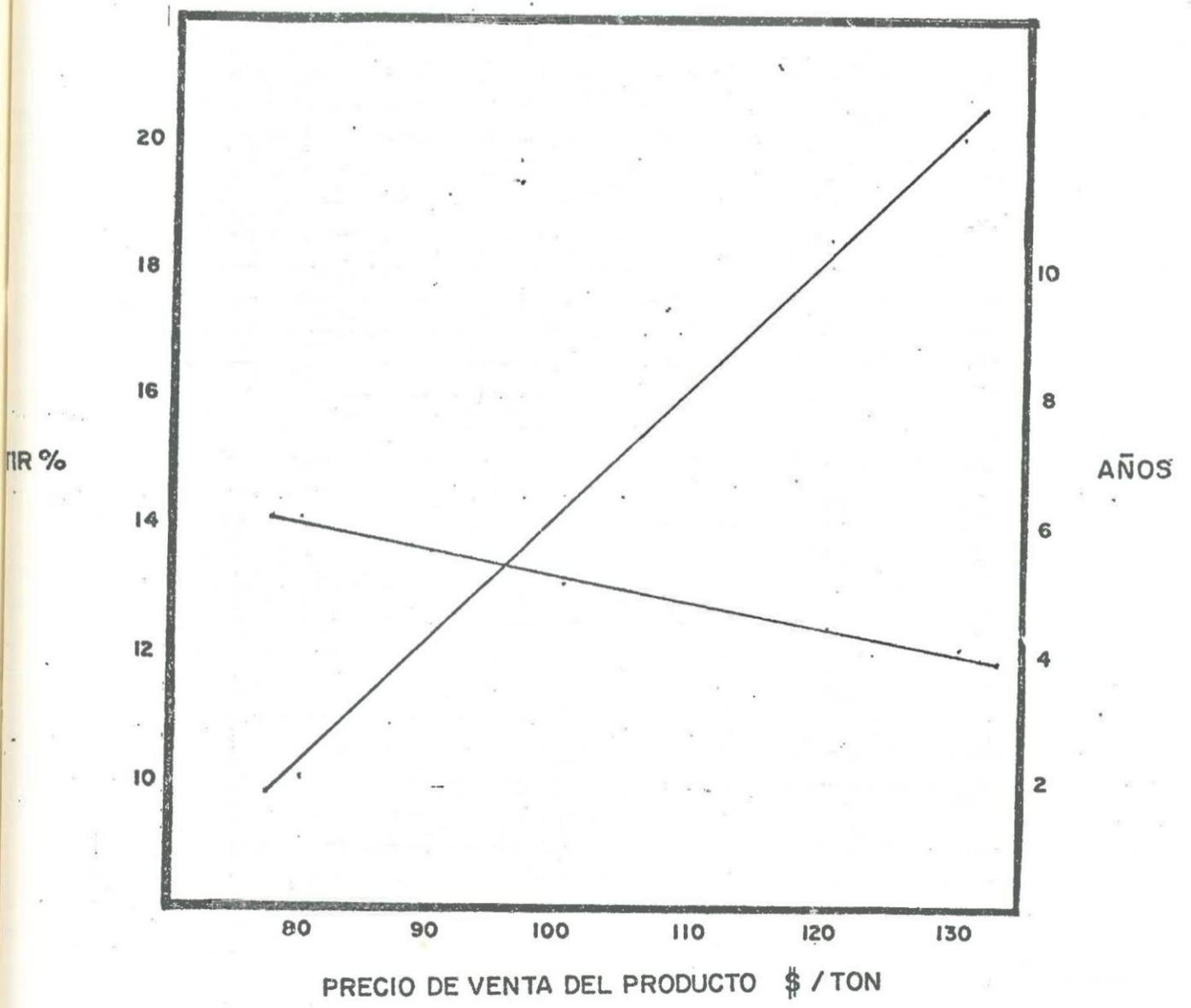
1.7%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años :

8

DIAGRAMA No. 28

EFFECTO DE LA VARIACION DE PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO
SOBRE LA RENTABILIDAD Y TIEMPO DE RECUPERACION



CUADRO N° 25

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

IND.	DESCRIPCION	AÑOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0
3	DEPRECIACION	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0
5	IMPUESTOS (40 %)	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6	65.6
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4	98.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-700.0	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4	168.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5 %	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6788	0.6486	0.6199	0.5925	0.5663	0.5411	0.5170
	10 %	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3500	0.3173	0.2871	0.2591
	15 %	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472	0.2151	0.1874	0.1636	0.1427
	20 %	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1347	0.1121	0.0931	0.0771
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5 %	-700.0	160.4	152.7	145.5	138.5	131.9	125.7	119.7	114.0	108.6	103.4	98.4	93.6	89.0	84.6
	10 %	-700.0	153.1	139.2	126.5	115.0	104.6	95.1	86.4	78.6	71.4	64.9	58.9	53.3	48.1	43.1
	15 %	-700.0	146.4	127.3	110.7	96.3	83.7	72.8	63.3	55.0	47.9	41.6	35.8	30.3	25.1	20.1
	20 %	-700.0	140.3	116.9	97.5	81.2	67.7	56.4	47.0	39.2	32.6	27.2	22.1	17.1	12.1	7.1

TASA INTERNA DE RETORNO : : 20.02%
 TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años : : 4.1

CUADRO N° 26

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0	216.0
3	DEPRECIACION	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0	146.0
5	IMPUESTOS (40 %)	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4	58.4
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6	87.6
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-700.0	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6	157.6
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5 %	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5855	0.5591	0.5345	0.5115
	10 %	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3500	0.3172	0.2868	0.2583
	15 %	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3259	0.2803	0.2472	0.2162	0.1870	0.1594	0.1333
	20 %	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2328	0.1938	0.1613	0.1319	0.1044	0.0786	0.0542
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5 %	-700.0	150.1	142.9	136.1	129.7	123.5	117.6	112.0	106.7	101.6	96.8	92.3	87.9	83.6	79.4
	10 %	-700.0	143.3	130.2	118.4	107.6	97.9	89.0	80.9	73.5	66.8	60.8	55.4	50.4	45.7	41.2
	15 %	-700.0	137.0	119.2	103.6	90.1	78.4	68.1	59.2	51.5	44.8	39.0	33.7	28.8	24.2	19.8
	20 %	-700.0	131.3	109.4	91.2	76.0	63.3	52.8	44.0	36.7	30.5	25.5	20.7	16.1	11.7	7.4

