

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE
PETRÓLEO, GAS NATURAL Y
PETROQUIMICA**



**“INDUSTRIALIZACION Y VALORIZACION DEL GAS NATURAL DE
CAMISEA: PETROQUIMICA BASICA EN FERTILIZANTES”**

TESIS:

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO PETROQUÍMICO**

MARIANELA MARMIE JANAMPA SOTO

PROMOCION 2004 – I

LIMA – PERÚ 2008

A MIS PADRES:

**QUE SIEMPRE ME APOYARON PARA ALCANZAR TODOS MIS
OBJETIVOS**

AGRADECIMIENTO:

- A TODOS MIS PROFESORES Y AMIGOS, QUIENES CON SU ASESORAMIENTO CIENTIFICO, ESTIMULO Y APRECIO, ME INCENTIVARON EL DESEO DE SEGUIR CRECIENDO INTELECTUALMENTE.

**PROYECTO: “INDUSTRIALIZACION Y VALORIZACION DEL GAS
NATURAL DE CAMISEA: PETROQUIMICA BASICA EN FERTILIZANTES”**

SUMARIO

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- DEMANDA DEL MERCADO DE FERTILIZANTES
- 3.- OFERTA DEL MERCADO DE FERTILIZANTES
- 4.- TECNOLOGIAS
- 5.- LOCALIZACION DE LA PLANTA
- 6.- DIMENSIONAMIENTO Y ESTIMACIONES ECONOMICAS DE LA
PLANTA
- 7.- CARACTERÍSTICA DE PRODUCTOS OBTENIDOS
- 8.- MEDIO AMBIENTE
- 9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- 10.- ANEXOS
- 11.- BIBLIOGRAFÍA
- 12.- GLOSARIO

INDICE

“INDUSTRIALIZACION Y VALORIZACION DEL GAS NATURAL DE CAMISEA: PETROQUIMICA BASICA EN FERTILIZANTES”

- 1.- INTRODUCCIÓN
 - 1.1.- DEFINICION DEL PROBLEMA
 - 1.1.1.- ANTECEDENTES
 - 1.2.- OBJETIVOS
 - 1.2.1.- OBJETIVO GENERAL
 - 1.2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS
 - 1.3.- ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

- 2- DEMANDA DEL MERCADO DE FERTILIZANTES
 - 2.1.- MERCADO INTERNACIONAL
 - 2.1.1. ANALISIS DE LA DEMANDA
 - 2.1.2. PRECIOS DE FERTLIZANTES
 - 2.2.- MERCADO NACIONAL
 - 2.2.1. ANALISIS DE LA DEMANDA
 - 2.2.2. PRECIOS DE FERTLIZANTES

- 3- OFERTA DEL MERCADO DE FERTILIZANTES
 - 3.1.- MERCADO LATINOAMERICANO
 - 3.1.1. ANALISIS DE LA OFERTA
 - 3.2.- MERCADO NACIONAL
 - 3.2.1. ANALISIS DE LA OFERTA

3.2.2. PRECIOS DE FERTLIZANTES

4.- TECNOLOGIAS

4.1.- PRODUCCION DE AMONIACO

4.1.1.- PROCESO DE OBTENCIÓN DE AMONIACO

4.1.2.- TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE AMONIACO

4.2.- PRODUCCIÓN DE NITRATO DE AMONIO

4.2.1.- TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE ACIDO NITRICO

4.2.2.- TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE NITRATO DE AMONIO

4.3.- PROCESO PARA LA PRODUCCION DE UREA

4.3.1.- PROCESO DE OBTENCIÓN DE UREA

4.3.2.- MATERIAS PRIMAS

4.3.3.- TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE UREA

5.- LOCALIZACION DE LA PLANTA

5.1.- CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN

5.2.- METODO CUALITATIVO POR PUNTOS

5.3.- CUADRO RESUMEN PARA ELECCIÓN CUALITATIVA DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA

6.- DIMENSIONAMIENTO Y ESTIMACIONES ECONOMICAS DE LA PLANTA

6.1.- CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO

6.1.1.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANTA DE AMONIACO

6.1.2.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANTA DE
UREA

6.1.3.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANTA
DE NITRATO DE AMONIO

6.2- CALCULOS DE SUMINISTRO DE GAS EN 20 AÑOS
PARA LAS PLANTAS DE AMONIACO, UREA Y
NITRATO DE AMONIO - GAS NATURAL DE CAMISEA

6.2.2- CALCULOS DE SUMINISTRO DE GAS A
TOMAR EN CUENTA

6.3.- EVALUACIÓN ECONOMICA

7.- CARACTERÍSTICA DE PRODUCTOS OBTENIDOS

7.1.- PRODUCTOS OBTENIDOS

8.- MEDIO AMBIENTE

8.1.- IDENTIFICACION DE IMPACTOS

8.2.- IMPLEMENTACION GENERAL PARA CUALQUIERA
DE LAS PLANTAS MENCIONADAS

9.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.- ANEXOS

10.1.- ANEXO 1: LOS FERTILIZANTES Y SU USO

10.2.- ANEXO 2: NUEVO FERTILIZANTE LÍQUIDO:
MEZCLA UREA Y NITRATO DE AMONIO

10.3.- ANEXO 3: EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA

10.4.- ANEXO 4: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

10.5.- ANEXO 5: PLANO DESCRIPCIÓN PLANTA
ACIDO NITRICO, NITRATO DE AMONIO

10.6.- ANEXO 6: BALANCE DE MATERIA DE CO₂
DE LAS PLANTAS DE AMONIACO Y UREA

10.7.- ANEXO 7: MAPA USO UREA PAIS

11.- BIBLIOGRAFÍA

12.- GLOSARIO

CAPÍTULO 1

1.- INTRODUCCIÓN

Comienzo esta descripción aclarando que el desarrollo de este proyecto de Tesis es técnico, pero que gracias a su contenido permitirá un desarrollo sostenible en el tiempo en América del Sur, y principalmente en el Perú, económica y socialmente.

Creo sinceramente, que la pobreza es el gran desafío que tenemos que enfrentar en todo el mundo, pero en especial en países como el Perú. Trabajar para erradicar la pobreza y ayudar a los pobres a conquistar derechos.

El Perú es un país agrario, los indicadores de población económicamente activa dependiente de la agricultura, la superficie agropecuaria y forestal, y la alta biodiversidad natural sustentan la naturaleza agraria del país. Gracias a esto, el Perú es capaz de lograr su sustento alimenticio mediante la producción agropecuaria interna. Esta capacidad ha mejorado a lo largo de la última década, en la medida en que la producción agropecuaria ha tenido un crecimiento importante, tanto en términos agregados como per cápita. En el año 2005, el sector agrario ha logrado crecer a una tasa promedio de 1,9% anual destacando el incremento de algunos cultivos como el algodón, maíz amarillo duro, arroz, papa, entre otros.

El sector agro exportador ha experimentado un crecimiento superior al 80% entre los años 2001 y 2004, en productos tradicionales, pasando de US\$ 783 millones a US\$ 1 320 millones. Además, luego de 20 años, el Perú ha obtenido una balanza comercial positiva de US\$ 92 millones en el año 2004. En el año 2005, las exportaciones agrícolas estuvieron alrededor de US\$ 1,600 millones.

Según el economista del Banco Mundial, Daniel Lederman, en el Perú la población rural es del 45%. Asimismo, sostuvo “La contribución del sector agropecuario es el doble de lo que se piensa y de lo que dicen las cifras oficiales. En consecuencia, las políticas de los gobiernos deberían tener un sesgo más favorable al sector rural” (Fuente: Ministerio de Agricultura).

Uno de los factores importantes de este proyecto reside en la ubicación geográfica del país, ya que se encuentra estratégicamente enclavado en la Cuenca del Pacífico, y teniendo en cuenta las reservas de gas natural el complejo petroquímico de Fertilizantes podría ubicarse en la región del Cuzco. Las regiones que se encuentran aledañas a las macro zonas de ubicación del proyecto se encuentran con una población en extrema y mediana pobreza; además, de que su única fuente de ingreso de supervivencia es la agricultura y la ganadería. Por tanto sería muy beneficioso la realización de este proyecto para el mejoramiento social y económico de su población, ya sea con la apertura de empleos, mejor calidad y precio de sus materias primas (fertilizantes); y mejoramiento de carreteras.

Las regiones que se encuentran en extrema pobreza son Huancavelica (80%), Ayacucho (70%), Apurímac (65%), Moquegua (35%) e Ica (30%) (FUENTE INEI), por lo que la zona sur del país se podría convertir en un gran potencial comercial de productos agrícolas, de mejor calidad y menores precios, siempre y cuando su materia prima (fertilizantes) estuviera al alcance de ellos.

1.1.- DEFINICION DEL PROBLEMA

La situación problema que se presenta es la falta de producción de Fertilizantes (Urea, Nitrato de Amonio, Sulfato de Amonio, Fosfato Diamónico, etc.) incrementándose el gasto de divisas por la importación de los mismos.

1.1.1.- ANTECEDENTES

Actualmente el Perú importa mas de 700 mil toneladas métricas anuales de fertilizantes, equivalentes a casi 200 millones US\$. Los principales fertilizantes importados son la urea y el fosfato diamónico.

Para el año 2010, se estima que existirá una demanda mundial superior a 40 y 90 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes fosfatados y nitrogenados respectivamente, y, de estas cantidades serán 30 y 50 millones toneladas métricas anuales para los países

pertenecientes a la Cuenca del Pacífico (América Latina, Oceanía, Asia del Sur, Asia del Este y Asia Socialista). En este entorno, América del Sur presenta un requerimiento mínimo de unos 8 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes.

Igualmente, para el año 2010, se estima que existirá un déficit de alrededor de 20 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial respectivamente. Asimismo, la proyección para el año 2015 muestra que el maíz, el arroz y el trigo son los cultivos que usaran la mayor parte de los fertilizantes (N,K,P). FUENTE: FAO y Ministerio de Agricultura.

Por lo tanto, se propone la construcción de un Complejo Petroquímico que involucre la producción amoniaco, urea y nitrato de amonio permitirá contribuir con el desarrollo de nuestro país, a la vez de países vecinos; con la producción de materias primas básicas para la agricultura y de vital importancia en la alimentación diaria de la población. Es necesario mencionar que muchos países no cuentan con reservas gasíferas y por tanto serán importadores de productos agrícolas básicos que sirven de alimentos para sus poblaciones; si hablamos del tratado de libre comercio (TLC) entre Perú y los Estados Unidos los productos que mas podremos exportar serán agrícolas, debido a que somos un país netamente agrario; creo que surge la necesidad de la construcción de plantas en fertilizantes con la finalidad de obtenerlo a un menor precio y de mejor calidad, permitiendo a la vez mejorar el ingreso per cápita de las poblaciones de las regiones involucradas.

Los beneficios para el país abarcarían desde la inversión de unos 900 a 1000 millones de dólares

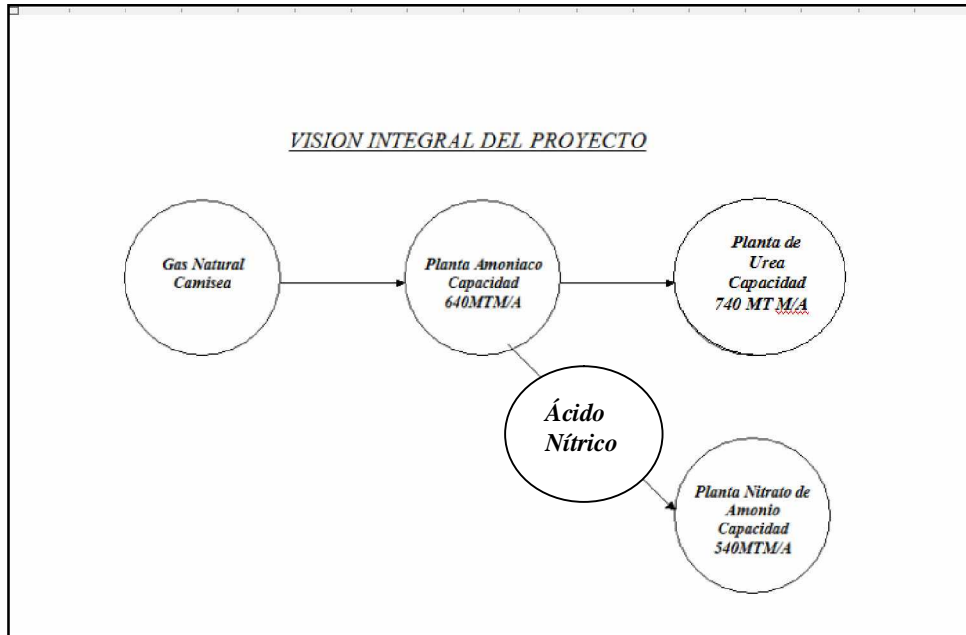


Figura 1: Visión integral del proyecto

1.2.- OBJETIVOS

1.2.1.- OBJETIVO GENERAL

Producir Fertilizantes Nitrogenados para el consumo nacional y para exportación, reduciendo el gasto en divisas por importación para el Estado Peruano.

1.2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Industrializar el Gas Natural de Camisea, transformándolo en productos de valor agregado, tales como urea y nitrato de amonio con el consiguiente desarrollo de la Industria Petroquímica en nuestro país.
2. Mostrar las ventajas en ingresos de divisas como productos derivados del gas natural y como materia prima.

1.3.- ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La estructura General de la Tesis es la siguiente:

En el primer capítulo se efectúa una introducción, en la que se define el problema y se establece el objetivo de la Tesis.

En el segundo capítulo se hace un análisis exhaustivo de la demanda del mercado en Fertilizantes, a nivel nacional como internacional.

En el tercer capítulo se hace un análisis de la oferta del mercado en Fertilizantes, a nivel nacional como internacional.

El cuarto capítulo muestra las descripciones de los procesos para obtener los Fertilizantes Nitrogenados a partir del amoniaco.

El quinto capítulo muestra una evaluación para la probable localización de las plantas de Fertilizantes.

El sexto capítulo se hace un análisis de las cargas como materia prima para la obtención de los diferentes fertilizantes nitrogenados, a su vez evaluando el tamaño óptimo de cada una con la finalidad de que sean rentables.

El séptimo capítulo se presenta las características de los productos obtenidos.

El octavo capítulo se muestra los posibles impactos positivos y negativos referentes al Impacto Ambiental.

Por último, después de analizar los resultados obtenidos se presentan las conclusiones y recomendaciones, que nos permiten tomar decisiones concretas para la aplicación del Proyecto desarrollado.

CAPÍTULO 2

2.- DEMANDA DEL MERCADO DE FERTILIZANTES

2.1.- MERCADO INTERNACIONAL

2.1.1. ANALISIS DE LA DEMANDA

Las plantas de amoníaco se encuentran localizadas preferentemente en países con gran población y/o ricos en gas natural, principal materia prima en la elaboración de gas de síntesis. Dado que el principal uso es la producción de fertilizantes, no sorprende que exista una gran producción en países agrícolas. China, por si sola, cuenta con una capacidad de producción de 36 millones de t/a, la mayor del mundo, mientras que la India y Japón son también grandes productores. Rusia (y Ucrania) con grandes reservas de gas natural suman otros 18 millones de t/a de capacidad, de manera que el continente asiático concentra un 50% del total mundial.

Asimismo, la urea representa el fertilizante nitrogenado más importante, siendo este muy utilizado en la producción de granos (maíz y trigo principalmente). A nivel mundial, el principal productor de este producto es también la China, país que representa el 30% del total. La India también juega un papel importante siendo el segundo productor contando con el 20%, siendo también un gran consumidor. EEUU a pesar de no ser un importante consumidor o productor a nivel mundial, posee una significativa participación como importador de urea, seguido por la Unión Europea, concentrando estos dos mercados algo menos del 30% de las importaciones mundiales.

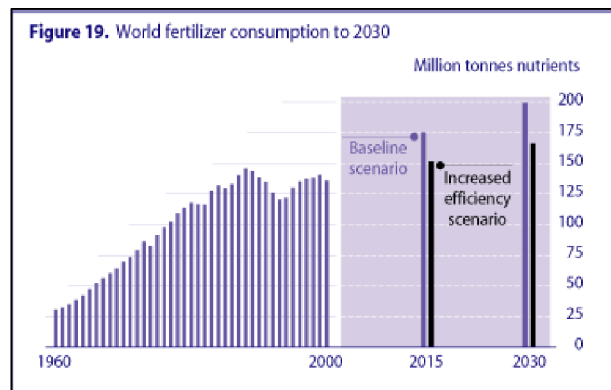
Si hablamos del amoníaco y de la urea podemos hablar de otros fertilizantes nitrogenados. El mercado mundial en el futuro para los fertilizantes nitrogenados será dominado por los países en vías de desarrollo, cuya participación en la producción y en el consumo global está creciendo constantemente. Sabemos que Europa occidental es el consumidor más grande del nitrato de amonio (esta región cuenta con el 30% del consumo global), siendo los productores más grandes de nitrato

de amonio E.E.U.U. y la Rusia. Una gran cantidad significativa de nitrato de amonio se fabrica en Europa central y occidental.

El nitrato de amonio es un fertilizante que no es encontrado en forma natural, teniendo dos usos principales: fertilizantes y explosivos. Se dice que el mercado mundial para los fertilizantes nitrogenados en los años que vienen será dominado por los países en vías de desarrollo

Es importante señalar que la Asociación de las Industrias de los Fertilizantes (IFA) ha pronosticado que hasta el año 2030 la demanda del consumo mundial en fertilizantes en general seguirá aumentando, como resultado del incremento de la población tal como se puede observar en el siguiente cuadro, además que el cultivo de maíz, trigo y arroz serán los productos que más fertilizantes consumirán.

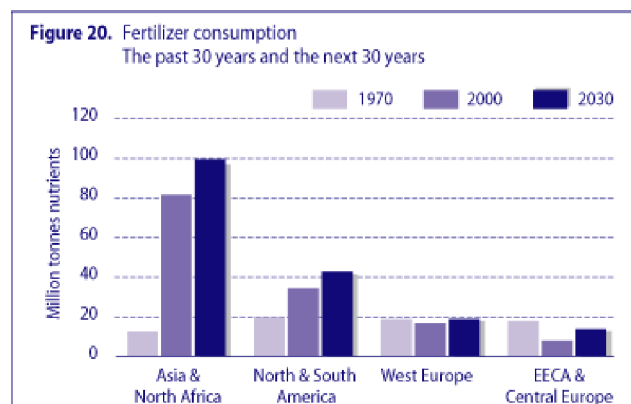
Si consideramos un lento crecimiento de la producción agrícola y en la población del mundo, así como un uso eficiente en la utilización de los fertilizantes, se pronostica que el uso de fertilizantes (N, P, K) aumentaría entre los años 2015 y 2030 de 167 y 199 millones de toneladas, dando por resultado tasas de crecimiento anual entre el 0.7 y 1.3 %.



Fuente: FAO

Figura 2.- Consumo de fertilizantes a Nivel Mundial al año 2030

La mayoría de dichos incrementos se darán en el Asia y Norte de África así como en el Norte y Sur de América, en cantidades que se observan en el cuadro adjunto:



EECA: Este de Europa y Asia Central, Fuente: FAO

Figura 3.- Consumo de fertilizantes a Nivel Mundial años 1970-2030.

No olvidemos que para el año 2010, se estima que existirá una demanda mundial superior a 40 y 90 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes fosfatados y nitrogenados respectivamente, y, de estas cantidades serán 30 y 50 millones toneladas métricas anuales para los países pertenecientes a la Cuenca del Pacífico (América Latina, Oceanía, Asia del Sur, Asia del Este y Asia Socialista). En este entorno, América del Sur presenta un requerimiento mínimo de unos 8 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes.

Igualmente, para el año 2010, se estima que existirá un déficit de alrededor de 20 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial respectivamente. Asimismo, la proyección para el año 2015 muestra que el maíz, el arroz y el trigo son los cultivos que usaran la mayor parte de los fertilizantes (N,K,P).

2.1.2. PRECIOS DE FERTILIZANTES

Los precios de los fertilizantes en el mundo se encuentran en incremento durante el presente año. El futuro aumento en el precio de dichos productos es debido a la alta demanda mundial, generada

principalmente por la China y ahora por la India, país que en los últimos meses ha aumentado considerablemente la importación de fertilizantes. Este aumento en la demanda por fertilizantes se debe a que los agricultores están obteniendo cada vez una mayor rentabilidad por sus productos en el mercado internacional y, por ende, buscan producir más. Desde el año 2006 a la fecha, el precio de fertilizantes como la urea, uno de los más utilizados por los agricultores peruanos, se ha duplicado en el mercado internacional, pasando de los US\$ 200 a un **promedio** de US\$ 400 por TM (precio FOB, que no incluye cargos por exportación, fletes y comisiones de comercializadores o 'traders').

2.2.- MERCADO NACIONAL

2.2.1. ANALISIS DE LA DEMANDA

El análisis de la demanda comprende un estudio estadístico de datos publicados por los entes comprometidos con el Sector Agrario, como son el Ministerio de Agricultura, y la Agencia Nacional de Aduanas, que nos permite obtener los volúmenes importados de fertilizantes involucrados en el proyecto.

Ante todo, cabe señalar que nuestro país consume actualmente unos 820,000 toneladas de fertilizantes por año, abasteciendo así a 2.2 millones de hectáreas de cultivos. De esa cifra, 350,000 TM corresponden a urea, 120,000 a fosfatos y las otras 350,000 a otros fertilizantes, siendo un 95% del consumo total abastecido por las importaciones.

Según la Dirección General de Información Agraria del Ministerio de Agricultura del Perú, en mayo del 2006 la Balanza Comercial Agraria registró un superávit de US\$ 22,3 millones, monto mayor al alcanzado en el mismo mes del 2005. Las exportaciones del sector fueron las que impulsaron este resultado positivo, principalmente por el incremento de las ventas al exterior de productos forestales, entre los que destacan maderas aserradas, y tablillas y frisos para parqués. El superávit del

subsector agrícola fue menor al de mayo del 2005, principalmente, por las mayores importaciones de maíz amarillo duro y trigo duro. Por su parte, el subsector agroindustrial contribuyó al reducir el déficit de su balanza comercial, como consecuencia del incremento de las exportaciones de alcachofas y espárragos en conserva, fundamentalmente.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) basado en su Informe Técnico N° 8 de Agosto del 2006, sobre Indicadores Económicos, dice que en la campaña agrícola (agosto 2005 - junio 2006), la superficie sembrada de los principales cultivo agrícolas ascendió a 1 921,4 mil hectáreas, cifra ligeramente superior en 0,97% respecto a las siembras ejecutadas en similar período de la campaña precedente. La configuración por zona geográfica muestra aumentos en la superficie instalada de cultivos en el Norte 3,50% y Sur 3,58% del país, en tanto que en las zonas Centro -1,19% y Oriente -4,95% el nivel de las siembras fue inferior. Cabe resaltar que, en la zona Sur (Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho, Apurímac, Cuzco y Puno), con excepción de Tacna, en todos los departamentos las siembras fueron mayores al de la campaña anterior (referente a los datos indicados al inicio del párrafo precedente), principalmente de cultivos como maíz amiláceo, trigo, papa y arroz.

La producción agropecuaria en el periodo enero-junio 2006, registro un crecimiento de 3.22% respecto al primer semestre del año anterior, cuyo subsector agrícola creció moderadamente en 2.05% proveniente principalmente de cultivos como el café, caña de azúcar, espárrago, frijól grano seco, zapallo, cacao, trigo, yuca; y entre las frutas la uva, limón, mango, plátano, piña y naranja; influenciado por las condiciones climáticas favorables que prevalecieron en las zonas productoras, rentabilidad en el precio de ciertos productos y mejor manejo agronómico de los cultivos.

Este crecimiento ligero del subsector agrícola permite incrementar las importaciones de materias primas y productos intermedios para la agricultura. Uno de los más importantes son los fertilizantes; el cual se muestra a continuación, los volúmenes de importación de los principales fertilizantes en el país.

Tabla N°1.- Reporte de Importaciones a Nivel Nacional

Productos: Nitrato de Amonio / Sulfato de Amonio / Urea

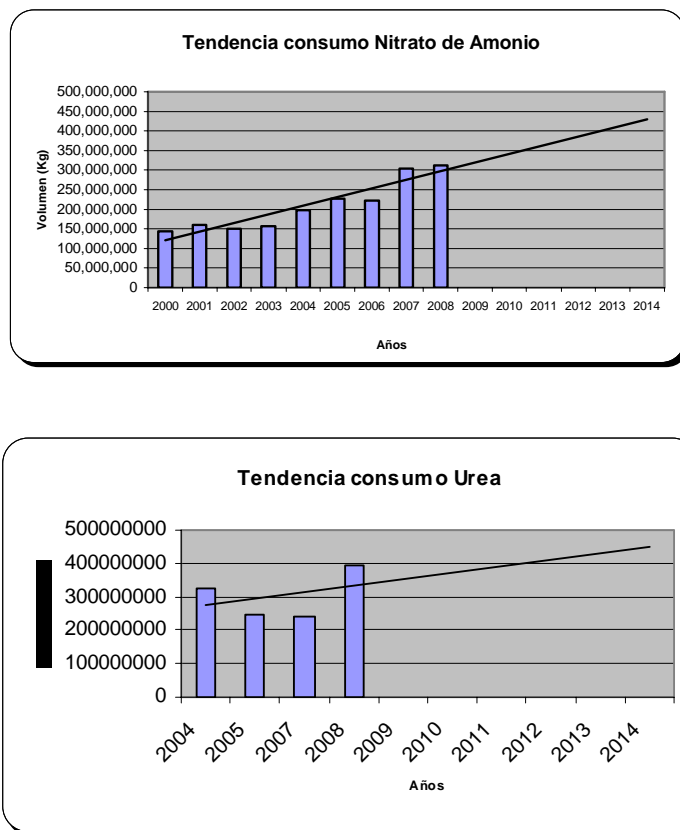
Año	Nitrato de Amonio (demás usos)		Nitrato de amonio (grado anfo)		Nitrato de amonio (uso agrícola)		Sulfato de amonio		Urea		Total Año	
	\$ CIF	Peso Neto (Kg.)	\$ CIF	Peso Neto (Kg.)	\$ CIF	Peso Neto (Kg.)	\$ CIF	Peso Neto (Kg.)	\$ CIF	Peso Neto (Kg.)	\$ CIF	Peso Neto (Kg.)
2000	5,877,652.83	27,632,755.19	22,482,438.41	103,659,802.20	1,763,820.40	13,189,950.00	2970571.95	39,475,623.61	44,848,600.42	352,786,558.88	77,943,084.01	536,744,689.88
2001	6,350,453.94	30,647,761.00	24,936,426.43	113,948,563.54	2,052,390.99	15,546,850.00	8472299.08	95,408,978.05	40,281,957.97	326,586,246.74	82,093,528.41	582,138,399.33
2002	4,642,990.58	21,882,611.78	20,281,038.46	94,304,698.36	3,992,107.62	34,590,480.00	2404446.15	30,536,511.25	46,247,651.12	380,974,453.42	77,568,233.93	562,288,754.81
2003	5,105,721.25	23,855,677.75	21,177,593.52	94,013,598.00	5,271,229.51	39,624,900.00	4630239.21	67,358,115.60	54,853,038.36	334,118,497.75	91,037,821.85	558,970,789.10
2004	6,234,740.13	26,561,340.00	30,018,670.93	106,999,486.25	11,668,759.22	63,037,178.05	7648340.72	63,226,217.06	74,463,330.67	328,090,580.71	130,033,841.67	587,914,802.07
2005	9,650,391.68	36,271,180.00	43,007,909.24	130,064,161.17	14,038,043.81	61,216,286.00	15995159.59	110,231,988.44	65,204,256.92	247,920,666.00	147,895,761.24	585,704,281.61
2006	9,693,948.19	36,099,050.50	40,228,818.03	119,235,499.20	14,002,661.24	67,022,199.11	8,321,935.31	66,865,960.20	86,124,238.99	340,668,756.00	158,371,601.76	629,891,465.01
2007	15,806,379.47	51,763,264.00	52,045,708.17	143,518,317.00	28,667,571.78	109,172,254.98	18,063,090.43	93,677,934.00	87,909,322.68	242,552,959.50	202,492,072.53	640,684,729.48
2008	7,704,860.34	17,125,183.13	29,474,286.49	64,324,280.85	23,736,179.02	54,665,550.00	24,199,193.71	85,109,882.67	71,863,294.09	164,665,851.00	156,977,813.65	385,890,747.65
Total	61,373,190.22	235,739,772.85	243,424,071.65	850,832,907.37	91,190,102.35	391,043,449.03	84,383,340.84	585,025,250.68	485,671,452.23	2,377,695,814.00	1,124,413,759.05	5,070,228,658.94

FUENTE: SUPERINTENDENCIA DE ADUANAS

* Mayo del 2008

Asimismo, en base a los datos del cuadro anterior se realizó algunas proyección a fin de conocer la tendencia de nuestro mercado a futuro. se observan algunos gráficos donde se observa la tendencia de las importaciones y de la demanda al 2014 de cada uno de los productos indicados:

Figura 4.- Tendencia Consumo Fertilizantes Nitrogenados 2014



Fuente: Aduanas / Elaboración propia

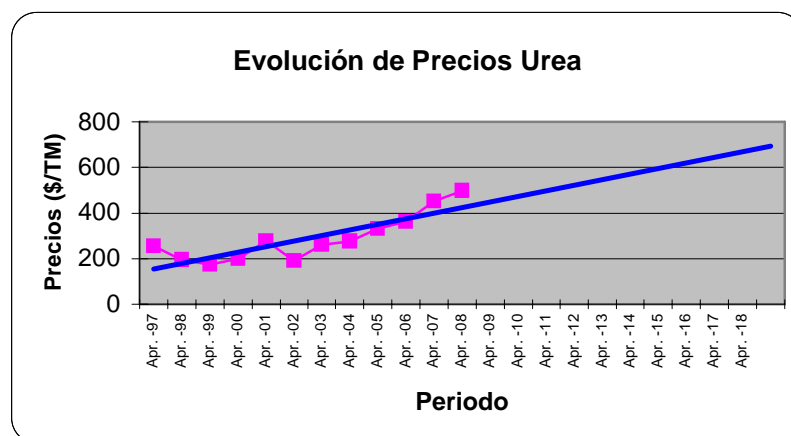
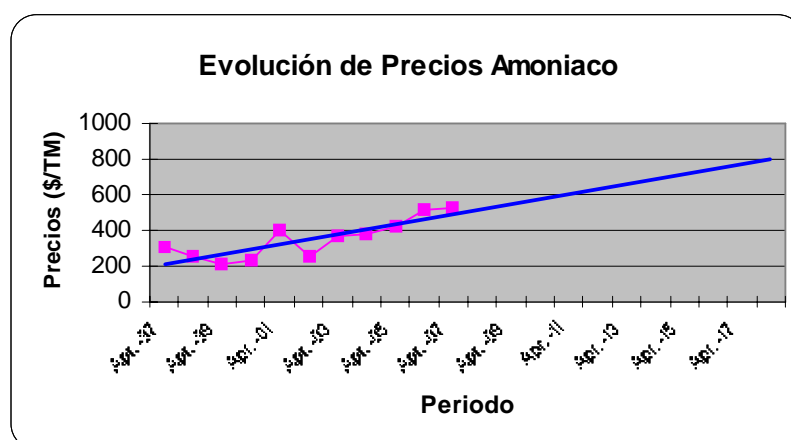
2.2.2. PRECIOS DE FERTILIZANTES

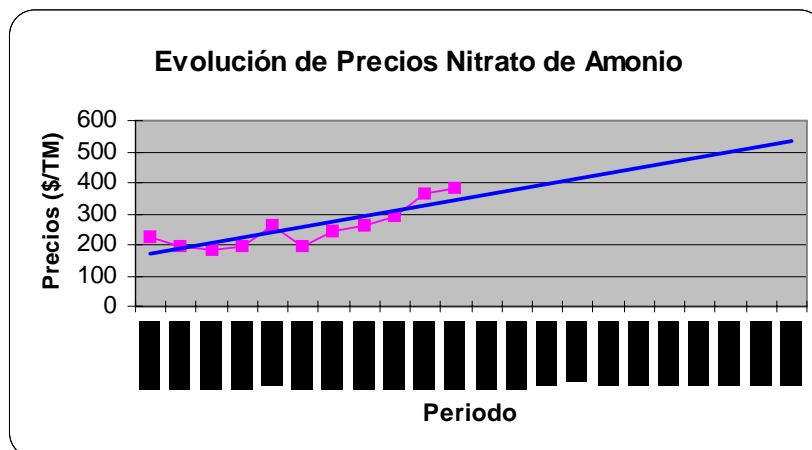
Asimismo el precio promedio actual de la tonelada de la urea que manejan los traders internacionales es de US\$ 400. Sin embargo, a ese precio hay que añadirle unos US\$ 130 por conceptos de flete, impuestos de ingreso al país y el margen de los mayoristas. Hasta allí el precio por tonelada puesta en el minorista es de **US\$ 530**. Cabe señalar que al precio al consumidor hay que agregarle el margen de este último canal.

A este paso los analistas no auguran un buen panorama a los agricultores peruanos en lo que se refiere al precio de los fertilizantes durante los próximos meses.

A continuación se muestra cuadros en donde se observan proyecciones realizadas en base a la evolución de los precios de fertilizantes nitrogenados de años recientes. En base a estos cuadros podremos realizar nuestras estimaciones de evaluación económica, la cual se mostrará en un siguiente capítulo.

Figura 5:- Evolución de Precios Fertilizantes Nitrogenados





SITUACIÓN ACTUAL DEL PERU Y A NIVEL MUNDIAL DE LA DEMANDA DE FERTILIZANTES

- *La FAO augura a futuro un desabastecimiento de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial. Para el año 2010, se estima que existirá un déficit de alrededor de 20 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial respectivamente.*
- *El Perú actualmente importa fertilizantes a fin de poder abastecer la demanda nacional de productos agrícolas, siendo utilizado para ello un 95% de las importaciones efectuadas.*
- *Asimismo, se observa un incremento en la superficie sembrada de los principales cultivo agrícolas especialmente en la zona sur del país, pudiendo ser esta zona un futuro emporio comercial de productos agrícolas si se abasteciese de insumos necesarios para su cultivo.*
- *Los precios de los fertilizantes se encuentran incrementándose a nivel mundial, no augurándose un buen panorama a los agricultores peruanos en lo que se refiere al precio de los fertilizantes durante los próximos meses, siendo necesaria una solución próxima al desabastecimiento próximo a venir.*

CAPÍTULO 3

3.- OFERTA DEL MERCADO DE FERTILIZANTES

3.1.- MERCADO LATINOAMERICANO

3.1.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA

El amoníaco es el producto petroquímico con mayor capacidad instalada a nivel mundial, con valores que superan los 150 millones de toneladas anuales. Analizando a América Latina, la capacidad de amoníaco representa un 4,5% de la instalada mundialmente. Si se incluyera a Trinidad y Tobago, dicho porcentaje aumentaría hasta alcanzar un 7%.