TASA INTERNA DE RETORNO : : 18.49%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años : : 4.4

CUADRO N° 27

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

NO.	DESCRIPCION	AÑOS											VALOR ACTUAL NETO			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	INVERSION	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
3	DEPRECIACION	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0	110.0
5	IMPUESTOS (40%)	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0	66.0
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-700.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0	136.0
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5%	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5855	0.5592	0.5348	0.5122
	10%	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3500	0.3174	0.2873	0.2594
	15%	1.0000	0.8496	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472	0.2152	0.1871	0.1625	0.1409
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1348	0.1124	0.0938	0.0784
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5%	-700.0	129.5	123.4	117.5	111.9	106.6	101.5	96.7	92.0	87.7	83.5	79.4	75.4	71.5	67.7
	10%	-700.0	123.6	112.4	102.2	92.9	84.4	76.8	69.8	63.4	57.7	52.4	47.1	42.0	37.0	32.1
	15%	-700.0	118.3	102.8	89.4	77.8	67.6	58.8	51.1	44.5	38.7	33.6	28.4	23.4	18.4	13.4
	20%	-700.0	113.3	94.4	78.7	65.6	54.7	45.5	38.0	31.6	26.4	22.0	17.4	12.9	8.4	3.9

TASA INTERNA DE RETORNO : : 14.43%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años : : 5.1

CUADRO N° 28

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0	162.0
3	DEPRECIACION	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
5	IMPUESTOS (40%)	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-700.0	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2	125.2
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5%	1.0000	0.9524	0.9070	0.8638	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5855	0.5591	0.5345	0.5115
	10%	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3508	0.3194	0.2908	0.2647
	15%	1.0000	0.8696	0.7561	0.6573	0.5718	0.4972	0.4323	0.3759	0.3269	0.2843	0.2472	0.2151	0.1874	0.1636	0.1429
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1347	0.1124	0.0941	0.0791
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5%	-700.0	119.2	113.6	108.1	103.0	98.1	93.4	89.0	84.7	80.7	76.9	73.3	69.9	66.7	63.6
	10%	-700.0	113.8	103.5	94.1	85.5	77.7	70.7	64.3	58.4	53.1	48.3	43.9	39.8	36.0	32.5
	15%	-700.0	108.9	94.7	82.3	71.6	62.2	54.1	47.1	40.9	35.6	30.9	26.6	22.6	18.9	15.5
	20%	-700.0	104.3	86.9	72.5	60.4	50.3	41.9	34.9	29.1	24.3	20.2	16.4	12.9	9.7	6.8

TASA INTERNA DE RETORNO

: : 12.45%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años : :

5.6

CUADRO N° 22

EVALUACION ECONOMICA

PROYECTO : CAMBIO DE PROCESO DE PRILLADO A GRANULADO EN UNA PLANTA DE UREA

METODO : FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS
(En Miles de dolares)

No.	DESCRIPCION	ANOS										VALOR ACTUAL NETO				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		10			
1	INVERSION	700.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	INGRESOS	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0
3	DEPRECIACION	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
4	INGRESO ANTES DE IMPUESTOS	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
5	IMPUESTOS (40%)	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6
6	INGRESO DESPUES DE IMPUESTOS	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4
7	FLUJO DE FONDOS NETO	-700.0	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4	114.4
8	FACTORES DE ACTUALIZACION															
	5%	1.0000	0.9524	0.9070	0.8633	0.8227	0.7835	0.7462	0.7107	0.6768	0.6446	0.6139	0.5845	0.5555	0.5272	0.5000
	10%	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209	0.5645	0.5132	0.4665	0.4241	0.3855	0.3500	0.3172	0.2868	0.2583
	15%	1.0000	0.8696	0.7561	0.6575	0.5718	0.4972	0.4323	0.3739	0.3209	0.2733	0.2307	0.1928	0.1591	0.1293	0.1030
	20%	1.0000	0.8333	0.6944	0.5787	0.4823	0.4019	0.3349	0.2791	0.2326	0.1938	0.1615	0.1339	0.1100	0.0893	0.0700
9	FLUJO DE FONDOS DESCONTADO															
	5%	-700.0	109.0	103.8	98.8	94.1	89.6	85.4	81.3	77.4	73.7	70.2	66.9	63.7	60.6	57.6
	10%	-700.0	104.0	94.3	85.9	78.1	71.0	64.6	58.7	53.4	48.5	44.1	39.9	36.0	32.3	28.8
	15%	-700.0	99.5	86.5	75.2	65.4	56.9	49.5	43.0	37.4	32.5	28.3	24.4	20.8	17.5	14.4
	20%	-700.0	95.3	79.4	66.2	55.2	46.0	38.9	31.9	26.6	22.2	18.5	15.1	11.9	9.0	6.3

TASA INTERNA DE RETORNO

::: 10.11%

TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION, En Años : 6.1

VI. CONCLUSIONES.

- . Con el presente estudio técnico económico, se ha demostrado la factibilidad de cambiar de tecnología de proceso prillado a - granulado en la planta de úrea, cuya capacidad es de 510 Tm./d de llevarse a cabo su instalación se contribuirá a obtener un producto de buena calidad a bajos costos.
- . La tecnología seleccionada es el plato granulador, para tal efecto se requiere de la adquisición del Equipo Principal (Plato Granulador) y Equipos Auxiliares (Bombas, Soplador de Tiro Inducido, Clasificador de Gránulos, Tanques de Disolución, - Chancador).
- . El diámetro promedio de los gránulos obtenidos están dentro del rango de 1 - 4 mm., determinándose de ésta mejores propiedades físicas del producto, como son, resistencia al apelmazamiento, disminución en la formación de finos, mejor fluibilidad, segregación de ésta manera se haría más resistente al manipuleo, - transporte, almacenamiento y condiciones climáticas para finalmente llegar al agricultor en óptimas condiciones de calidad.
- . El costo de inversión es de \$700,000, considerando un ahorro - de \$212,400.- al año, que por efecto del cambio de tecnología, se estaría evitando una pérdida de 1,800 Tm./Año, que implica las limpiezas (dos veces al mes) y emisión de partículas polutantes al medio ambiente, la rentabilidad del Proyecto es - 18.12% en base a utilidad neta e inversión total, el tiempo de recuperación del capital es de 4.5 años.
- . De acuerdo al análisis de sensibilidad económica se han obtenido los siguientes resultados :
 - Si ocurren variaciones de precios por tonelada de úrea, para una inversión de \$700,000.- la rentabilidad del -

proyecto estaría entre 10% para un precio de \$80 Tn.
y 20% para un precio de \$130 Ton.

- Si hubiesen variaciones en la inversión por efecto de los costos de los equipos, para un mismo ahorro de \$212,400 año, se tendría que para una inversión de \$500,000 se tendría una rentabilidad de 22.5%, para una inversión de \$1'200,000 se tendría una rentabilidad del 7.7%, para una inversión de \$1'500,000 se tendría una rentabilidad del 2%.

VII. RECOMENDACIONES.

- Proceder al más corto plazo al cambio de tecnología de prilla-
do por granulado en la actual planta de úrea de Talara, esto -
traería como ventaja obtener un producto de inmejorables condi-
ciones de calidad, por lo que incrementaría su eficiencia en -
el rendimiento como fertilizante, contribuyéndose de ésta mane-
ra con la agricultura, que en estos momentos tiene alta priori-
dad para el desarrollo del País. Otra de las ventajas con és-
te cambio es que el producto que se obtendría estaría en igual-
dad de condiciones de calidad con la úrea importada.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. **Fertilizer Manual.**
Published '84
International Fertilizer Development Center
United Nations Industrial Development Organization 1978.
2. **New Developments in Fertilizer Technology.**
National Fertilizer Development Center
13 Th. Demonstration
October 7 - 8 1980.
3. **Prilling Vs Granulado.**
Mayo 1979
Shuro Saito - Suguru Watanabe.
4. **Plant Operation Granulation.**
Chemicals Engineering 1968.
5. **G. M. Brovin.**
Urea Costos - Granulation - Prilling.
Report TVA
PSSA - TVA - 01 - 74 (1974).
6. **Prilling Vs Granulations - MTC Urea License Meeting.**
Mototaka Hanamura and Tadao Shirazu
Mayo 1976
7. **Prilling y Granulado for Nitrogen Fertilizer Production.**
Chem Eng 114 Junu 7 1975
Richard Ruskand.
8. **Granulation Fluidizing Proceso.**
Toyo Engineering Corp - Mitsui Toatsu Chemical
1984.
9. **Control de Procesos de Granulación de Fertilizantes Auxiliado por un computador.**
Ingeniería Química Enero 1985
José Ruiz Jimeno / Arturo Aranguren García.
10. **Urea Granules - Production and Application.**
T. Kawabe
Mitsui Toatsu Chemical Inc.
ULM 1984/28 Mayo 1984
Tokyo - Japón.
11. **Urea Granulation Plant.**
Experience Up Start
Natural Gas Corporation of New Zealand Ltd.
M. Glass.

12. **Catálogo Industrial 26-s.**
Boquillas de Aspersión y accesorios
Spraying Systems Co.
13. **TEC - MTC Urea Granulation Process.**
I. Makino / T. Honda
Urea Lincense Meeting ULM 1984
14. **Large Granule Urea Technology**
Toyo Engineering Corp.
Mayo 1984.
15. **Recuperación de Polvo de la Torre Prilling en el Complejo de Fertilizantes Talara.**
Informe TOO-025-80 - 1980
16. **Manual de Cálculo de Ciclones.**
O. Labahn.
17. **NSM's Fluidized Bed Urea.**
Granulation Process
J.P. Bruynseels
Nederlandse Stikstof Maatschappij NV.
Brussels, Belgium.
1981
18. **Pan Granulation of Fertilizer**
O. Skauli
Norsk Hidro As.
Symposium on Fertilizer Technology in Checoslovaquia 1978
19. **Trend in Urea Based Granular.**
Compound Fertilizer Technology
Makoto Kuwabara / 1977
20. **Mitsui Toatsu an Toyo Engineering Reduce Energy Consumption, and Develop New Granulation Technique.**
Nitrongen No. 128 Nov.1980
21. **Urea Prill Tower Performance Studies.**
Philip A. Ruziska
Exxon Chemical Company
22. **Costos de Equipos y Material de una Planta de Fertilizantes.**
Documentos de Embarque / Costos OIF - Talara.
23. **Manual del Ing. Químico.**
Robert H. Perry / Cecil H. Chilton.
Quinta Edición.

24. **Procesos de Transferencia de Calor.**
Kernd D. Q.
CECSA. Méjico 1965.
25. **Manual del Ing. Químico.**
J. H. Perry / Tercera Edición
Uteha Méjico 1966
26. **Termodinámica Básica para Ingenieros.**
Jorge Nakamura Muroy
27. **Principios Básicos y Cálculos de la Ingeniería Química.**
David M. Himmelblau.
28. **Tecnología de Fabricación de Urea.**
Proyecto de Planta de Fertilizantes / 1973.
29. **Equipment Schedult - Toyo Engineering Corporation Tokyo - Japón.**
Volúmen I - II - III.
M. Sahamato / 1974.
30. **Problemas de Ingeniería Química.**
Operaciones Básicas. - Joaquín Ocon García/Grabriel Tojo B.
31. **Como hacer la Tesis y el Trabajo de Investigación Universitario.**
Francisco Carrillo / 1976.
32. **Bombas, su Selección y aplicación.**
Tylerg Hicks / 1962
33. **Fundamentos de Termodinámica.**
Gordon J. Van Wylen y Richard e Sonntang / 1973
34. **Energía Mediante Vapor, Aire o Gas.**
W.H. Severns H.S. / H.E. Degler H.C. H.S. / J.L. Miles H.E.
35. **Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones.**
Manuel Viejo Zubicaray.