Tabla N°2.- Capacidades instaladas en América Latina – Plantas de Amoníaco

País	Empresa	Localización	Capacidad (Mt/a)
ARGENTINA	PROFERTIL	Bahía Blanca	750
	PETROBRAS ENERGIA	Campana	120
BRASIL	PETROBRAS – FAFEN	Camacari, BA	495
	PETROBRAS -FAFEN	Laranjeiras. SE	412
	ULTRAFERTIL	Araucária, PR	439
	ULTRAFERTIL	Piacaguera	191
COLOMBIA	FERTICOL	Barrancabermeja	Dato no disponible
VENEZUELA	FERTINITRO	José, Anzoátegui	1200
	PEQUIVEN	El Tablazo, Zulia	660
	SERVIFERTIL	Morón, Carabobo	200
MEXICO	PEMEX	Cosoleacaque, Veracruz	2080
MEXICO	PEMEX	Camargo, Chihuahua	130
TOTAL			6677

Fuente: APLA

La urea es el principal derivado del amoníaco y fertilizante nitrogenado. Su capacidad instalada en el mundo es de 133 millones de t/a y en América Latina representa un 4% de la instalada mundialmente, tal como se muestra a continuación:

Tabla N°3.- Capacidades instaladas en América Latina – Plantas de Urea

País	Empresa	Localización	Capacidad (Mt/a)
ARGENTINA	PROFERTIL	Bahía Blanca	1100
	PETROBRAS ENERGIA	Campana	200
BRASIL	PETROBRAS – FAFEN	Camacari, BA	495
	PETROBRAS -FAFEN	Laranjerias. SE	594
	ULTRAFERTIL	Araucária, PR	630
COLOMBIA	FERTICOL	Barrancabermeja	11
VENEZUELA	FERTINITRO	José, Anzoátegui	1460
	PEQUIVEN	El Tablazo, Zulia	800
	SERVIFERTIL	Morón, Carabobo	250
TOTAL			5540

Fuente: APLA

En México, existe capacidad de Urea (Agronitrogenados: 1 MMt/a: Soluciones Químicas para el Campo y la Industria: 240 Mt/a), pero desde el año 2000 no se produce (conflicto sindical), siendo muy incierto el futuro, por lo que se ha preferido no contabilizarla dentro de la capacidad instalada.

La producción y venta de amoníaco se indica en la siguiente tabla, en la que puede verificarse el bajo nivel de utilización de las plantas de México, ya que de las cinco unidades en Cosoleacaque solo operaron dos en el año 2002, que fueron las únicas operativas en todo México.

Tabla N°4.- Producción – Venta de Amoníaco en América Latina

País	Producción Mt/a	Importación Mt/a	Ventas externas Mt/a	Consumo aparente Mt/a	Consumo per capita (kg/hab)
ARGENTINA	729	0	90	639	17,0
BRASIL	1.073	268	81	1.260	7,2
CHILE	0	161	0	161	10,7
COLOMBIA	Dato no disponible	53	64		
VENEZUELA	1.181	0	420	761	30,4
MÉXICO	680	135	157	658	6,4
TOTAL		617	812		

Fuente: APLA

El uso principal del amoníaco es la producción de fertilizantes nitrogenados. La mayoría de los productores de América Latina (México sería la excepción) transforman su amoníaco en urea, que es su principal derivado.

Asimismo, los datos de producción y ventas de urea, muestran dos países exportadores netos: Argentina y especialmente Venezuela, y el resto importadores de volúmenes significativos, que justificarían nuevas instalaciones en la región.

Tabla N°5.- Producción – Venta de Urea en América Latina

PAÍS	PRODUCCIÓN Mt/a	IMPORTACIÓN Mt/a	VENTAS EXTERNAS Mt/a	CONSUMO APARENTE Mt/a	CONSUMO PER CAPITA (KG/HAB)
ARGENTINA	1.122	148	492	778	20,7
BRASIL	1.239	1.103	99	2.243	12,8
CHILE	0	427	0	427	28,3
COLOMBIA	9	460	3	466	11,1
VENEZUELA	1.020	28	471	577	23,1
MÉXICO	0	563	0	563	5,5
TOTAL	3.390	2.729	1.065	5.054	

Fuente: APLA

El cuadro muestra claramente que Brasil, México, Colombia y Chile son fuertes importadores y solo Venezuela y, en menor medida, Argentina tiene importantes saldos exportables.

El uso mayoritario de la urea es como fertilizante, al que se destina el grueso de la producción en América Latina y el mundo. El segundo uso industrial importante de la urea es la producción de resinas urea-formaldehído. A partir del gas de síntesis se obtiene el amoníaco y el metanol y la urea y el formaldehído sus principales derivados respectivamente.

La urea se vende tanto a granel como en bolsas. En Argentina, por ejemplo, se usa mucho el transporte interno en barco, en lotes de 20 000 TM hasta los terminales de los versátiles clientes localizados en los

puertos de Necochea, San Nicolás y San Lorenzo. Otra forma de transporte es el ferrocarril, que recién empieza a desarrollarse en Brasil y es bastante empleado en Argentina (vagones que transportan 50 toneladas cada uno). El tercer tipo de transporte que domina en Brasil, y es frecuente en Argentina, es el terrestre por camión. Estos cargan bolsas típicamente de 25 kg en Brasil, aunque en Argentina las de Profertil son preferentemente de 50 kg.

3.2.- MERCADO NACIONAL

3.2.1 ANÁLISIS DE LA OFERTA

La producción nacional es insignificante tal como se observa en el siguiente gráfico:

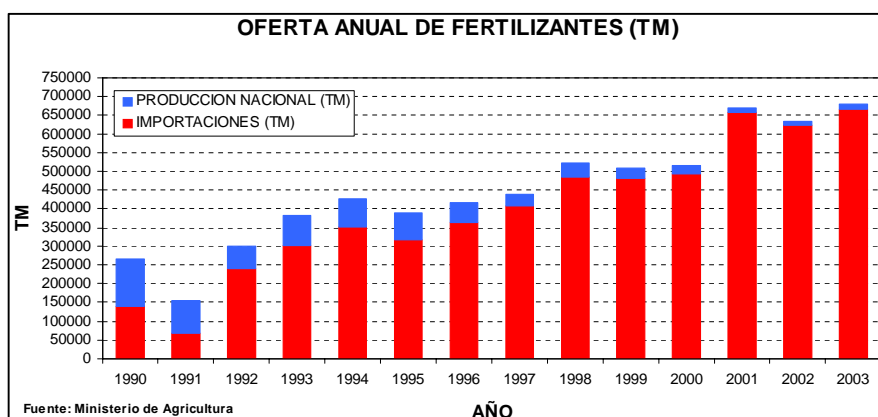


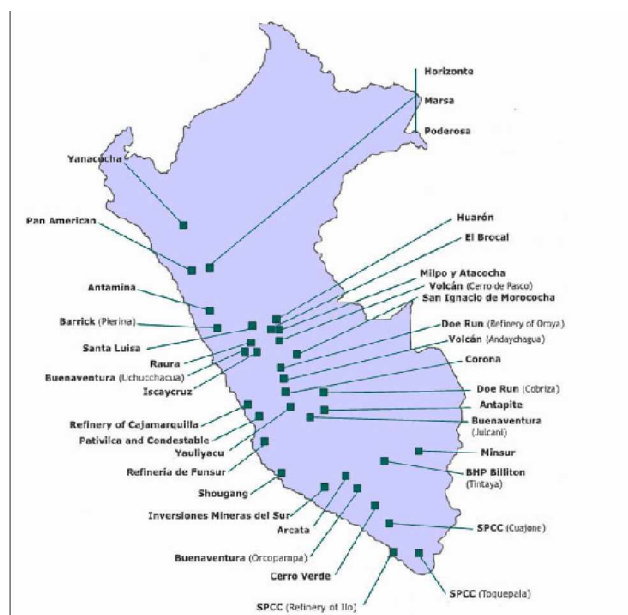
Figura 6.- Oferta Anual de Fertilizantes

Anteriormente existía una industria nacional productora de fertilizantes de propiedad estatal en el norte del país, pero con el proceso de privatización llevado a cabo en los 90 esta industria fue desmantelada. Así mismo, en 1998 se privatizó una planta llamada Fertilizantes Sintéticos S.A. (Fertisa) que fue adquirida por la empresa Nitratos S.A., pero las actividades fueron paralizadas en el año 2000 debido a la escasa demanda, de forma que actualmente no existe ninguna empresa productora de fertilizantes químicos.

El Grupo Gloria S.A. posee una empresa que se denomina Industrias Cachimayo la cual produce Nitrato de Amonio grado ANFO (Anexo 3) con una capacidad de 90 t/d (Toneladas por día) aproximadamente 30

000 t/a (Toneladas por año), pero este tipo de nitrato es exclusivo para uso minero, pero la planta posee versatilidad capaz de producir Nitrato de Amonio como fertilizante para la agricultura y técnico para la industria. Actualmente toda su producción esta destinada al sector minero abasteciendo a las empresas Southern, Shougan, ex-BHP Tintaya.

Figura 7.- Centros Mineros en el Perú



Minas en operación y principales proyectos mineros



SITUACIÓN ACTUAL DEL PERU Y A NIVEL MUNDIAL DE LA OFERTA DE FERTILIZANTES

- *Los datos de producción y ventas de urea muestran dos países exportadores netos: Argentina y especialmente Venezuela.*
- *Brasil, Colombia, México y Chile son fuertes importadores de volúmenes significativos de amoníaco y urea, lo que justificarían la creación de nuevas instalaciones de plantas de fertilizantes en la región.*
- *En el Perú la producción nacional de fertilizantes actualmente es casi insignificante, ya que no contamos con complejos petroquímicos que generen este insumo.*

CAPÍTULO 4

4. TECNOLOGIAS

Debido a que la propuesta basada en la presente tesis habla de la ejecución de un complejo petroquímico para la obtención de amoniaco, urea y nitrato de amonio a continuación se muestra algunas reseñas referentes a procesos para la obtención de los productos mencionados, indicando sus tecnologías de aplicación así como empresas licenciantes para la elaboración de dichas instalaciones:

4.1.- PRODUCCION DE AMONIACO

4.1.1.- PROCESO DE OBTENCIÓN DE AMONIACO

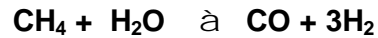
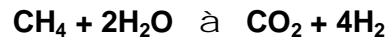
Las Plantas de amoniaco están diseñadas para producir amoniaco anhidro comercial, usando gas natural como materia prima. El gas alimentado es primero purificado y luego convertido a gas de síntesis por reformado. El gas de síntesis es luego purificado y comprimido para la conversión catalítica en amoniaco. Los vapores de amoniaco, así formados, son condensados, recuperados y transferidos a los límites de almacenamiento de la planta. A continuación se muestra el proceso desde una perspectiva general para la obtención de dicho producto:

4.1.1.1.- Producción y Purificación de Gas de Síntesis

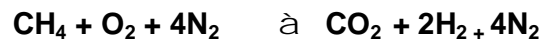
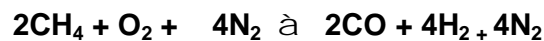
La parte inicial de una Planta de amoniaco, es conocida como Área de Purificación y Reformado de Gas, está diseñada para producir gas de síntesis comenzando con un reformado primario a alta presión, usando gas natural y vapor de agua como materias primas. El gas de proceso reformado primariamente, es luego oxidado con aire y así nuevamente reformado en el reformador secundario. Estas dos etapas son seguidas por dos etapas de conversión del monóxido de carbono (CO), donde el CO producido en las etapas de reformado, reacciona con vapor. El dióxido de carbono (CO₂), producido en la etapa de conversión de CO es removido por Absorción en una solución de monoetanolamina (MEA);

finalmente, la corriente de gas de proceso es purificada por metanación. Las reacciones químicas que ocurren en cada una de estas etapas pueden ser ilustradas como sigue:

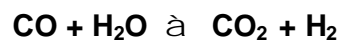
1. Etapa de Reformado Primario:



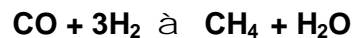
2. Etapa de Reformado Secundario, donde el metano remanente reacciona con aire:



3. Etapas de Conversión del CO, donde el CO producido en las reacciones de reformado es convertido a CO₂ por reacción con vapor:



4. Etapa de Metanación donde son removidas las trazas remanentes de óxidos de carbono:



Todas estas reacciones tienen lugar a alta temperatura (563 °F) en presencia del catalizador adecuado (óxido de níquel). Las reacciones 1 y 2 son endotérmicas, y el resto exotérmicas. La mezcla de gas resultante, siguiente de la etapa de metanación, contiene tres partes de hidrógeno y una parte de nitrógeno con trazas de inertes. Esta es conocida como gas de síntesis de amoníaco.

Para una alimentación de gas natural adecuada para reformado con vapor, éste debe contener menos de una parte por millón (1 ppm) de azufre total. También, debe ser baja en olefinas para la operación continua con relaciones vapor/gas económicas. Consecuentemente, el gas natural disponible para el reformador debe ser desulfurado para la protección del catalizador de reformación y asegurar una larga vida al catalizador. Esto es llevado a cabo pasando la corriente de gas a través de lechos de carbón activado.

El gas alimentado es luego mezclado con vapor sobrecalentado y fluye a través de los tubos llenos de catalizador del reformador primario. Los gases calientes resultantes fluyen luego a través del reformador secundario y tiene lugar la reacción de oxidación, en presencia del catalizador de reformación secundaria, esta sección es enfriada con condensado. La corriente de gas caliente luego fluye a la primera etapa de Conversión de CO, donde la mayor parte del CO es convertido a CO₂ en presencia del catalizador de conversión. El gas es luego enfriado un poco y fluye a la segunda etapa de conversión donde ocurre la conversión final. Los gases son luego enfriados y la mayoría del CO₂ es removido en el Absorbedor de dióxido de carbono con la solución de MEA. La purificación final del gas tiene lugar calentando el gas y pasándolo a través del Metanador. En el Metanador, las cantidades finales de CO y CO₂ contenidas en el gas son convertidas catalíticamente a metano y agua. El gas resultante es enfriado y fluye al compresor.

4.1.1.2.- Compresión

Todos los requerimientos de compresión de gas para la planta de amoníaco son manejados por un compresor de servicios múltiples. Esto incluye gas de síntesis, reciclo de gas de síntesis, refrigeración y aire de proceso.

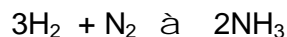
Esta mezcla de gases conteniendo 3 partes de hidrógeno y 1 parte de nitrógeno, va a los cilindros del compresor donde es sometido a 4 etapas

de compresión a aproximadamente 5000 psig (340 atm). La mezcla de gases ahora ya estará listo para la conversión en amoniaco. Esta reacción no es completa y es necesario un reciclo que también es manejado por el compresor multiservicio.

El compresor maneja la refrigeración necesaria para condensar el amoniaco producido de la corriente de reciclo.

4.1.1.3.- Síntesis de amoniaco

En el Área de Síntesis de amoniaco de la planta, una corriente combinada de gas conteniendo hidrógeno y nitrógeno y gas de reciclo entra en el convertidor de amoniaco a una presión de, aproximadamente, 4800 psig (326.5 atm). Aquí, la corriente de gas es sometida a un intercambio de calor previo a contactarse con el catalizador de síntesis de amoniaco. Parte del gas de síntesis reacciona para formar amoniaco, mediante la siguiente reacción química.



Esta reacción es exotérmica, y este calor es removido por intercambio térmico con la corriente de gas de síntesis entrante.