A P E N D I C E .

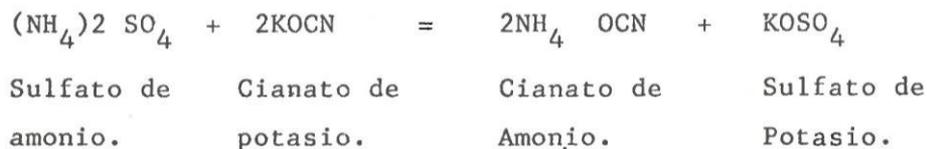
A P E N D I C E .

C A P I T U L O I I .

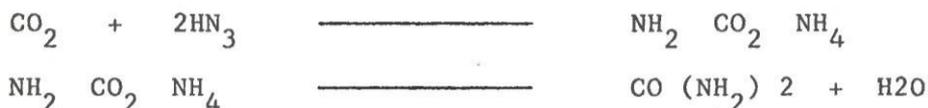
HISTORIA DE PRODUCCION DE UREA.

La úrea por primera vez fue identificada en la orina en 1,773 cuando se le pudo aislar por cristalización.

En 1,828 fue sintetizada por Wohler, a partir del sulfato de amonio y cianato de potasio tal como sigue:



En 1,870 el científico ruso Bazarov, obtuvo la síntesis de la Urea, a partir del amoniaco y dióxido de carbono, actualmente la mayoría de fabricantes utiliza este proceso.



Comercialmente la producción industrial de Urea se obtiene a partir de éste método, que empezó a utilizarse en 1,922 en Alemania, en 1,932 en Estados Unidos y en 1,935 en Inglaterra, en 1,920 comercialmente se inicia la producción, usando cianato de calcio de acuerdo a la siguiente reacción :



PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LA UREA.

a. Propiedades de la Urea.

Peso Molecular	60.06
Contenido Nitrógeno	46.6%
Color	Blanco
Gravedad Específica	1.335
Punto de Fusión	132.7 °C.
Solubilidad en Agua	
°C	Urea/100 gr.
0	40
20	52
40	65
60	72
80	80
100	88
Humedad Relativa Crítica	
20°C.	81%
30°C.	73%
Calor Específico 20°C.	0.32
Calor de Solución en Agua	- 57.8
(Endotérmica) Cal./Gr.	

La úrea en condiciones de un clima tropical es más Higroscópico, que el sulfato de Amonio, pero mucho menos que el Nitrato de Amonio.

b. Aplicaciones de la Urea.

- . Fertilizantes.
- . Alimento Proteico para animales rumiantes.
- . En Productos plásticos, úrea formaldehida, úrea melamina.
- . En medicina, para tratamiento de úlceras rebeldes y como diurético.

- . Fabricación de resinas de intercambio iónico.
- . Agente estabilizador en la fabricación de explosivos.
- . Lubricantes resistentes al frío.
- . Colorantes.
- . Ablandadores de compuestos celulósicos.
- . Aditivo para reducir la viscosidad de la caseína, cola, gelatina y almidón.
- . Detergentes para metales, deodorantes, cremas para la piel y loción.
- . En la Industria del Petróleo, se utilizan en la separación de cadenas rectas de hidrocarburos.

C A P I T U L O V.

5.3.1 Balance de Materia.

a) Balance de Materia en el Plato Granulador.

Alimentación de úrea fundida : 511. GTM/día.
Alimentación de Reciclo : 1023.2 TM/día.
Salida de Producto Granulado : 1483.2 TM/D.
Salida de Finos del Plato
al Ciclón : 51 TM/D.

b) Balance en el Enfriador Fluidizante .

Alimentación de Producto
Granulado. : 1483.2 TM/D.
Salida de Producto Enfria
do. : 1433.8 TM/D.
Salida de Producto que Es
capa al ciclón : 50 TM/D.

c) Balance en el Clasificador.

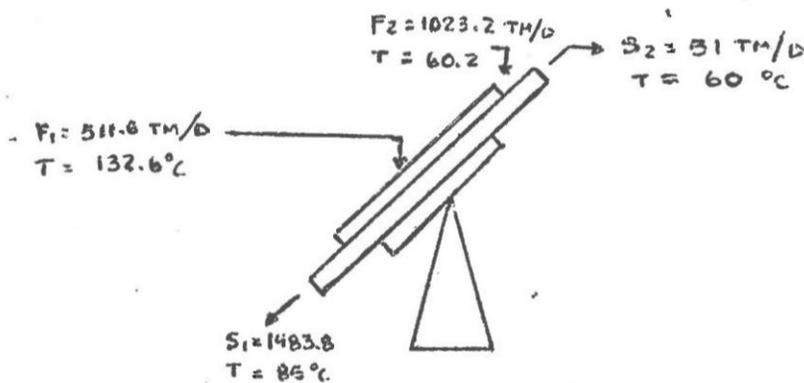
Alimentación de Producto a
Clasificarse. : 1433.8 TM/D.
Salida de Producto Granula
do de 1 a 4 mm. : 510 TM/D.
Salida de Producto de diá-
metros menores de 1 mm. : 903.8 TM/D.
Salida de Producto Diámetros
mayores de 4 mm. : 20 TM/D.

d) Balance en el Ciclón.

Alimentación al ciclón. : 101 TM/D.
 Salida del Ciclón : Al Proceso : 100 TM/D.
 Venteo : 1.6 TM/D.

5.3.2 Balance de Energía.

a) Balance de Energía en el Plato Granulador.