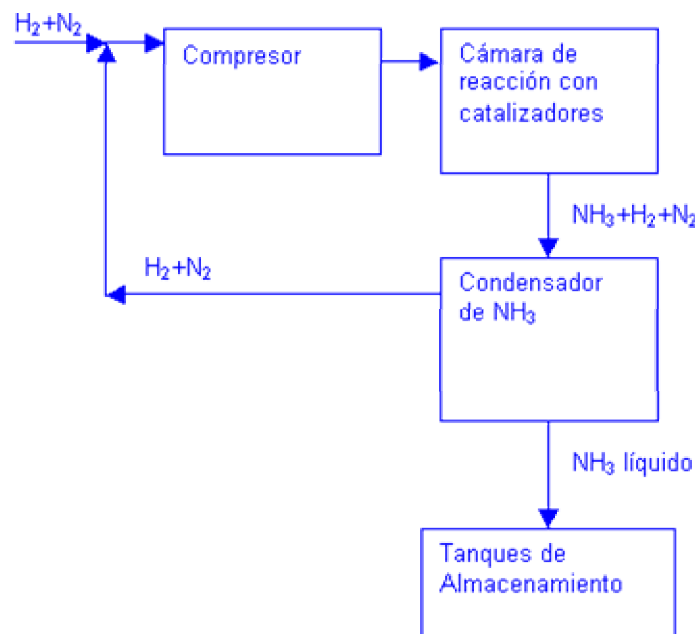
La corriente de gas, conteniendo vapor de amoniaco, deja el convertidor y es enfriada por intercambio térmico, primero con aire y luego con agua. Esto condensa algo de amoniaco de la corriente de gas en un separador. El gas luego es reciclado al ciclo de síntesis a través del cilindro de reciclo del compresor de servicio múltiples. La reposición de gas de síntesis fresco es adicionada a esta corriente de reciclo y la corriente combinada pasa a través de un filtro de gas donde se le retira el aceite y luego ingresa a la carcasa del intercambiador del ciclo. Aquí, el gas es parcialmente enfriado antes de entrar al segundo condensador donde se enfría por refrigeración y se condensa más amoniaco en la corriente de gas. El amoniaco líquido y la mezcla de gas entran al segundo separador donde el amoniaco condensado es separado del gas. El amoniaco líquido separado drena en el primer tanque de

disminución de presión y el gas de síntesis fluye por los tubos del intercambiador del calor de ciclo donde es calentado antes de entrar al convertidor de amoniaco.

El amoniaco líquido de cada separador es disminuido en presión en tres etapas (o tanque de disminución de presión) y fluye a los límites de almacenamiento de la planta.

A continuación se muestra una gráfica general del proceso para la obtención de amoniaco.

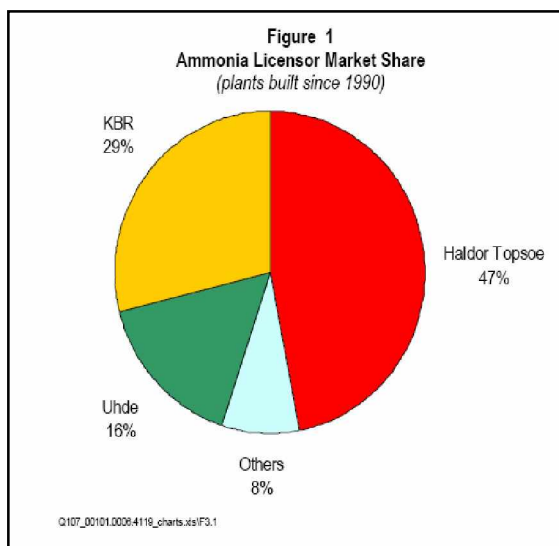
Figura 8.- Proceso de obtención de Amoniaco



4.1.2.- TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE AMONIACO:

En el mercado se muestran diversas tecnologías para la obtención de amoniaco a partir del gas de síntesis. Las siguientes empresas representan los mas representativos licenciantes de tecnologías para la obtención de amoniaco: Haldor Topsoe, KBR, Linde, Lurgi, AG y Uhde. Estos licenciantes cuentan con más del 92 % de todas las plantas de amoniaco construidas en todo el mundo. Podemos observar que entre los principales licenciantes se encuentran Haldor Topsoe y KBR por lo que tomaremos tecnologías aplicadas por dichas empresas para el presente trabajo.

Figura 9. - Licenciantes de Amoniaco en el mercado



Fuente: .chemsystems

4.1.2.1.- Tecnología HALDOR TOPSOE

La empresa Haldor Topsoe es licenciante y propietario de la tecnología para la producción de amoniaco. Actualmente sus plantas poseen una capacidad estándar de 200,000 TM/D de NH₃, la cual puede variar ligeramente dependiendo de las necesidades, así como utiliza

catalizadores de hierro-magnetita que son los más comúnmente usados actualmente en el mercado.

Haldor Topsoe ha construido en total más de 30 plantas de amoníaco, teniendo así más del 50% de la capacidad de producción total del mercado internacional. Asimismo ha mantenido la tendencia hacia la economía a escala, obteniendo así inversiones más baja por la tonelada de amoníaco producido, desarrollando plantas con capacidades que exceden los 4.000 TM/D.

Entre la referencia reciente de diseño de plantas de amoniaco podemos nombrar las siguientes:

Tabla 6.- Plantas de Amoniaco Haldor Topsoe

PLANTA	LOCALIZACIÓN	CAPACIDAD	AÑOS DE CULMINACIÓN
SOHAR	Oman	2,000 TM/D	2008
OMIFCO	Oman	2 x 1,750 TM/D	2005
Vietnam Oil & Gas Corporation	Vietnam	1,350 TM/D	2004

La tecnología del amoníaco de Haldor Topsoe se basa en un esquema de proceso que ofrece las siguientes etapas:

- ⇒ Purificación de la alimentación,
- ⇒ Reformado primario y secundario
- ⇒ Conversión de CO (cambio de dos etapas)
- ⇒ Retiro del dióxido de carbono
- ⇒ Metanación,
- ⇒ Síntesis del amoníaco y refrigeración.

Etapas de Elaboración Amoniaco

1.-Purificación de la alimentación

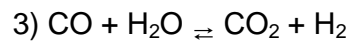
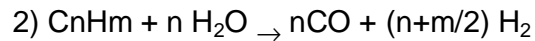
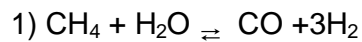
En la plantas donde se utilizan procesos de reformado con vapor es importante remover el azufre en forma eficiente de la alimentación, a fin de prever el envenenamiento del catalizador de níquel del reformador

primario. Asimismo los cloruros son también venenos para varios catalizadores.

2.-Reformado

El reformado es un proceso establecido para la elaboración de hidrógeno y gas de síntesis. La alimentación para los reformadores puede ser gas natural, GLP, nafta o gases de refinería.

Las siguientes reacciones toman lugar:



Las reacciones de reformado 1) y 2) son endotérmicas y la conversión de CO 3) es exotérmica.

Las reacciones de reformado en una planta de amoniaco son llevadas a cabo en dos o tres pasos:

Pre-Reformado Adiabático (opcional).- El Pre-Reformado Adiabático es relevante en casos donde la alimentación contenga cantidades significativas de hidrocarburos pesados. El Pre-Reformado Adiabático convierte todos los hidrocarburos pesados en gas de alimentación sobre un catalizador especialmente preparado.

Reformado Primario. En el reformador primario la reacción de reformado toma lugar sobre un catalizador de níquel en tubos verticales. El calor necesario para la reacción es suministrada por combustión interna del fuel gas en hornillas montadas en la pared y transferido por la radiación de las paredes. Diversos tipos de catalizador están disponibles dependiendo de las características de alimentación.

El funcionamiento del reformador primario depende de la interacción compleja entre la transferencia de calor y la cinética de la reacción. El diseño mecánico del reformador así como las características del catalizador de reformado son importantes para el proceso.

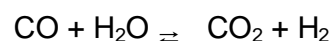
Reformado Secundario.- En el reformador secundario el calor necesario es suministrado por combustión interna. La cantidad estequiométrica de aire de proceso precalentado es inyectado para introducir la cantidad requerida de nitrógeno necesario para la síntesis de amoníaco.

3.-Conversión de CO y Metanación

El monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO₂) son venenos para los catalizadores de síntesis de amoníaco y deben ser removidos antes de que el gas llegue a la sección de síntesis. Esto se realiza en primer lugar convirtiendo el CO al CO₂ en la sección de la conversión del CO, retirando el CO₂ y finalmente convirtiendo las cantidades residuales en el metanador. El CO₂ se utiliza como materia prima junto con el amoníaco para la producción de urea.

3.1.-Conversión de CO (Reacción de Cambios)

La conversión del CO en una planta del amoníaco de Haldor Topsoe consiste normalmente en un proceso de dos etapas, consistiendo estos en una reacción de cambio a alta y de baja temperatura. En ciertos casos, es ventajoso también incluir una reacción de cambio medio de la temperatura. La reacción de conversión del CO (también señalada como la reacción de cambio) es como sigue:

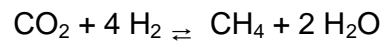
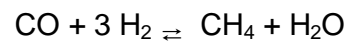


El funcionamiento de la sección de conversión del CO afecta fuertemente al rendimiento energético total de la planta, pues el CO no

convertido consumirá H₂ y formará CH₄ en el metanador, aumentando el nivel del gas inerte en el proceso.

3.2.-Metanación

Después del retiro del CO₂, el gas de proceso contiene rastros de CO₂ y de CO no convertidos en la sección de cambios. El retiro final del CO y del CO₂ ocurre en el metanador donde ocurren las reacciones siguientes:



El contenido de CO + CO₂ es normalmente reducido a menos de 5 ppm.

4. Retiro de CO₂

Las tecnologías para el retiro de el CO₂ usado en la tecnología Topsoe en una planta de amoníaco son:

- ⇒ aMDEA
- ⇒ Benfield
- ⇒ Giammarco-Vetrocoke

1. aMDEA

Este proceso esta basado en el uso de Metildietanolamina activado como absorbente. La tecnología es ofrecida por BASF.

2. Benfield

Este proceso esta basado en el uso de Carbonato de Potasio caliente activado como absorbente. La tecnología es ofrecida por UOP.

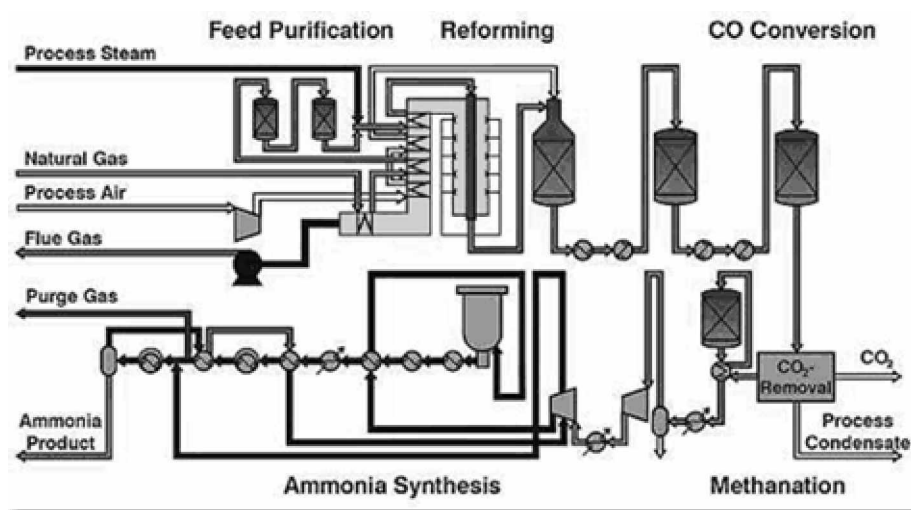
3. Giammarco-Vetrocoke

Este proceso esta basado en el uso de Carbonato de Potasio caliente activado como absorbente. La tecnología es ofrecida por Giammarco-Vetrocoke.

5.- Síntesis de Amoniaco:

La tecnología de la síntesis del amoníaco de Topsoe está basada en convertidores del flujo radial. El convertidor del amoníaco de Topsoe S-200 es un convertidor del flujo radial de dos-lechos con enfriamiento indirecto entre los lechos del catalizador. Desde la introducción del convertidor del amoníaco S-200 en 1976, este tipo del convertidor ha sido utilizado en plantas de amoníaco que cualquier otro diseño competente.

Figura 10.-Proceso de Obtención de Amoniaco - Haber Topsoe



4.2.1.2- Tecnología KBR

La empresa KBR Energy and Chemicals es licenciante y posee tecnología propia para la producción de amoníaco, ofreciendo tecnología para plantas con capacidades que se encuentren en el rango de los 500 a 4.000 TM/D.

Experiencia Reciente Tecnología KBR

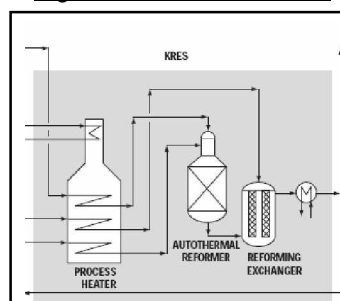
Año	Cliente	Localizacion	Capacidad MT/Dia	Procesos KBR
2008	EBIC	Egypt	2000	KAAP
2006	Burrup Fertilisers	Australia	2200	Purifier
2005	PT Pupuk Kujang	Indonesia	1000	Conventional
2004	Nitrogen 2000	Trinidad	1850	KAAP
2004	PT Pupuk Iskandar Muda	Indonesia	1200	Conventional
2003	CNOOC Chemical Ltd.	China	1500	Purifier

2003	Shenzhen Liaohe Tongda	China	1100	KRES
2002	Caribbean Nitrogen Co.	Trinidad	1850	KAAP
2001	Zepu Petrochemical	China	600	Conventional
2000	Safco	Saudi Arabia	1500	Purifier
1999	Chambal Fertilizers	India	1350	Conventional
1998	Point Lisas Nitrogen Ltd.	Trinidad	1850	KAAP
1998	PCS Nitrogen	Trinidad	1850	KAAP

Dicha empresa posee la tecnología para los procesos KRES™, Purificador™ y KAAP™, que a su vez forman parte del proceso **Tecnología KAAPplus™** las cuales se detallan a continuación:

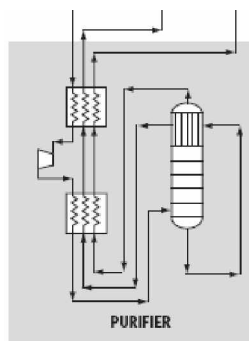
El proceso KRES, reemplaza al tradicional reformador primario por un equipo mucho más simple reduciendo el costo del capital de la planta. Los tubos radiantes del reformador tradicional son reemplazados por una única y robusta carcasa y por intercambiador de tubos de reformado. Los tubos son empaquetados con el catalizador de reformado convencional y el calor para conducir la reacción de reformado en los tubos es suministrada por el gas efluente del reformador adiabático (ATR), el cual opera paralelamente con el intercambiador de reformado. Con la finalidad de obtener suficiente calor para la conducción de la reacción, el ATR se alimenta con el exceso de aire de proceso, siendo este alrededor del cincuenta por ciento más que el exceso de aire requerido para el balance del nitrógeno.

Figura 11.- Proceso KRES



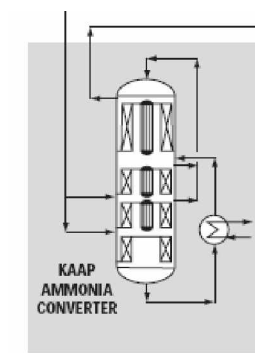
El KBR Purificador™, tecnología criogénica del purificador del KBR elimina impurezas del gas de síntesis y en forma simultánea ajusta la relación hidrógeno nitrógeno de 3 a 1.

Figura 12.- KBR Purificador



La Síntesis KAAP™ utiliza el catalizador de KAAP de rutenio en lecho de carbón logrando trabajar a bajas presiones de operación y alcanzando una actividad superior de hasta veinte veces en comparación del uso tradicional del catalizador de hierro-magnetita.

Figura 13.- La Síntesis KAAP™



La empresa KBR, propietaria de la tecnología KAAP utiliza para el proceso de obtención de amoníaco un catalizador del rutenio, produciendo con este una actividad superior de hasta 20 veces que el tradicional catalizador de hierro-magnetita. Consecuentemente, la presión del proceso de síntesis baja a cerca de 90 bar, lo que significa ahorros significativos en costo de capital y mantenimiento del proceso.

Por lo que podemos decir que las ventajas de la tecnología de KAAP incluyen:

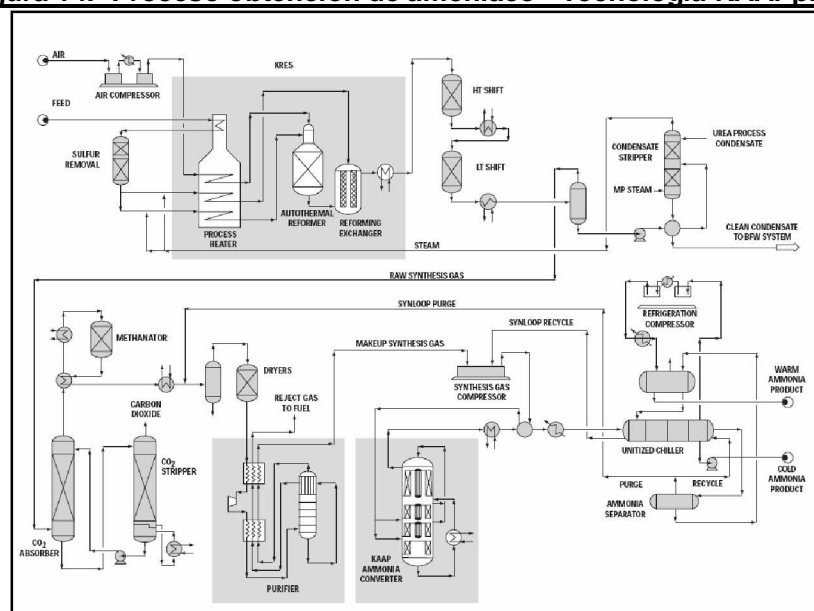
- Un compresor de gas de síntesis que reduce los costos de capital, el funcionamiento y mantenimiento.
- Costo de capital reducido debido a la baja presión de diseño.
- Conversiones más altas del amoníaco con volúmenes reducidos de catalizador.