Aplicando :

$$\int_{H_1}^{H_2} H = m \int_{T_1}^{T_2} C_p dt = H_2 - H_1 = \int_{T_1}^{T_2} C_p dt$$

Considerando :

Calor de Fusión de la Urea = $\lambda_F = 57.72 \text{ Cal./gr.} = 104 \text{ BTU/LB}$
 Calor específico de la Urea 132.6°C $c_p = 0.476 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C}$.
 Calor específico de la Urea 85°C . $c_p = 0.41 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C}$.
 Calor específico de la Urea 60°C . $c_p = 0.375 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C}$.
 Entalpia $H_1 = 0$ a temperatura $T_1 = 20^\circ\text{C}$.
 Calor específico del Aire C_p Aire $20^\circ\text{C} = 0.245 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C}$.
 Calor específico del Aire C_p Aire $60^\circ\text{C} = 0.25 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C}$.

Balance Global de Energía en el Plato.

$$F H_1 + F_2 H_2 = S_1 H_3 + S_2 H_4 + Q_r \text{ Plato}$$

a.1 Entalpía del Flujo de Urea Fundida.

$$AH = mcp (T_2 - T_1).$$

$$AH = cp (T_2 - T_1) + \lambda_f$$

$$AH = 0.476 (132.6^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \text{Cal./Gr}^\circ\text{C} + 57.72 \text{ Cal./Gr.}$$

$$AH = 53.59 \text{ Cal./gr.} + 57.72 \text{ Cal./gr.}$$

$$AH = 111.31 \text{ Cal./gr.} \quad H_{2_{132.6^\circ\text{C}}} = 111.31 \text{ Cal/Gr} + H_{2_{20^\circ\text{C}}}$$

$$H_{2_{132.6}} = 511.6 \text{ Tm./Día} \times 111.31 \text{ Cal./gr.} \times 1,000 \text{ Gr./1 Kg.} \\ \times 1000 \text{ Kg/Tm.}$$

$$F_1 H_{2_{132.6}} = 56,946.19 \text{ Cal/Día} \times 10^6 + H_{2_{20^\circ\text{C}}}.$$

a.2 Entalpía del Flujo de Reciclo al Plato.

$$AH = mcp (T_2 - T_1).$$

$$AH = cp (T_2 - T_1).$$

$$AH = 0.375 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C} (60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}).$$

$$AH = 15 \text{ Cal/gr.} \times 1,023.2 \text{ Tn/Día} \times 10^3 \times 1,000 \text{ Kg./Ton.}$$

$$AH = 15,348 \times 10^6 \text{ Cal./Día}$$

$$F_2 H_{2_{60^\circ\text{C}}} = 15,348 \times 10^6 \text{ Cal./Día} + H_{2_{20^\circ\text{C}}}$$

a.3 Entalpía del Producto Granulado que sale del Plato.

$$AH = mcp (T_2 - T_1).$$

$$AH = cp (T_2 - T_1).$$

$$AH = 0.41 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C.} (85^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$AH = 0.41 (65)$$

$$AH = 26.65 \text{ Cal./Gr.}$$

$$AH = 26.65 \text{ Cal./Gr} \times 1,483.2 \text{ Tn./Día} \times 1,000 \text{ Gr./1 Kg.} \times 1,000 \text{ Kg./Ton.}$$

$$AH = 39,527.28 \times 10^6 \text{ Cal./Día}$$

$$S_{1H_3} = 39,527.28 \times 10^6 \text{ Cal./Día} + H_{20^\circ\text{C.}}$$

a.4 Entalpía del Producto que escapa al Ciclón.

$$AH = mcp (T_2 - T_1).$$

$$AH = cp (T_2 - T_1).$$

$$AH = 0.375 \text{ Cal./Gr}^\circ\text{C.} (40^\circ\text{C.})$$

$$AH = 15 \text{ Cal./Gr.} \times 51 \text{ Tn./Día} \times 1,000 \text{ Gr./1 Kg.} \times 1,000 \text{ Kg./1 Ton.}$$

$$AH = 765 \text{ Cal./Día} \times 10^6$$

$$S_{2H_4} = 765 \text{ Cal./Día} + H_{20^\circ\text{C.}}$$

a.5 Balance Global en Energía en el Plato Granulador.

$$56,946.19 \times 10^6 \text{ Cal./Día} + H_{20^\circ\text{C.}} + 15,348 \times 10^6 \text{ Cal./Día}$$

$$= 39,527.28 \times 10^6 \text{ Cal./Día} + H_{20^\circ\text{C.}} + 765 \text{ Cal./Día}$$

$$\times 10^6 + H_{20^\circ\text{C.}} + \uparrow \text{QR.}$$

$$72,294.19 \times 10^6 \text{ Cal./Día} + 2 H_{20^\circ\text{C.}} = 40,292.28 \times$$

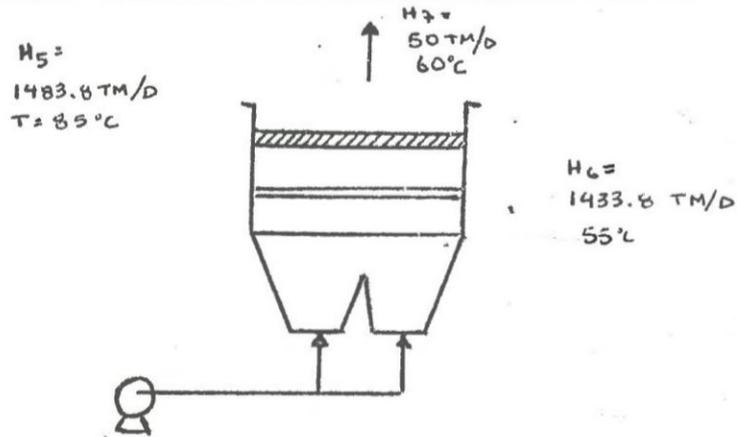
$$10^6 \text{ Cal./Día} + 2 H_{20^\circ\text{C.}} + \text{QR} \uparrow$$

$$32,001.91 \times 10^6 \text{ Cal./Día} = \text{QR}$$

$$1,333.41 \times 10^6 \text{ Cal./Hr.} = \text{QR} \uparrow$$

Calor Liberado en el Plato.

b) Balance de Energía en el Lecho Fluidizante.



b.1 Entalpía del Producto Alimentación al Lecho.

$$\int_{H_1}^{H_2} DH = T_{t1} = m \int_{T_1}^{T_1} cp dt$$

$$T_1 = 20 - H_1 = 0$$

Flujo de Urea al Enfriador = 1483.8 T./D.