Cabe señalar que KBR fue elegido para diseñar, construir y operar una planta de amoníaco en Egipto de capacidad de 2000 TM/D representando en el año 2006 uno de las más grandes aplicaciones de la tecnología KAAP realizada por dicha empresa.

Por lo que el proceso KAAP presenta muchas ventajas en su aplicación, sobre el Sistema Haldor Topsoe pudiéndonos inclinar en esta última tecnología.

A parte de estos procesos también debemos mencionar uno que genera mucho más beneficios en su operación, el proceso KAAPplus™. A continuación se observa un diagrama del proceso indicado anteriormente:

Figura 14.- Proceso obtención de amoníaco - Tecnología KAAPplus™



El proceso del amoníaco de KAAPplus™, tal como se observa en el diagrama ofrece mucho más beneficios que el proceso KAAP, ya que involucra los otros dos procesos mencionados anteriormente KRES™, Purificador™, trayendo altos beneficios tales como costos de capital y de mantenimiento más bajos, así como consumo de energía más competitivo, eliminando al reformador primario y simplificando al compresor de gas de síntesis (siendo estos dos equipos los que requieren generalmente la mayoría del mantenimiento en una planta del amoníaco). El inconveniente que presentaría el uso de esta tecnología sería que este proceso es recomendado para capacidades de estándar de 4000 TM/d, la cual es excesiva a comparación de la capacidad de producción que necesitamos en nuestro proyecto de acuerdo a la demanda del mercado.

4.2.- PRODUCCION DE NITRATO DE AMONIO

La empresa española de investigación y desarrollo S.A. – ESPINDESA forma parte de la compañía TÉCNICAS REUNIDAS-TR, contratista general con actividad internacional que se dedica a la ingeniería, diseño y construcción de todo tipo de instalaciones industriales para un amplio espectro de clientes de todo el mundo que incluye muchas de las principales compañías petroleras estatales y multinacionales, además de grandes grupos españoles.

En sus 46 años de existencia, TR ha diseñado y gestionado la construcción de más de 1.000 plantas industriales en más de 50 países de los cinco continentes para clientes como Saudi Aramco, Kuwait Oil Corporation (KOC), Petroleum Development of Oman (PDO), Oman Refining Company S.A.O.C. (ORC), Sonatrach, Turkish Petroleum Refineries Corporation (Tüpras), Sinopec, Empresa Nacional del Petróleo, SA (Enap), Pemex, Petrovietnam, Shell, BASF, BP, Total, General Electric, ExxonMobil, UBE Industries Ltd., Anglo American, Repsol YPF, S.A. (Repsol), Cepsa, Gas Natural, S.A., Endesa, S.A., Unión Fenosa, Iberdrola, S.A., y Enagás, entre otros. Fue en el mercado latinoamericano donde TR realizó, en 1968, su primer proyecto llave en

mano, con un contrato de 128 millones de US\$ para Yacimientos Petrolíferos Fiscales, YPF, en Argentina. Otros. Asimismo, BASF Aktiengesellschaft ha seleccionado la tecnología Espindesa para su nueva planta gigante de ácido nítrico azeotrópico, que va a construir en su complejo de poliuretanos de Shanghai.

4.2- PRODUCCIÓN DE NITRATO DE AMONIO

4.2.1.- TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE ACIDO NITRICO

El proceso licenciado por ESPINDESA cubre la producción de ácido nítrico diluido del 60% en peso. Puede describirse de acuerdo con las secciones básicas siguientes tal como se muestra en el diagrama de proceso:

1. Compresión de aire
2. Oxidación de amoníaco
3. Oxidación de gases de reacción
4. Absorción de óxidos de nitrógeno
5. Blanqueo del ácido producto
6. Recuperación de energía

1. Compresión de aire

El aire atmosférico es filtrado hasta una presión superior a 10 kg/cm² en dos etapas. Alrededor del 90% del aire comprimido se usa en la oxidación catalítica del amoníaco y el resto se envía a la Torre de Blanqueo y a la Bomba Booster. El compresor se acopla directamente al Expander, que proporciona el 50% de la energía necesaria para la compresión. La diferencia se suministra por medio de una turbina de vapor.

2. Oxidación de amoníaco

El amoníaco líquido se evapora con agua caliente proveniente del Calentador de Agua y es recalentado con vapor en el Recalentador de Amoníaco.

En operación normal el Recalentador de Amoníaco suministra el calor necesario para que el amoníaco alcance la temperatura de 100 °C y evitar que gotas de amoníaco líquido alcancen las mallas del catalizador.

La corriente de amoníaco recalentado se mezcla con la corriente de aire caliente controlando cuidadosamente la relación amoníaco / aire para evitar alcanzar el límite de explosividad. La mezcla fluye directamente hacia el Reactor provisto de una malla muy fina de Platino-Rodio (95% Pt-5% Rh), donde tiene lugar la oxidación del amoníaco a óxidos de nitrógeno. La oxidación catalítica del amoníaco es una reacción exotérmica, con lo que la temperatura del catalizador alcanza los 920 °C.

3. Oxidación de los gases de reacción

La siguiente etapa del proceso es la oxidación del NO a NO₂ y la dimerización del NO₂ a N₂O₄, que son los óxidos que se absorberán en agua para producir ácido nítrico.

Los gases abandonan el Reactor a unos 920 °C y son enfriados y oxidados con el exceso de oxígeno.

4. Absorción de óxidos de nitrógeno

La absorción del NO₂ en agua para formar ácido del 60% HNO₃ en peso se lleva a cabo en la Torre de Absorción. Debido a la importancia que tiene la baja temperatura en la absorción, todos los platos de la Torre de Absorción están provistos de serpentines de refrigeración para disipar el calor producido por las reacciones de absorción.

El agua de proceso se añade en lo alto de la Torre controlando el caudal para obtener un ácido del 60% HNO₃ en peso.

5. Blanqueo del ácido producto

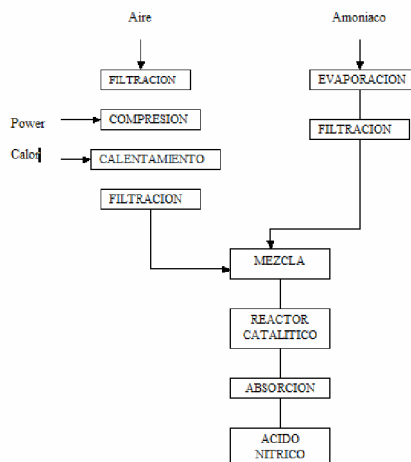
El ácido nítrico rojo que sale del último plato de la Torre de Absorción pasa a la Torre de Blanqueo, donde el ácido nítrico diluido contacta con el aire secundario en unos platos perforados y abandona la torre sin color y con una baja concentración en HNO_3 . Desde la salida de la Torre de Blanqueo, el ácido diluido se envía hacia el almacenamiento.

6. Recuperación de Energía

La recuperación de energía de la corriente del gas de cola que sale de la Torre de Absorción es de capital importancia en la economía del proceso. Por esta razón, los gases de cola, del que han sido previamente eliminadas las gotas de agua, son calentados con gases del Reactor.

La temperatura del gas residual en este punto es de 350°C . Estos gases calientes se mezclan con la cantidad estequiométrica de amoníaco y se envían al Reactor de Abatimiento de NO_x , donde tiene lugar la Reducción Catalítica Selectiva, disminuyendo la concentración de óxidos de nitrógeno en los gases de cola por debajo de la 200 ppm.

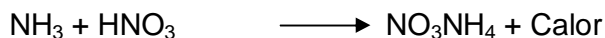
Los gases provenientes de la unidad de abatimiento de NO_x se envían a la turbina de expansión de gas de cola del tren de compresores, donde es recuperada su energía. La diferencia de energía necesaria para comprimir el aire es suministrada por la turbina de vapor. La temperatura del gas residual que sale del Expansor de gas de cola es de unos 135°C .

Figura 15.- Proceso obtención de ácido nítrico

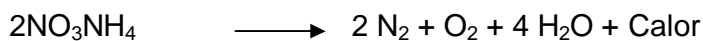
4.2.2.- TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCIÓN DE NITRATO DE AMONIO

QUÍMICA GENERAL DEL PROCESO

El nitrato amónico se obtiene por la reacción del amoniaco gaseoso y el ácido nítrico según la ecuación:



Esta reacción es altamente exotérmica desplazándose a la derecha por debajo de los 200°C. Por encima de los 200°C el nitrato amónico se descompone violentamente de acuerdo a las reacciones:



Descripción del Proceso

La Planta se puede dividir en cuatro secciones:

1. Neutralización
2. Concentración
3. Perdigonado de la solución de nitrato
4. Secado, enfriado y acondicionamiento del producto.

La primera área cubre la síntesis de la solución de nitrato amónico a una concentración aproximada del 83% en peso, a partir del amoniaco y el ácido nítrico.

La segunda área concierne a la concentración de la solución de nitrato amónico obtenida en el reactor hasta la concentración del 95% en peso.

La tercera área consiste en la pulverización y solidificación de los perdigones de nitrato.

La cuarta área cubre el secado del nitrato, el tamizado del producto obtenido en la torre de perdigonado, el enfriamiento del producto y el acondicionamiento del mismo para su almacenamiento y transporte.

1. Neutralización

La corriente de amoniaco líquido del Límite de Batería, se divide en dos, la primera que se evapora y posteriormente se envía al neutralizador y la segunda, cuyo frío se utiliza para acondicionar el aire de enfriamiento del producto. El amoniaco líquido se evapora usando vapor procedente del lavador de vapor.

El amoniaco gas se recalienta con vapor antes de alimentar el reactor donde reacciona con el ácido nítrico de concentración del 56-60% en peso, enviado desde la Unidad de Ácido Nítrico.

El pH de la solución de nitrato amónico obtenida en el reactor, controla la alimentación de amoniaco gas al reactor.

El amoniaco se introduce en el reactor a través de las perforaciones de un serpentín inmerso en la solución de nitrato. La solución recircula internamente por medio de unas pantallas deflectoras y externamente desde la parte superior del nivel de líquido, a la parte inferior. El ácido nítrico se introduce en esta recirculación externa. La neutralización se realiza homogénea y rápidamente, generándose una gran cantidad de calor que incrementa la temperatura de la solución y produce vapor.

La presión de operación en el reactor es de 4,0 Kg/cm² absoluta, siendo la temperatura de 180°C.

Una pequeña cantidad de ácido sulfúrico se introduce en el reactor para que se forme sulfato amónico que proporciona dureza al grano de nitrato.

La solución de nitrato amónico con una concentración de aproximadamente 80% en peso, pasa al depósito de solución diluida que trabaja a presión atmosférica, produciéndose una evaporación por efecto de la despresurización, lo que hace que la solución se concentre hasta el 83%.

El vapor producido se envía a la torre de lavado donde las gotas de nitrato arrastradas se eliminan por lavado con una solución diluida de nitrato que recircula en contracorriente. El vapor, prácticamente limpio de nitrato, se usa para evaporar y recalentar el amoniaco, concentrar la solución de nitrato, calentar el aire al lecho fluido y otros usos, como se indica en el diagrama de proceso.

2. Concentración de la solución de nitrato

La solución de nitrato contenida en el depósito de solución diluida alimenta por diferencia de presión, el evaporador-concentrador de solución.

El evaporador-concentrador es calentado con vapor del reactor. La solución de nitrato juntamente con el vapor, se separa en el separador líquido vapor. La solución de nitrato, pasa al depósito de solución concentrada.

Los vapores extraídos del evaporador-concentrador, se condensan en el condensador usando agua de refrigeración. El condensado se recoge y se envía a las diferentes partes de la Unidad que lo requieran, enviándose el exceso a los límites de batería. Parte de este condensado se utiliza en la torre de absorción de la Unidad de ácido nítrico, para disminuir el uso de agua desmineralizada.

La solución de nitrato con una concentración del 95% en peso y una temperatura de unos 140°C, se mezcla con los rechazos de nitrato de la zona de sólidos. La solución, así resultante, se envía al depósito de alimentación situado en la parte superior de la torre de perdigonado.

3. Perdigonado de la solución de nitrato

A la solución de nitrato amónico se le agrega un aditivo cuya función es la formación de cristales. La mezcla de nitrato y aditivo cae por

gravedad a las boquillas pulverizadoras pasando previamente por el filtro de solución.

Las gotas de nitrato se solidifican al caer por la torre en contracorriente con aire y son recogidas en la cinta transportadora situada en el fondo de la torre de perdigonado. La temperatura del nitrato sólido en el fondo de la torre es de unos 80-85°C.

4. Secado, enfriado y acondicionamiento del producto

El producto recogido en el fondo de la torre de perdigonado se extrae de la misma por medio de la cinta transportadora que descarga en el elevador que, a su vez, envía el producto húmedo al secadero.

El secadero está formado por dos secciones: la primera de presecado y la segunda de secado. En la primera sección el aire, a unos 60°C, circula en paralelo con el producto, evaporándose suavemente gran parte del agua contenida en los poros de los gránulos, que a continuación pasan al segundo tambor donde, el aire a 110°C, circula en contracorriente con el sólido.

De esta forma se consigue un grano poroso y resistente y con una humedad residual por debajo del 0,1%.

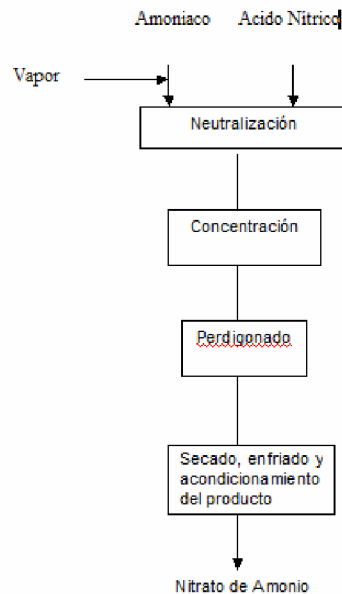
Este sistema permite un secado progresivo sin dañar el grano, dando a los perdigones una gran dureza y porosidad.

El aire del secadero es ciclonado y luego enviado al lavador por medio de la soplante. Antes de entrar al lavador, se inyecta en la tubería de aire un caudal de condensado pulverizado que disuelve una buena cantidad del nitrato sólido arrastrado por el aire. El resto del nitrato se eliminará en la torre de lavado por una solución de nitrato en contracorriente. Del secadero, los perdigones pasan a los tamices vía el elevador. Los gránulos de nitrato amónico, son seleccionados en los tamices. Los finos y gruesos, son reciclados al depósito.

El nitrato amónico con el tamaño requerido, alimenta el enfriador de lecho fluido donde es enfriado por una corriente de aire acondicionada. Una vez frío el producto, los gránulos de nitrato son recogidos y recubiertos con un aditivo que otorga al producto una buena fluidez.

El nitrato amónico es muy higroscópico, por lo que la humedad relativa del aire a usar en el enfriado del nitrato amónico no debe ser superior al 50%, para evitar que el producto tome el agua del aire. Por esta razón, el aire frío se calienta hasta que la humedad sea inferior al 50%.

Figura 16.- Proceso obtención de nitrato de amonio



4.3- PROCESO PARA LA PRODUCCION DE UREA

4.3.1.- PROCESO DE OBTENCIÓN DE UREA

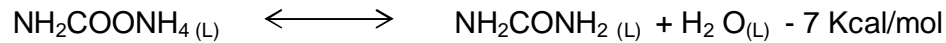
La esencia de la técnica de preparación de la urea consiste en reaccionar el amoníaco y el dióxido de carbono a presión y temperatura elevada.

Se fundamenta en dos reacciones básicas:



La reacción se realiza en un reactor a temperaturas de 175°C – 200°C y Presión de 230 atm., espontánea, exotérmica y total.

En las condiciones indicadas y tiempo de retención en el reactor, el carbamato formado se deshidrata originando urea.



Esta reacción es endotérmica y solo ocurre en la fase líquida mucho más lenta que la anterior, y no va hasta su totalización. En consecuencia, el producto de la reacción contendrá una fracción de carbamato de amonio no convertida en urea.

Desafortunadamente la reacción es completamente reversible a elevadas presiones (sobre 250 atm) y temperaturas (cerca de 200°C) que se aplican en la síntesis de la urea.

Por el principio de Le Chatelier para reacciones reversibles se tiene que “variando uno de los factores (presión o temperatura) que incluyen sobre el equilibrio del sistema, éste se desplaza en el sentido de producir la modificación que se opone a tal variación”.

En la reacción de la síntesis de urea se genera una contracción de volumen de 3 moléculas de reactantes a 1 molécula de carbamato de amonio por lo que es favorecida por la presión, de allí que para desplazar el equilibrio en el sentido la formación de carbamato se requiere presión elevada y, además, por ser de por si exotérmica. La totalidad de esta reacción no puede ser favorecida por suministro de calor de fuente externa.

El promedio de conversión en las condiciones antes indicadas alcanza un máximo de 70% en un solo paso por el reactor. En consecuencia, por razones económicas los reactantes no convertidos son recuperados y reciclados al reactor.

La reacción se lleva a cabo bajo presión de 250 kg/cm² g para maximizar la conversión.

La conversión de urea es disminuida por la presencia de agua e incrementada por presencia de un exceso de amoniaco.

El tiempo de retención (tiempo de residencia) en el reactor de síntesis de urea es de 25 minutos.

Tabla N° 7.- Características Amoniaco líquido / Anhídrido carbónico

Amoniaco liquido	Anhídrido carbónico
PUREZA MINIMA : 95% PESO	PUREZA NO MENOR DE 98% Vol.
ACEITE MAXIMO : 15 PPM	AZUFRE MAXIMO 1 PPM
HUMEDAD MAXIMA : 0.5 % PESO	

PRINCIPALES ETAPAS:

Síntesis, descomposición del carbamato, recuperación y concentración, cristalización, secado, pillado, almacenamiento.

Procesos:

Un considerable número de procesos se han desarrollado, diferenciándose uno de otros en los parámetros de temperatura, presión, relación NH_3 : CO_2 y en el método de los efluyentes del reactor de síntesis (gases residuales, urea en solución y carbamato de amonio).

Los procesos de fabricación se agrupan en:

- § Método de un solo paso
- § Método de reciclo parcial
- § Método de reciclo total

La figura N° 1 simplificado de fabricación de urea, nos ayuda a explicar las principales etapas del proceso.

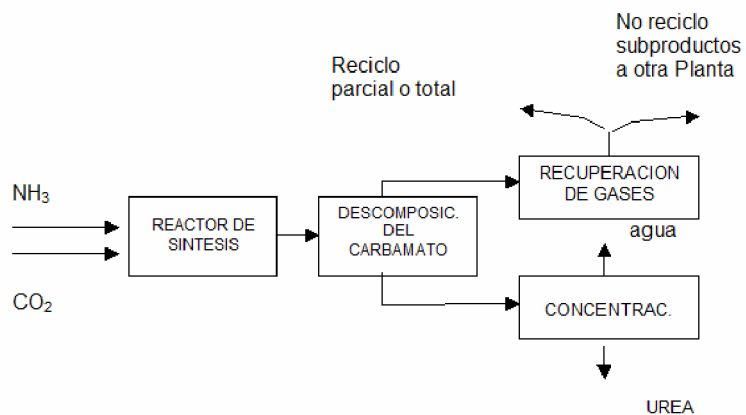


Figura N° 17.- Diagrama simplificado de fabricación de urea

Un solo paso: Los productos de reacción pasan a un descomponedor en donde se completa la descomposición del carbonato de amonio, resultando dos efluyentes: la solución de urea que continua dentro del sistema y una mezcla gaseosa de amoniaco y anhídrido carbónico no convertidos que se eliminan del proceso. Estos gases, especialmente el amoniaco pueden ser conducidos a otras plantas y subsecuentemente neutralizados con ácidos, tales como: sulfúrico, nítrico y fosfórico.

Ventajas: Menor inversión de capital, menores costos de producción.

Desventajas: Mayor corrosión, necesariamente tiene que estar integrada a otras plantas que requieran sus gases.

Reciclo total.- Cuando los gases y líquidos son reciclados para su utilización total.

4.3.1.1. TERMINADO DE LA UREA

La urea en soluciones de 70 – 90%, sigue para su terminado dos procedimientos: cristalización y granulado directo.

CRISTALIZACION

Se efectúa a presión atmosférica o al vacío; la cristalización a presión atmosférica se conduce en un cristalizador. El calor sensible y el calor de cristalización son el medio calorífico para evaporar el agua y un soplador proporciona el aire. Los cristales se envían a un secador en donde la humedad desciende a 0.3% en una corriente de aire caliente. Si se desea granularla, se conduce la masa a lo alto de una torre de prillado, se funde y se pasa a través de un esferorizador, al salir del fondo de la torre los gránulos son tamizados.

La cristalización al vacío, precisa filtrar previamente la solución concentrada de urea, no necesitándose aire, al salir del cristalizador se centrifuga y se completa el ciclo de secado, granulado y tamizado.

GRANULADO DIRECTO

La solución es concentrada a presión atmosférica mediante un soplado con aire.

La urea final granulada o cristalizada es llevada a la sección de almacenamiento por medio de un transportador secador neumático para su almacenamiento sea a granel o en envases.

4.3.3.- TECNOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE UREA

Entre los diversos licenciantes que cuentan con tecnologías para la producción de urea mencionaremos a dos de ellos, siendo estos la empresa Stambicarbon con el proceso Urea 2000plus™ así como la empresa Toyo Engineering Corporation y el proceso ACES21R.

1.- Stambicarbon

La empresa Stamicarbon ofrece tecnologías patentadas siendo estas probadas comercialmente en 220 plantas de urea construidas bajo su licencia. Asimismo, ofrecen visitas a plantas de modo que puedan hacer una evaluación personal del material necesario para el proyecto tales como operabilidad, mantenimiento y tiempo de funcionamiento. Entre sus tecnologías aplicadas tenemos el Proceso Stamicarbon's Urea 2000plus™, tecnología a ser aplicada a favor de la empresa Fatima Fertilizer para una planta de urea de 1500 TM/D usando el separador de CO₂ con reciclo total con Reactor de proceso (casi el 66% de las nuevas plantas de Urea en el mundo están basadas en dicha tecnología).

1.1.-Proceso Stamicarbon's Urea 2000plus™

En la sección de síntesis del proceso Urea 2000plus™, el número de reactores de alta presión en el proceso es reducido, simplificando de tal modo el diseño total, la tuberías y la construcción en general. La síntesis de la urea, centrada alrededor de un reactor o un condensador (en combinación con un reactor existente en caso de ampliación) ofrece mejoras significativas al proceso.

A.- Síntesis

El Condensador

El amoníaco y el dióxido de carbono se introducen en la síntesis de alta presión por medio de una bomba de amoníaco de alta presión y un compresor del dióxido de carbono. El amoníaco se introduce vía un eyector junto con una solución del carbamato en el condensador. En este se da lugar la formación de dos tercios de la urea. El dióxido de carbono incorporado en la síntesis por el separador, fluye contracorriente con la solución de la urea que sale del reactor y después alimenta al condensador. Los gases son condensados y el calor producido en la condensación de los gases y en la formación de carbamato de amonio produce el vapor de LP. El condensador se divide en compartimientos para crear tiempo de residencia y un comportamiento de mezcla excelente. Después del condensador los gases restantes y el líquido del urea-carbamato entran en el reactor vertical en el cual ocurrirá la parte final de la formación de la urea. Este reactor se divide en compartimientos también. La solución de la urea dejará el reactor y se introduce en el separador. En el separador la mayor parte del carbamato no convertido se disocia y el dióxido del amoníaco y de carbono es separado. La separación es efectuada por el contacto a contracorriente entre la solución de la urea y el dióxido de carbono fresco.

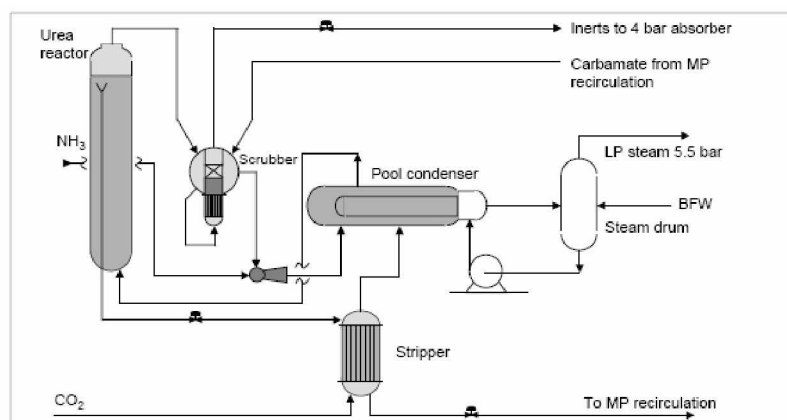


Figura 18.- Flujo del diagrama de síntesis de condensador

Las conversiones del dióxido de carbono y del amoníaco en la sección de la síntesis de un separador de CO₂ de Stamicarbon son altas, reduciendo así la necesidad de reciclo del dióxido de carbono y amoníaco no convertido. La conversión del dióxido de carbono en la sección de la síntesis así como la conversión del amoníaco es del 80%. Los gases que salen del reactor alimentan al depurador del HP. En el depurador los gases se lavan con la solución del carbamato de la etapa de recirculación a baja presión. La solución enriquecida del carbamato alimenta al eyector de alta presión y posteriormente al condensador.

B.- El reactor

En vez de la combinación de un condensador y de un reactor vertical, el condensador de piscina puede también puede ser agrandado agregando varios compartimientos, creándose así bastante tiempo de residencia que permita que la reacción alcance condiciones óptimas y eliminando la necesidad de un reactor vertical separado. El carbamato de la sección de recirculación de baja presión fluirá junto con los gases absorbentes y el amoníaco ingresara al reactor. Debido a la altura estática, no habría necesidad de una eyector.

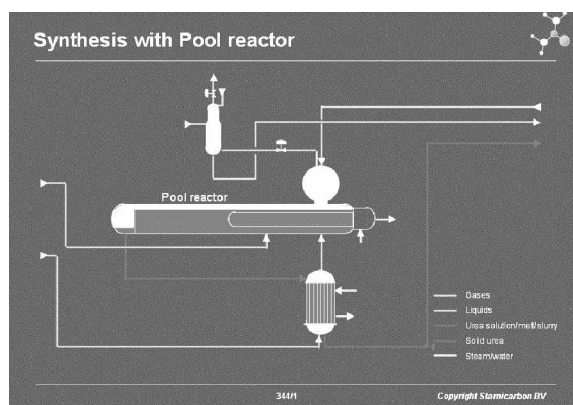


Figura 19.- Flujo del diagrama de síntesis con reactor

C.- Recirculación

Solamente una etapa de la recirculación es requerido debido a las concentraciones bajas del dióxido de carbono y del amoníaco en las soluciones separadas de la urea. En esta etapa, el dióxido de carbono y

el amoníaco todavía presente en la solución de la urea que viene del separador se recupera. Debido al cociente ideal entre el amoníaco y el dióxido de carbono en los gases recuperados, la dilución de agua de la solución resultante del carbamato de amonio está en un mínimo. Después del separador la solución de la urea se alimenta al calentador de la disociación, donde la mayor parte de dióxido de carbono y del amoníaco es removida. El dióxido de carbono y el amoníaco se alimenta al condensador del carbamato de baja presión, donde se condensan. La solución resultante del carbamato se alimenta, vía una bomba HP del carbamato, regresa a la síntesis, como agente de limpieza en el depurador de alta presión. La temperatura de la solución del carbamato es el °C 75, así que su acción corrosiva es insignificante. El gas de venteo de la etapa de la recirculación está prácticamente libre del amoníaco pues este es despojado en un amortiguador atmosférico.

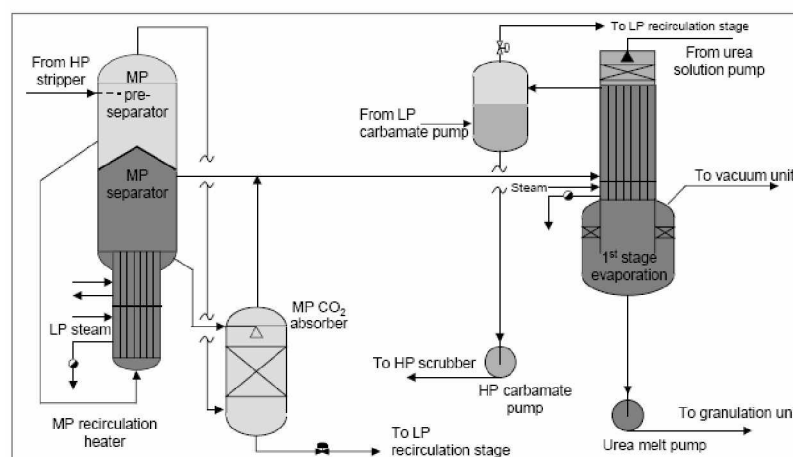


Figura 20.- Flujo del diagrama de recirculación

D.- Evaporación y finalización de técnica

La solución de la urea presente en el tanque de urea es enviada a un evaporador donde el agua en la solución de la urea se evapora bajo condiciones del vacío. La urea es fundida con una concentración que varía de 95 a 99 wt.%, dependiendo de los requisitos de la granulación, siendo enviada a la unidad de la granulación.

Una mas antigua técnica del acabado es el prilling. Antes de entrar en la torre prilling, la solución de la urea se concentra, bajo vacío, en dos pasos a una concentración de 99.7 wt.%. Usando una técnica especial, se obtienen los prills resistentes a los choques, los cuales son muy resistentes a la degradación.

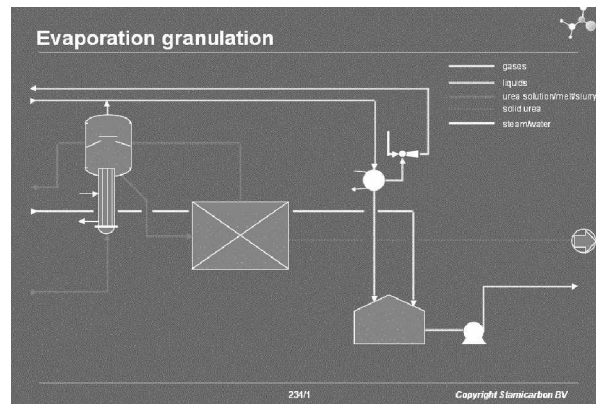


Figura 21.- Flujo del diagrama de evaporación / granulación

Ventajas del uso de este proceso:

Simple (fácil funcionamiento, no hay corrosión); bajo costo (bajo costo de inversión, funcionamiento y costos de mantenimiento bajos, consumo de energía competitivo, granulación y prilling como opciones de acabamiento, asimismo una unidad de la solución del nitrato de amonio de UREA (UAN) puede ser agregada); Funcionamiento excelente (seguro, cumple los requisitos ambientales más rigurosos, emisiones así como el efluente, cumple todos los estándares de la calidad del producto).

1.2.-Toyo Engineering Corporation

La empresa Toyo Engineering Corporation (TÉCNICA) es uno de los tres principales licenciantes de tecnologías de urea, habiendo construido hasta finales del 2002 94 instalaciones de urea en 24 países en el proceso AS, siendo este un proceso ventajoso en el bajo consumo del costo de inversión y de energía baja para producción de la urea. Asimismo, reduce el número de equipo en el ciclo de la síntesis de la

urea simplificando el sistema, lo que disminuye costos de construcción con la instalación del separador del CO₂. Además, las condiciones de la operación de la sección de la síntesis se han optimizado bajo operaciones a más baja presión que otros procesos. Asimismo, se observa una reducción notable en el consumo de energía.

En la tecnología de la separación del CO₂, el reactor, el recipiente más grande y más pesado de la planta de la urea, es instalado normalmente a 20-22 metro en el nivel del piso para alimentar con la solución de la síntesis de la urea al separador por gravedad. Si el reactor es instalado en el nivel del suelo, el costo civil puede ser reducido enormemente. T_{ÉC} y PUSRI desarrollaron en común este proceso incorporando un concepto único síntesis de dos etapas abarcado por:

- ⇒ Un condensador sumergido vertical funcionando como condensador del carbamato, despojador y un reactor primario de urea.
- ⇒ Un reactor vertical para completar la reacción del carbamato a la urea, como reactor secundario.

Descripción del proceso:

La sección de proceso de síntesis ACES21R comprende un reactor, un separador y un condensador del carbamato. El amoníaco líquido es alimentado al reactor vía de eyector de carbamato HP que proporciona la fuerza impulsora para la circulación en el flujo de la síntesis en vez del sistema de la gravedad del original ACES. El reactor es operado en una relación N/C de 3.7, 182 °C y 152bar. La conversión del CO₂ a urea es al 63% a la salida del reactor. La solución de la síntesis de la urea que sale del reactor es alimentado al separador donde el carbamato no convertido se descompone termalmente y el exceso del amoníaco y de CO₂ son separados eficientemente por el separador de CO₂. El gas de salida del separador es alimentado al condensador vertical de carbamato sumergido (VSCC), operando en una relación de N/C de 3.0, 180°C y bar 152.

El amoníaco y el CO₂ condensado forma el carbamato de amonio y posteriormente la urea es formada por la deshidratación del carbamato en el lado de la coraza. El calor de la reacción de la formación del carbamato se recupera para generar el vapor de 5 bar en el lado del tubo. Un lecho empacado es colocado en el tope del VSCC para absorber el amoníaco no condensado y el gas del CO₂ en una solución del carbamato reciclado desde la etapa de la absorción de la MP. El gas inerte del tope del lecho empacado es enviado a la etapa de la absorción de la P.M.