Temperatura = 85°C.

$$C_p \text{ urea} = 0.41 \text{ Cal./Gr.}^\circ\text{C.}$$

$$\text{AH} = 39,527.28 \times 10^6 \text{ Cal./Día} = H_5 = H_4$$

b.2 Entalpía de Urea que sale del Lecho Fluído.

$$\text{AH} = cp (AT)_m \quad \text{Aire que sale con urea.}$$

$$c_p \text{ \u00fasrea a } 60^{\circ}\text{C} = 0.375 \text{ Cal./Gr}^{\circ}\text{C.}$$

$$\text{Flujo de Urea} = 50 \text{ T/D.}$$

$$\text{AH} = 50 \text{ Ton./D. (0.375 Cal./Gr.}^{\circ}\text{C) (60}^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C)}$$

$$\text{AH} = 750 \times 10^6 \text{ Cal./D\u00eda} = H_7$$

b.3 Entalp\u00eda del Producto que sale del Lecho Flu\u00edo.

$$\text{AH} = m c_p \text{ AT}$$

$$m = \text{masa de \u00fasrea que sale del enfriador} = 1,433.8 \text{ Ton./D.}$$

$$T = 55^{\circ}\text{C.}$$

$$c_p \text{ \u00fasrea a } 55^{\circ}\text{C.} = 0.369 \text{ Cal./Gr.}^{\circ}\text{C.}$$

$$\text{AH} = 1,433.8 \text{ Ton./D. (0.369 Cal./Gr.}^{\circ}\text{C.) (55 - 20)}$$

$$\text{AH} = 18,517.527 \times 10^6 \text{ Cal./D\u00eda} = H_6$$

b.4 Balance General.

$$H_5 = H_4 = H_7 + H_6 + Q_R \text{ Lecho}$$

$$39,527.28 \times 10^6 \text{ Cal./D\u00eda} = 750 \times 10^6 \text{ Cal./D\u00eda} + 18,517.52 \times 10^6 \text{ Cal./D\u00eda} + Q_R \text{ Lecho}$$

$$20,259.76 \times 10^6 \text{ Cal./D\u00eda} = Q_R$$

$$844.1566 \times 10^6 \text{ Cal./Hr.} = Q_r.$$

Calor a ser Removido en el Lecho.

c) Determinaci\u00f3n de la Cantidad de Aire en el Lecho.

$$Q = \text{Flujo Aire } C_{p \text{ aire}} \text{ AT.}$$

$$C_{\text{aire}} = 0.249$$

$$T_1 = 20^{\circ}\text{C}, T_2 = 60^{\circ}\text{C}.$$

$$Q = 844.1566 \times 10^6 \text{ Cal./Hr.}$$

$$\text{Flujo de Aire} = \frac{844.1566 \times 10^6 \text{ Cal./Hora}^{-1}}{0.249 \text{ Cal./Gr}^{\circ}\text{C} (60^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})}$$

$$\text{Flujo de Aire} = 84.7546 \text{ Gr./Hr.} \times 10^6 \times 1 \text{ Kg./1000 Gr.}$$

$$\text{Flujo de Aire} = 84.7546 \times 10^3 \text{ Kg./Hr.}$$

$$P_{\text{aire } 20^{\circ}\text{C}} = 1.204 \text{ Kg./Mt}^3$$

$$84.7546 \times 10^3 \text{ Kg./Hora} \times 1 / 1.204 \text{ Kg./Mt}^3$$

$$\text{Flujo de Aire} = 70,394.42 \text{ Mt}^3/\text{Hr.}$$

5.5.1.1 Selección del Plato Granulador.

Para la determinación del diámetro del Plato Granulador se ha utilizado la siguiente información técnica proporcionada por Mc Dowell - Wellman - Engineering company, Mitsui Toatsu Chemical y por Autoridad del Valle Tennesse.

<u>Diámetro del Plato</u> <u>Pies</u>	<u>Capacidad</u> <u>Ton./Hr.</u>	<u>Potencia</u> <u>H.P.</u>
18	30	40
19	23	
16.5	22	30
15	18	25
12	10	12

Las características Técnicas de estos equipos están basadas para la relación de Recirculación 2 - 3 Kg.

de producto reciclado al plato por 1 Kg. de úrea fundida alimentado al plato granulador, la Planta de úrea en estudio tiene una capacidad de producción de 21.25 Tn./hr. por lo que se ha seleccionado un plato granulador cuyo diámetro es de 5.5 Mts.

a) Cálculo del Consumo de la Potencia del Plato Granulador.

Para el cálculo de la potencia del Plato Granulador se ha utilizado la correlación empírica de Pietsch.

$$P = K D^2$$

D = Diámetro del Plato Granulador en Pies.

K = Constante 0.078052 Ton./Hr. ft^2

P = En caballos de fuerza.

$$P = K D^2$$

$$P = 0.078052 \times (16.5)^2$$

$$P = 21.2496 \text{ H.P.} \times 0.7461 \text{ Kw./1 H.P.}$$

$$P = 15.8543 \text{ Kw.}$$

b) Determinación de la Profundidad del Plato.

$$H = 0.20 D.$$

$$H = 0.20 (16.5 \text{ ft})$$

$$H = 3.3 \text{ ft.}$$

$$H = 1.0058 \text{ Mt.}$$

c) Cálculo del No. de Boquillas de Aspersión en el Plato.