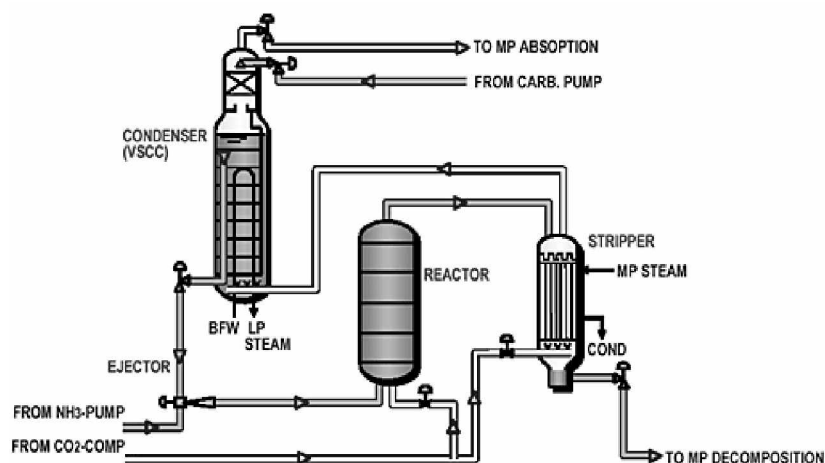


Figura 22- Flujo del diagrama de síntesis urea – ACES 21E

	1960	1970	1980	1990	2000
TOTAL RECYCLE B		100,600 T/D			
TOTAL RECYCLE C		200-1135 T/D			
TOTAL RECYCLE C-I			180-1800 T/D		
TOTAL RECYCLE D				200-1700 T/D	
ACES				180-1700 T/D	1725-2450 T/D
Improved ACES (ACES 21)				100-170 T/D	
SPOUT BED GRANULATION					750-2000 T/D
TARGET OF PROCESS IMPROVEMENT					
		MINIMIZE NH ₃ CONSUMPTION			
		ENERGY CONSERVATION (MINIMIZE UTILITIES)...			
		POLLUTION PREVENTION...			
		PRODUCT QUALITY IMPROVEMENT...			
					PLANT COST REDUCTION

Figura 23.- Tabla Requerimiento de Amoníaco – Planta de Urea TÉCNICO –Proceso ACES Avanzado

Conclusiones:

Si bien las Tecnologías TÉCNICA Aces21R y la STAMICARBON'S 2000PLUS™ presentan ventajas similares en el presente trabajo se considerará a la tecnología STAMICARBON'S 2000PLUS™ y que la tecnología de TÉCNICA requiere un consumo mínimo de 1725-2460 TM/D de amoniaco, valor superior al calculado como base para el calculo de la capacidad de la planta de amoniaco.

Tabla 8.-CUADRO RESUMEN DE TECNOLOGÍAS PARA SU APLICACIÓN EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO

TECNOLOGÍAS A APLICAR PARA COMPLEJO PETROQUÍMICO	PLANTA DE AMONIACO	TECNOLOGÍA HALDOR TOPSOE	- Sus plantas poseen una capacidad estándar de 200,000 TM/D de NH ₃ , la cual puede variar ligeramente dependiendo de las necesidades. Utiliza catalizadores de fierro-magnetita que son los más comúnmente usados actualmente. A fin de mejorar su rendimiento algunos recomiendan el cambio del catalizador utilizado, lo cual traería consigo mayor gasto.
		TECNOLOGÍA KAAP - KBR	- Ofrece tecnología para plantas con capacidades que se encuentren en el rango de los 500 a 4.000 TM/D. - La Síntesis KAAP™ utiliza el catalizador de KAAP de rutenio logrando trabajar a bajas presiones de operación y alcanzando una actividad superior de hasta veinte veces en comparación del uso tradicional del catalizador de fierro-magnetita. Asimismo posee un compresor de gas de síntesis que reduce los costos de capital, de funcionamiento y mantenimiento. <i>La Síntesis KAAP™ por la utilización de su catalizador de níquel el cual traería muchos beneficios al proceso.</i>
		Tecnología Elegida	
	PLANTA DE NITRATO DE AMONIO	TECNOLOGÍA ESPINDESA	La tecnología Espindesa aplica las siguientes etapas: Compresión de aire, Oxidación de amoniaco, Oxidación de gases de reacción, Absorción de óxidos de nitrógeno, Blanqueo del ácido producto, Recuperación de energía.
	PLANTA DE UREA	TECNOLOGÍA STAMICARBON'S 2000PLUS™	- El número de reactores de alta presión en el proceso es reducido, simplificando de tal modo el diseño total, la tuberías y la construcción en general. - Es de fácil funcionamiento, no hay corrosión; bajo costo (bajo costo de inversión, funcionamiento y costos de mantenimiento bajos), consumo de energía competitivo, granulación y prilling como opciones de acabamiento, asimismo una unidad de la solución del nitrato de amonio de UREA (UAN) puede ser agregada; Funcionamiento excelente (seguro, cumple los requisitos ambientales más rigurosos, emisiones así como el efluente, cumple todos los estándares de la calidad del producto).
		TECNOLOGIA TÉCNICA ACES21R	- Ofrece bajo consumo del costo de inversión y de energía baja para producción de la urea. Reduce el número de equipo en el ciclo de la síntesis de la urea simplificando el sistema, lo que disminuye costos de construcción con la instalación del separador del CO ₂ . - Las condiciones de la operación de la sección de la síntesis se han optimizado bajo operaciones a más baja presión que otros procesos. Reducción notable en el consumo de energía.
		Tecnología Elegida	La Tecnología STAMICARBON'S 2000PLUS™ ya que la tecnología de TÉCNICA requiere un consumo mínimo de 1725-2460 TM/D de amoniaco, valor superior al calculado como base para el calculo de la capacidad de la planta de amoniaco.

CAPÍTULO 5

5.- LOCALIZACION DE LA PLANTA

5.1.- CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN

La localización adecuada de las plantas puede determinar el éxito o fracaso del proyecto. Los criterios fundamentales a tomar en cuenta son los económicos, estratégicos, institucionales. El estudio de localización no solo involucra factores tecnológicos sino también los factores técnicos, legales, tributarios, sociales, etc. Los factores globales que mayormente influyen en la decisión de localización de un proyecto son:

1. Costo materia prima
2. Cercanía del mercado
3. Disponibilidad de Potencia y Combustibles
4. Disponibilidad y costo de mano de obra
5. Posición geográfica
6. Eliminación de efluentes o residuos
7. Servicios Básicos

La elección de la localización adecuada se tomará en un nivel denominado macro localización; en el caso de la instalación de la planta de fertilizantes, se tomarán aspectos cuantitativos y cualitativos.

Dadas estas consideraciones, se han tomado en cuenta dos macro zonas que responden a los objetivos de mercado del proyecto, Cusco y Cañete.

5.2.- MÉTODO CUALITATIVO POR PUNTOS

El método cualitativo para el estudio de localización, es la asignación de valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye. El peso relativo, sobre la base de una suma igual a uno, depende del criterio y experiencia del tesista.

Al comparar las dos localizaciones opcionales, se procede a asignar una calificación a cada factor de localización de acuerdo a una escala predeterminada en este caso de 0 a 10.

Consideraciones del puntaje de los factores utilizados para la localización de la Planta:

La disponibilidad y ubicación de las fuentes de materia prima, las propiedades del producto terminado, la ubicación del Mercado y su ubicación geográfica son factores generalmente relevantes en la decisión de la Localización del Proyecto.

5.2.1.- CAÑETE

Costo materia prima: La provincia de Cañete tiene la ventaja de tener la materia prima (gas natural) a su lado, debido al proyecto de exportación GLN, pero este se conseguiría con un mayor precio debido al transporte en ducto desde el lugar original de la materia prima, Cusco.

Cercanía mercado: La ubicación de los centros de distribución afectan los costos de distribución del producto y el tiempo requerido para el embarque. En el caso de Cañete permitiría la exportación de fertilizantes a países deficitarios como Brasil (carretera Transoceánica), China (buques), y la distribución a los departamentos del norte y sur del país (buques). Asimismo la cercanía a la capital logra la obtención de insumos en general a precios más cómodos.

Disponibilidad de Potencia y Combustibles: El tipo de Planta basará su funcionamiento en el Gas Natural, por lo que la disponibilidad de potencia y combustible será cubierta en su totalidad.

Eliminación de efluentes o residuos: Como parte del análisis del área de influencia del proyecto se presenta ciertos aspectos ambientales significativos asociados a este tipo de emprendimiento, sea donde este ubicado la planta mencionada, siendo estos la presencia física de la

planta, las emisiones a la atmósfera, gestión de emisiones líquidas, gestión de residuos sólidos, manejo de sustancias peligrosas, efecto social y económico (como generación empleo directo e indirecto en la zona, mejora del acceso a través de carreteras).

Dado que el proyecto seguiría una línea de medidas de mitigación a fin de cumplir con las normas relacionadas con el medio ambiente correspondientes no generarían efectos negativos significativos para el entorno.

Mano de Obra: En la costa de Cañete contamos el mercado laboral a nuestro alcance. Este distrito cuenta con el Instituto SENATI por lo que contaremos con técnicos capacitados en dichos distrito. Asimismo por la cercanía podríamos contarnos con profesionales y técnicos de diferentes institutos de Ica e Lima.

Posición geográfica: La posición geográfica de Cañete favorece el acceso a la capital y a diferentes medios de transporte fluvial, marítimo y acceso por carretera. La Carretera Panamericana Sur es una buena vía de acceso y comunicación entre Cañete, el distrito de Pisco y la provincia de Lima.

Servicios básicos: En la mayoría de plantas industriales las necesidades de energía y vapor son muy grandes y generalmente se necesita de combustible para producirlos. Del mismo modo los procesos industriales consumen gran cantidad de agua para enfriar, lavar, producir vapor y como materia prima. Por lo tanto la planta debe de ubicarse en un lugar donde pueda disponer de una fuente confiable de agua.

5.2.2.- CUSCO

Costo materia prima: Normalmente, cuando la materia prima es procesada para obtener productos diferentes, la localización tiende hacia

la Fuente de insumo. En el caso del Cusco, consideramos que contamos con las reservas de gas natural in situ, con sus pozos de San Martín y Cashiriari, además del Lote 56, materia prima principal para la obtención de los fertilizantes amoniaco, urea y nitrato de amonio en el mismo departamento del Cusco, además de contar con una población netamente agrícola (Quillabamba) y ganadera, así como con un precio preferencial en «boca de pozo» de \$ 1.50 por millón de BTU.

Cercanía mercado: La ubicación del Cusco se encuentra en la parte central de la zona sur, lugar estratégico para la fácil distribución de la urea y nitrato de amonio grado ANFO, técnico o fertilizante, hacia las regiones aledañas de Puno, Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho, Apurímac los cuales son los principales mercados a abastecer.

Disponibilidad de Potencia y Combustibles: El tipo de Planta basará su funcionamiento en el Gas Natural, por lo que la disponibilidad de potencia y combustible será cubierta en su totalidad a precios muchos más módicos que los ofrecidos en la costa.

Eliminación de efluentes o residuos: Como parte del análisis del área de influencia del proyecto se presenta ciertos aspectos ambientales significativos asociados a este tipo de emprendimiento, sea donde este ubicado la planta mencionada, siendo estos la presencia física de la planta, las emisiones a la atmósfera, gestión de emisiones líquidas, gestión de residuos sólidos, manejo de sustancias peligrosas, efecto social y económico (como generación empleo directo e indirecto en la zona, mejora del acceso a través de carreteras).

Dado que el proyecto seguiría una línea de medidas de mitigación a fin de cumplir con las normas relacionadas con el medio ambiente correspondientes no generarían efectos negativos significativos para el entorno.

Mano de Obra: En el Cusco también contamos un mercado laboral a nuestro alcance. Este distrito cuenta con el Instituto SENATI por lo que contaremos con técnicos capacitados en dichos distrito. Asimismo contamos con profesionales de la Universidad Nacional San Antonio de Abad. Como ventajas para esta región sería que el personal de la región del Cusco y alrededores recibirían continuamente capacitación.

Posición geográfica: Se encuentra en la parte central de la zona sur, lugar estratégico para la fácil distribución de los productos hacia las regiones de Puno, Arequipa, Moquegua, Tacna, Ayacucho, Apurímac, y en el lugar donde se ubican las reservas de gas natural in situ, con sus pozos de San Martín y Cashiriari, además del Lote 56, materia prima principal para la obtención de los fertilizantes amoníaco, urea y nitrato de amonio. Asimismo la carretera Transoceánica, es otro factor importante que permitirá la integración peruano - brasileña, unirá los puertos de Ilo en Moquegua y Marcona en Ica con las localidades fronterizas de Iñapari y Asís – Brasil (cercana a la ciudad de Río Branco). Las mismas que se conectan con los puertos de Río de Janeiro y Santos. Cabe señalar que la empresa Peru Rail realiza el servicios de transporte de carga. Los trenes de carga de dicha empresa realizan diariamente el recorrido entre el puerto de Matarani, la ciudad de Arequipa y las ciudades andinas de Juliaca, Puno y Cusco, siendo los servicios ferroviarios de costos muchos mas económicos que los realizados a través del uso de carreteras. Asimismo, su posición geográfica en el departamento de Cusco permitiría abastecer de nitrato de amonio grado ANFO a principales mineras tales como Southern, Shougan, ex-BHP Tintaya etc.

Servicios básicos: En la mayoría de plantas industriales las necesidades de energía y vapor son muy grandes y generalmente se necesita de combustible para producirlos. Del mismo modo los procesos industriales consumen gran cantidad de agua para enfriar, lavar, producir vapor y como materia prima. Por lo tanto la planta debe ubicarse en un lugar donde pueda disponer de una fuente confiable de agua. En dicha situación contamos con la presencia del río Urubamba el cual pasa por Quillabamba o Cusco, como el caso del Rio Huatanay.

5.3.- CUADRO RESUMEN PARA ELECCIÓN CUALITATIVA DE LA UBICACIÓN DE LA PLANTA

Según la evaluación efectuada para la localización por este método sería en la región del Cuzco donde se podría ubicar las plantas propuestas por tener la mayor calificación total ponderada.

Tabla N°9. Método cualitativo para localización de Planta

FACTOR	PESO	ZONA	CUZCO	ZONA	CAÑETE
		calificación	ponderación	Calificación	ponderación
Costo materia prima	0.25	8	2	6	1.5
Cercanía mercado	0.15	8	1.2	7	1.05
Disponibilidad de Potencia y Combustible	0.1	5	0.5	4	0.4
Costo de mano de obra	0.1	7	0.7	5	0.5
Posición geográfica	0.15	7	1.05	8	1.2
Eliminación de efluentes o residuos	0.15	7	1.05	7	1.05
Servicios básicos	0.1	7	0.7	7	0.7
TOTALES	1		7.2		6.4

6.- DIMENSIONAMIENTO Y ESTIMACIONES ECONOMICAS DE LA PLANTA

6.1.- CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Cabe señalar que en el presente trabajo se esta considerando que todo el mercado nacional de fertilizantes urea, nitrato de amonio va a ser abastecido por las plantas propuestas, lo cual nos favorecería ya que nuestra demanda interna no dependería de la importaciones de dichos productos, considerando que esta también va irse incrementando con el paso del tiempo.

Asimismo, el mercado latinoamericano se vería beneficiado ya que podríamos abastecer a aquellos países que importan para su consumo. Como ejemplo, en el caso de la urea tenemos a países como Chile, Brasil, Colombia, México y en menor grado Argentina y Venezuela los cuales presentan un alto grado de producción e importan cantidades menores.

Nuestro país se encuentra estratégicamente ubicado, de tal manera que puede abastecer a los países pertenecientes a la Cuenca del Pacífico (América Latina, Oceanía, Asia del Sur, Asia del Este y Asia Socialista); ya que para el año 2010 se estima que existirá una demanda mundial superior a 40 y 90 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes fosfatados y nitrogenados respectivamente, de estas cantidades serán 30 y 50 millones toneladas métricas anuales para los países de la Cuenca del Pacífico en mención.

Por lo tanto de acuerdo al cronograma de actividades, en tres años se estaría poniendo en marcha las Plantas de Amoniaco, Urea y Nitrato de Amonio, de tal forma que se cubriría la demanda nacional y parte de la demanda internacional de los países de la Cuenca del Pacífico.

6.1.1.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANTA DE AMONIACO

La capacidad de producción esta relacionada con el tamaño de planta que se podría implementarse en el país, con la finalidad de sustituir las importaciones a corto plazo y posteriormente hacer una ampliación y poder exportar a los diferentes países deficitarios en fertilizantes.

Tabla N° 10.- Cantidades de amoniaco para la producción de fertilizantes

PRODUCTOS	AMONIACO (TM)	OTROS (TM)
UREA	0.5666	CO2 : 0.7333
NITRATO DE AMONIO	0.4250	H2NO3 : 1.4664
TOTAL	1.1394	

(*) Datos incluidos para cálculos

Tomando como referencia las importaciones de fertilizantes del año 2006 (Ver Tabla N°_6.- Reporte de Importaciones a Nivel Nacional Productos: Nitrato de Amonio / Sulfato de Amonio / Urea) a fin de poder determinar la cantidad necesaria de amoniaco a poder abastecer a nuestro mercado y tomando como base 340 días al año tenemos:

Nitrato de amonio: **669.26** Toneladas por día

Sulfato de amonio: **324.20** Toneladas por día

Urea: **729.17** Toneladas por día.

Entonces la producción aproximada que se requiere de amoniaco para satisfacer estas cantidades es de aproximadamente 1000 Toneladas / día con una producción de 340 días al año obteniéndose lo siguiente:

Nitrato de amonio: **295.14** Toneladas por día de amoniaco

Sulfato de amonio: **47.91** Toneladas por día de amoniaco

Urea: **413.14** Toneladas por día de amoniaco.