Para el cálculo de boquillas de aspersión de úrea fundida se ha utilizado la información técnica que apare

ce en el Catálogo Industrial 26 - S - Métrico de -
Spraying System Co. y el Manual del Ingeniero Quí-
mico J. Perry

Para capacidad de boquillas :

- . Para fluídos de gravedad específica 1.25, se apli-
ca factor 0.89.
- . Para una presión de 3.5 Kg./cm², para una boquilla
diámetro 5.5 mm. se obtiene una capacidad de bo-
quilla 12.65 litros/minuto.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad Corregida} &= 12.65 \text{ Lt./Min.} \times 0.89 \\ \text{Capacidad de Boquilla} &= 11.2585 \text{ Lt./Min.} \end{aligned}$$

$$11.25 \frac{\text{Litros}}{\text{Minut.}} \times 1.25 \frac{\text{Gr.}}{\text{cc.}} \times \frac{\text{Kg.}}{1,000 \text{ Gr.}} \times \frac{\text{Ton.}}{1,000 \text{ Kg.}} \times$$

$$\frac{10^3 \text{ cc}}{\text{D Mt}^3} \times \frac{60 \text{ Minutos}}{\text{Hora}}$$

$$1 \text{ Boquilla} = 0.84375 \text{ Ton./Hora.}$$

Por lo tanto se requieren 26 boquillas en el manifo-
ld, ubicado en el plato granulador.

5.5.1.2 Bombas.

Diseño Bomba de Urea Fundida U-GA-411

Temperatura	: 135°C.
Gravedad Específica	: 1.25
Viscosidad	: 25 cps.
Presión de Vapor	: 0.83 Kg./cm ² 10.83 Kg./cm ²
Presión de Succión	: 1.033 Kg./cm ²

Cálculo del Caudal.

$$\begin{aligned} \text{Flujo} &: 21.25 \frac{\text{Ton.}}{\text{Hr.}} \times \frac{1,000 \text{ Kg.}}{1 \text{ Ton.}} \times \frac{1}{1.250 \times 1000 \frac{\text{Kg.}}{\text{Mt}^3}} \\ &\times \frac{1 \text{ Hora}}{60 \text{ Min.}} \times \frac{10^3 \text{ DM}^3}{1 \text{ Mt}^3} \times \frac{1 \text{ Galón}}{3.78} \end{aligned}$$

$$\text{Flujo} : 74.9558 \text{ Galón/Min.}$$

Cálculo de la Carga Hidrostática de la Bomba.

a) Columna de Succión : Hs

. Columna Estática de Succión : Hs = 2.1896 Mts./Líquido

$$1.75 \text{ Mt.} \times 1,250 \frac{\text{Kg.}}{\text{Mt}^3} \times \frac{1 \text{ Mt}^2}{10^4 \text{ cm}^2} \times$$

$$\frac{10.34 \text{ Metros de líquido}}{1.033 \text{ Kg./cm}^2} = 2.1896$$

a.1 Presión de Vapor : Pv = 8.272 Metros de líquido.

a.2 Presión Atmosférica : Pa = 10.34 Metros de Líquido

a.3 Pérdida de Carga en Línea de Succión : H_{fs} = 0.3124 Mts.

. Diámetro de Línea : 4" ø

. Longitud Equivalente en la Succión :

Tubería Recta = 2 Metros

1 Válvula Globo = 30.48 Metros

1 "T" Standart = 6.09 Metros

1 Codo 90° = 2.032 Metros.

40.602 Metros.

a.4 Determinación de Velocidad en Línea Succión 4" ø

$$A = \frac{\pi A^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.1016)^2}{4} = 0.0081 \text{ Mt}^2$$

$$V_1 \rho_1 A_1 = V_2 \rho_2 A_2$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$\frac{V_1 A_1}{A_2} = V_2 = \frac{0.2833 \text{ Mt}^3 \times \text{Mint}^{-1}}{0.0081072 \text{ Mt}^2}$$

$$V_2 = 0.5824 \text{ Mts./Seg.}^{-1}$$

a.5 Cálculo del Reynolds.

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.5824 \times 0.1016 \times 1.25 \times 10^3}{25 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 2,958.58$$

$$f = 0.044$$

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0.044 \times \frac{40.602}{0.1016} \times \left(\frac{0.5824}{2 \times 9.81} \right)^2$$

$$h_f = 0.3038$$

$$a.6 \cdot AK_c = \frac{K_c V^2}{2g}$$

$$AK_c = \frac{0.5 (0.3391)}{2 \times 9.81} = 0.008643$$

$$a.7 \cdot H_{fs} = h_f + AK_c$$

$$H_{fs} = 0.3038 + 0.008643$$

$$H_{fs} = 0.3124 \text{ Metros líquido.}$$

a.8 Cálculo del (NPSH)_{Requerido}.

$$(NPSH)_{Requerido} = (P_a + H_s) - (P_v + H_{fs}).$$

$$(NPSH)_{Requerido} = (10.34 + 2.1896) - (8.272 + 0.3124)$$

$$(NPSH)_{Requerido} = 3.9452 \text{ Metro líquido.}$$

b) Columna de Descarga : Hd

b.1 Determinación de la Velocidad en la Línea de Descarga

$$A_2 = \frac{3.14 (0.0762)}{4} = A_2 = 0.0045603$$

$$V_1 \rho_1 A_1 = V_2 \rho_2 A_2$$

$$\frac{V_1 A_1}{A_2} = V_2$$

Condición 1 - Tubería 4"

Condición 2 - Tubería 3"

$$\frac{0.5824 \text{ Mt.} \times \text{Seg.}^{-1} \times 0.0081072 \text{ Mt}^2}{A_2} = V_2$$

$$V_2 = \frac{0.5824 \times 0.0081072}{0.0045603}$$

$$V_2 = 1.03537 \text{ Mt.} \times \text{Seg.}^{-1}$$

b.2 Pérdida de Carga en Línea de Descarga : H_{fd}

. Diámetro de Línea : 3"Ø

. Longitud Equivalente en la Descarga :

Tubería Descargada	:	52	Metros
1 Válvula Globo	:	22.86	Metros
9 Codos de 90	:	<u>13.71</u>	Metros
		88.57	Metros

Cálculo de Reynolds :

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{u}$$

$$Re = \frac{1.03537 \times 0.0762 \times 1,250}{25 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 3,944.752$$

$$f = 0.041$$

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0.041 \cdot \frac{88.57}{0.0762} \cdot \frac{(1.03537)^2}{2 \times 9.81}$$

$$h_f = 2.6038$$

$$H_{fp} = 2.6038 \text{ Metros líquidos.}$$

b.3 Columna de Descarga.

Columna Estática. = 27.5266 Metros de líquido

Columna Total de Descarga = 27.5266 + 2.6038

Columna Total de Descarga = 30.1304 Metros de líquido

c) Tipo de Bomba.

Centrífuga de 1,750 r.p.m.

d) Cálculo de la Potencia Hidráulica : 2.3352 HP.

De Gráficos Diseño Práctico Esso y Tyler

. Se obtiene eficiencia mecánica de bomba es 53%

$$WHP = \frac{Q \text{ Hr } P}{247,000}$$

$$P = 77.8525 \text{ lb.} \times \text{bt}^{-3}$$

$$Q = 74.95 \text{ Gal.} \times \text{min}^{-1}$$

$$H_t = 98.8530 \text{ ft}$$

$$\text{WHP} = \frac{74.95 \times 98.8530 \times 77.8525}{247,000}$$

$$\text{WHP} = 2.3352 \text{ H.P.}$$

e) Caballaje al Freno.

$$\text{BHP} = \frac{\text{WHP.}}{\text{Em.}} = \frac{2.3352}{0.53} = 4.4061 \text{ Hp.}$$

f) Unidad Motriz.

Motor eléctrico, C.A., Jaula de Ardilla.

Caballaje al Freno 4.5 H.P.

Eficiencia de la Unidad Motriz = 80%

g) Corriente.

$$\text{Voltaje} = 440$$

$$\frac{4.5 \times 0.746}{0.80} = 4.19621 \text{ Kw.}$$

5.5.1.6 Consideraciones Preliminares para el Diseño del Ciclón.

- Flujo de aire en el plato es de 10,000 m^3 /hora.
- Flujo de aire en el enfriador fluidizante 70,394.42 M^3 /Hr.
- Aire total al ciclón 80,000 M^3 /Hr.
(1,333.33 M^3 /Minuto).

- . Temperatura del aire 60°C con polvos de úrea.
- . Velocidad de Entrada 20 Mts./Seg.
- . Según el manual de O. Labalm. (Pág. 300) se tiene las siguientes capacidades de flujo en Mt.³/minuto para los diferentes diámetros de ciclón.

Diámetro 1,200 1,500 2,000 2,500 3,000
Ciclón mm.

Caudal del
Aire Mt.³/Min.

Min.	235	300	475	750	1,200
Máx.	280	355	560	900	1,400

Por lo tanto para nuestro caso el flujo de aire es -
1,333 Mt./Min., la operación normal a 60°C. tendremos el
diámetro del ciclón a 3,000 mm.

Cálculo de la Velocidad del Aire.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Area}}$$

$$\text{Area} = \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$d = 1.18$$

$$\pi = 3.1416$$

$$\text{Area} = 0.785 (1.18)^2$$

$$\text{Area} = 1.1 \text{ Mt.}^2$$

$$\text{Velocidad} = \frac{1333 \text{ Mt.}^3 \times \text{Min}^{-1}}{1.1 \text{ Mt.}^2} = 1212.11 \text{ Mt}^3/\text{Min.}$$

Velocidad = 20.2019 Mts./Segundos

Densidad del Aire 0°C - 1 ATM = 1.293 Kg./Mt.³

Cr = 0.24 Kcal./K°C

$$\rho_2 = \frac{P_2 \rho_1 T_1}{P_1 T_2}$$

$$\rho_2 = \frac{1 \text{ atm.}}{1 \text{ atm.}} \times 1.293 \text{ Kg./mt}^3 \times \frac{273^\circ\text{K}}{333^\circ\text{K}}$$

$$\rho_2 = 1.06 \text{ Kg./Mt.}^3$$

Ecuaciones para el Diseño del Ciclón.

$$B_c = D_c / 4$$

$$D_e = D_c / 2$$

$$H_c = D_c / 2$$

$$L_c = 2 D_c$$

$$S_c = D_c / 8$$

$$Z_c = 2 D_c$$

$$J_c = \text{Arbitrario casi siempre } D_c / 4$$

$$B_c = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$D_e = \frac{3}{2} = 1.5$$

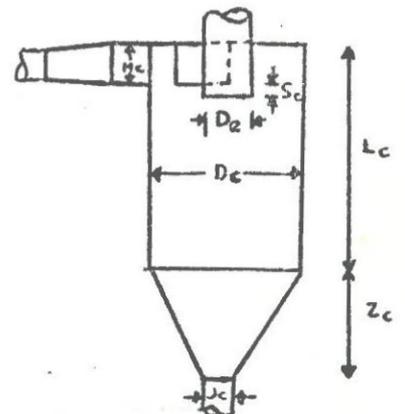
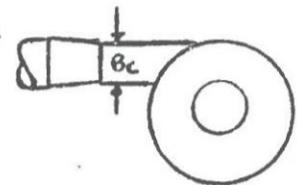
$$H_c = 1.5$$

$$L_c = 6$$

$$Z_c = 6$$

$$J_c = 0.75$$

$$S_c = 0.375$$



INDICE DE FORMULAS DEL

CAPITULO V.

- a) Ecuación No. 1. Cap-8-67 - Rumpf Agglomeration - R. Perry/
Cecil Chilton - Quinta Edición, Volúmen 1
Manual del Ing. Químico.
- b) Ecuación No. 2. Capi - 8 -67 Meissner I.E.L. Process Desingn
Develop 1964, R. Perry / C. Chilton - Manual
del Ing. Químico, Volúmen No. 1 - Quinta Edi
ción.
- c) Ecuación No. 3. Cap. - 8.71, Manual del Ing. Químico / Quin-
ta Edición. R. Perry / C. Chilton
- d) Ecuación No. 4. Capi - 8.30 y 8.71., Manual del Ing. Químico
Quinta Edición.
- e) Ecuación No. 5. Cap. - 8.72 - Pietsch - Manual del Ing. Quí-
mico - Quinta Edición R. Perry / C. Chilton.