En base a las proyecciones realizadas en el capítulo 4 de la demanda de fertilizantes a nivel nacional, para el año 2014 las proyecciones de requerimiento interno de amoniaco, serían aproximadamente :

Tabla 11.- Proyecciones de Consumo Interno País - 2014

<i>Item</i>	<i>Productos a obtener</i>	<i>Requerimiento de amoniaco Año 2014 (TM/D)</i>
01	Nitrato de Amonio	525
02	Urea	749.9
	Total	1274.9

Por lo tanto, a fin de cubrir con la capacidad interna del país mínimo requeriríamos una planta de amoniaco con una capacidad de 1300 TM/D (442000 TM/A). Asimismo, si bien en una buena parte de los países de américa latina existe actualmente un déficit de amoniaco de 617000 TM/A para la fabricación de fertilizantes nitrogenados, si consideramos que un 5% va a ser cubierto por la producción nacional, requeriríamos 30850 TM/A de dicho producto fin de abastecerlo. Cabe señalar a su vez que recibiríamos una demanda por parte del resto de países de la cuenca del pacifico, sabiendo que de acuerdo a la FAO para el 2010 va a haber un déficit de 20 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes nitrogenados a nivel mundial podemos considerar valores a exportar a fin de determinar la capacidad de la Planta a elegir.

Tabla 12.-Proyecciones de Consumo Perú América Latina Amoniaco- 2014

	<i>Consumo al 2014 (TM/A)</i>	<i>Hipótesis</i>	<i>Requerimiento de amoniaco (TM/A)</i>
Perú	442000	100%	442000
América Latina	617000	7%	43190
Total Ventas	1093000		485190

Si consideramos un aproximado a la producción de 485190 TM/A, consideramos que la Planta opera a un 80% de la capacidad instalada es decir:

$$\text{Capacidad (TM/A)} = 485190 \times 100 / 80 = 606487.5 \text{ TM/D}$$

Por lo que tomando en cuenta estos aspectos vamos a construir una planta de amoniaco cuya capacidad sea de 610000 TM/D.

6.1.2.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANTA DE UREA

Del mismo modo, podemos determinar la capacidad de la planta de la urea del presente trabajo. Para el año 2014 las proyecciones de requerimiento interno de amoniaco, serían aproximadamente :

Tabla 13.-Proyecciones de Consumo Perú América Latina Urea - 2014

	<i>Consumo al 2014 (TM/A)</i>	<i>Hipótesis</i>	<i>Requerimiento de Urea (TM/A)</i>
Perú	450000	100%	450000
América Latina	2729000	7%	191030
Total Ventas	3179000		641030

Si consideramos un aproximado a la producción de 641030 TM/A, consideramos que la Planta opera a un 80% de la capacidad instalada es decir:

$$\text{Capacidad (TM/A)} = 641030 \times 100 / 80 = 80128.75 \text{ TM/D}$$

Por lo que tomando en cuenta estos aspectos vamos a construir una planta de urea cuya capacidad sea de 810000 TM/D.

6.1.3.- CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PLANTA DE NITRATO DE AMONIO:

Del mismo modo, podemos determinar la capacidad de la planta de nitrato de amonio a fin de abastecer la demanda nacional del presente trabajo. Para el año 2018 las proyecciones de requerimiento interno de amoniaco, serían aproximadamente :

Tabla 14.- Proyecciones de Consumo Perú Nitrato de Amonio - 2014

	<i>Consumo al 2014 (TM/A)</i>	<i>Hipótesis</i>	<i>Requerimiento de Urea (TM/A)</i>
Perú	430000	100%	430000
Total Ventas	430000		430000

Si consideramos un aproximado a la producción de 430000 TM/A, consideramos que la Planta opera a un 80% de la capacidad instalada es decir:

$$\text{Capacidad (TM/A)} = 430000 \times 100 / 80 = 537500 \text{ TM/D}$$

Por lo que tomando en cuenta estos aspectos vamos a construir una planta de nitrato de amonio cuya capacidad sea de 540000 TM/D.

6.2- CALCULOS DE SUMINISTRO DE GAS EN 20 AÑOS PARA LAS PLANTAS DE AMONIACO, UREA Y NITRATO DE AMONIO - GAS NATURAL DE CAMISEA

6.2.1.- UBICACIÓN DE LAS RESERVAS DE GAS

La zona de Camisea se encuentra a unos 500 kilómetros al este de la ciudad de Lima, capital del Perú, en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes en la región Cuzco. Está situada en el valle del Bajo Urubamba, una de las áreas de diversidad biológica natural de mayor importancia en el mundo.

La mayor parte de las reservas se encuentran en dos campos gasíferos principales, San Martín y Cashiriari, en las riveras opuestas del río Camisea. Estos yacimientos se encuentran en el lote 88B. Existe una acumulación algo menor al noroeste, en un área conocida como Mipaya, llamada oficialmente Lote 88A. Los lotes 88A y 88B se conocen como los lotes de Camisea.

6.2.2- CALCULOS DE SUMINISTRO DE GAS A TOMAR EN CUENTA

A continuación se consideran las variables a fin de conocer si las reservas de gas cubren las expectativas de las plantas petroquímicas a ejecutar.

⇒ Tiempo de operación de la planta : 20 años

⇒ Reservas Probadas de Gas Natural – Camisea: 11.00 TCF

Para la tecnología seleccionada se necesita el siguiente suministro de gas para el tiempo de operación mencionado:

Suministro de Gas (Amoniaco)= 26900 pie³/TM x 488000 TM/A x 20 = 0.2625 TCF.

Siendo la cantidad necesaria durante el periodo de 20 años mucho menor a la cantidad presentada en los reservorios de gas natural de camisea y mucho menor a la que se pronosticaría para años próximos, según el Informe elaborado por la Dirección General de Hidrocarburos en el año 2006 proyectando al año 2014.

Figura 24

RESERVAS PROBADAS DE GAS NATURAL Y LGN ⁽¹⁾

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gas Natural (TCF)										
Noroeste	0,49	0,47	0,46	0,44	0,42	0,40	0,39	0,37	0,35	0,33
Selva Central	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14
Selva Sur ⁽²⁾	11,07	11,00	10,90	10,51	10,06	9,60	9,10	8,60	8,07	7,53
Nuevos Descubrimientos ⁽³⁾				3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00
Total	11,77	11,67	11,55	14,14	14,66	15,17	15,66	16,12	16,57	16,99
LGN (MMBls)										
Selva Central	5,2	4,1	3,0	2,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Selva Sur ⁽²⁾	663,0	646,2	622,4	597,0	570,2	543,3	509,5	476,3	443,9	412,3
Nuevos Descubrimientos ⁽³⁾				150,0	200,0	250,0	300,0	350,0	400,0	450,0
Total	668,3	650,3	625,4	749,0	771,3	794,4	810,6	827,4	845,0	863,4

⁽¹⁾ Estimado DGH al final del año (31 de diciembre).

⁽²⁾ Comprende las reservas probadas del Lote 88 (Camisea) y del Lote 56 (Pagoreni)

⁽³⁾ Se considera que se tendrá un descubrimiento de 3 TCF de Gas Natural en año 2010 con un crecimiento de 0,5 TCF por año

¹ MMBLS = Millones de barriles

6.3.- EVALUACIÓN ECONOMICA:

⇒ Las capacidades de la Plantas en el presente proyecto, tomando en cuenta los puntos anteriores:

Tabla 15.- Plantas Proyecto

PLANTAS PROYECTO	TIPO PLANTA	CAPACIDAD
	UREA	810 MTM/A
	AMONIACO	610MTM/A
	NITRATO DE AMONIO	540 MTM/A

⇒ La Planta operará 340 días al año, para considerar paradas normales por mantenimiento, paradas inesperadas o por contingencia.

⇒ Se realiza un análisis del Valor Actual Neto, así como análisis de sensibilidad comparativos con el VAN con la variación del precio del gas natural.

⇒ Cabe señalar que de acuerdo a la evaluación realizada por el Método de Puntos Cusco ha sido elegida como lugar apropiado para la ejecución de la planta. Cabe señalar que si bien la carretera transoceánica no ha sido construida aun en su totalidad, cusco se conecta a la costa a través de la empresa Peru Rail ya que esta realiza el servicios de transporte de carga a través del servicio ferroviario. Los trenes de carga de dicha empresa realizan diariamente el recorrido entre el puerto de Matarani, la ciudad de Arequipa y las ciudades andinas de Juliaca, Puno y Cusco, siendo los servicios ferroviarios de costos muchos mas económicos que el transporte realizados a través del uso de carreteras. Un claro ejemplo es la iniciativa de la Municipalidad de Lima y Ferrovial Central Andina para construir un ramal de la vía férrea que permitirá reducir en 50 % el costo del flete del transporte de productos agrícolas procedentes de la sierra central del país hacia Lima.

Considerando que los costos de transporte ferroviario son el 50% del costo de flete de transporte por carretera y considerando un precio de S/. 120/TM (siendo la tarifa tomada como referencia de la ruta Arequipa–Cusco el costo ferroviario sería aproximadamente del 50% US\$ 40 /TM. Motivo por el cual se consideran precios con un promedio de \$40 dólares menos a los precios FOB ofrecidos por los traders.

⇒ De acuerdo a los valores anteriormente mencionados podemos observar que para los VAN de 12, 15 y 20 % los precios de la materia prima que dan factibilidad son US \$ 1.8 a 4.0 /TM.

En base a los cuadros de precios ubicados en el capítulo 2 podemos decir que para el 2011 el precio de los fertilizantes van a incrementarse significativamente y en base a ello, utilizando precios muy por debajo de los que corresponderían para dichas fechas a fin de incluir el costo del flete para llevar el producto a la costa (Puerto Matarani), obtenemos que el proyecto es factible para VAN 12, 15 y 20 %, con precios de producción de US\$ 450/400 TM de amoniaco y urea, así como de US\$ 300/TM de nitrato de amonio, estando para dichas fechas los precios de venta de amoniaco, urea y nitrato de amonio a US\$ 600 /500 /400 los respectivamente.

CAPÍTULO 7

7.- CARACTERÍSTICA DE PRODUCTOS OBTENIDOS

7.1.- PRODUCTOS OBTENIDOS

Los productos obtenidos tienen especificaciones de calidad fundamentales, permitiendo ser competitivos en un mercado libre a nivel internacional.

7.1.1. Amoniaco

- Amoniaco 99.5% en peso (mínimo)
- Agua 0.5% en peso (máximo)

7.1.2. Dióxido de Carbono como co-producto

La planta de amoniaco puede producir dióxido de carbono como co-producto en forma de gas, conteniendo un 98.5% Vol. de pureza.

7.1.3. Nitrato de amonio

El nitrato de amonio se puede producir de tres formas en una misma planta, solo se ajustan las condiciones de operación para obtenerlas.

NITRATO DE AMONIO GRADO: TÉCNICO

Producto químicamente puro y sin aditivos ni recubrimiento, con un contenido mínimo de 34.5% de nitrógeno.

Tabla N° 16.- Características físicas y químicas – Nitrato de Amoniaco Grado Técnico

Características	Contenido	Unidad
Nitrato de Amonio	99.2 - 99.6	%pureza
Nitrógeno Total	34.50 - 34.86	%peso
Humedad	0.20 - 0.60	%peso
Antiaglomerante	Ninguno	-
Densidad	0.76 - 0.80	gr / cc

Aplicaciones:

- § En la fabricación de dinamitas
- § En la fabricación de Aguageles o Slurries y Emulsiones

§ En la industria Farmacéutica y química

NITRATO DE AMONIO GRADO: FERTILIZANTE

Es un producto nitrogenado fabricado específicamente para ser utilizado como nutriente en suelos y plantas.

Tabla N° 17.- Características físicas y químicas – Nitrato de Amoniaco Grado Fertilizante

Características	Contenido	Unidad
Nitrato de Amonio	94.0 - 95.7	% pureza
Nitrógeno Total	33.00 - 33.50	%peso
Humedad	0.50 - 0.70	%peso
Antiaglomerante	3.0 - 5.0	%peso

Aplicaciones:

- § El fertilizante nitrogenado compacto puede ser usado solo o en mezcla con otros abonos
- § Debido a que se presenta en forma granular, es de fácil aplicación y para ello no requiere ningún tratamiento.
- § Su contenido de Nitrógeno amoniacal y ácido nítrico es de fácil asimilación, ya sea en terrenos ácidos o básicos.
- § Por su alta solubilidad en le agua, se le puede utilizar en forma de riego o en gránulos directamente alrededor de las plantas.

NITRATO DE AMONIO GRADO : ANFO

Es una sal inorgánica, color blanco, poroso, solo no es explosivo, es un oxidante, suministra oxígeno para la reacción de detonación, es el principal componente para la fabricación de explosivos comerciales, compatible para obtener Anfo aluminizado, Anfo de baja densidad, Heavy anfo y otras mezclas explosivas. Su densidad aparente varia entre los 0.72 y 0.74 gr/cc.

Tabla N° 18- Características físicas y químicas – Nitrato de Amoniac Grado Anfo

Características	Contenido	Unidad
Nitrato de Amonio	99.0 - 99.6	%pureza
Nitrógeno Total	34.50 - 34.86	%peso
Humedad	0.08 - 0.20	%peso
Antiaglomerante	0.15 - 0.20	%peso
Densidad	0.72 - 0.74	Gr /cc
Absorción de petróleo	11.50 - 13.50	%peso

Aplicaciones:

La utilización del Anfo (94% AN y 6% CH₂) para la minería a cielo abierto, canteras y obras civiles. Se ha visto incrementar debido a sus excelentes propiedades, logrando óptimos resultados en la voladura

En la minería y operaciones subterráneas el Anfo (94.33% AN y 5.67% CH₂) puede ser utilizado siempre y cuando las condiciones de ventilación y presencia de agua lo permitan.

7.1.4. Urea

La urea se puede producir de tres formas en una misma planta, solo se ajustan las condiciones de operación para obtenerlas.

GRADO FERTILIZANTE

Es el grado de urea que se produce como fertilizante y sus características son las siguientes:

Tabla N° 19.- Características Urea Grado Fertilizante

Características Urea Grado Fertilizante	% en peso
Contenido de nitrógeno	46.3 mínimo
Contenido de biuret	0.3 máximo
Contenido de humedad	0.3 máximo
Tamaño de "prills" (8 a 20 malla Tyler)	95% mínimo

GRADO ALIMENTICIO

Se usan como sustitutos de las proteínas en la alimentación de los animales rumiantes y es deseable que tenga un alto contenido de biuret,

el cual ha demostrado ser superior a la urea a causa de que probablemente es menos tóxico para dichos animales.

GRADO TECNICO

Se requiere un menor contenido de biuret que el grado fertilizante por ser nocivo su uso en productos plásticos. También exige especializaciones más ajustadas en la eliminación de sales de fierro y aceite.

Las especificaciones generales que establecen los análisis para la urea de grado fertilizante y técnico son:

Tabla N° 20.- COMPOSICION % EN PESO - UREA

	N	H ₂ O	Biuret	NH ₃	Aceite	Fe	Cenizas
GRADO FERTILIZANTE	46.3	0.3	0.9	0.015	N.E	.0002	N.E
GRADO TECNICO	46.3	0.3	0.4	0.010	.002	.0001	.002

N.E. = No especificado

CAPÍTULO 8

8.- MEDIO AMBIENTE

8.1.- IDENTIFICACION DE IMPACTOS

El estudio de Impacto Ambiental del proyecto deberá contar con la aprobación de la Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas referente a las alternativas propuestas. Los efectos ambientales ocurren antes de la implantación de la planta, durante la implantación y en la operación de la planta.

1. Los impactos ambientales, antes de la implantación de la planta están ligados a la construcción, lo que genera movimiento de tierras, tala de árboles, quema de combustibles, pérdida de área natural etc.
2. Durante la implantación, Contaminación de aire, agua y suelos, implantación de cemento, afecta a la flora fauna etc.
3. Durante la operación de la planta, el riesgo esta asociado a fugas de gases tóxicos, derrames, quema de combustibles, alteración al Medio Ambiente, explosiones, contaminación a aire, agua y suelos etc.

Tabla N° 21.- Factores que impactaran al ambiente

	Formas de reducir el efecto	Factores que incrementan el riesgo	Escenario mas probable
Alteración de la diversidad Biológica del área del Proyecto	Planificación de carreteras.	Trabajos en terrenos no planificados destruyendo el hábitat.	Animales en extinción o reducción de su población.
Contaminación por consumo de energía	Control del tráfico hacia la operación. Uso eficiente de energía en motores de equipos y maquinarias	Incremento de ruidos realizados por equipos en mal estado y obsoletos.	Mantenimiento continuo de los equipos y renovarlos después de su fecha de servicio.
Contaminación por emisiones a la atmósfera	Monitoreo de gases frecuentes.	Poblaciones cercanas al proyecto.	Cumplimiento de las regulaciones hechas por Osinerg.
Alteración de forma de vida de Comunidades cercanas al Proyecto	Planificación en el uso de terrenos.	No anticipar o prevenir la realización del proyecto a comunidades cercanas.	Prohibir el acercamiento a las zonas de trabajo.
Alteración del medio ambiente por manipuleo de sustancias peligrosas y transporte	Protección de los ríos, lagos, y monitoreo frecuente de los residuos; mantenimiento de los caminos carreteras.	Incremento de equipos, maquinarias, insumos químicos en el proyecto.	Cumplir con los reglamentos sobre medio ambiente, hechos por el MEM.

09.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del presente trabajo es demostrar la viabilidad del proyecto de producción de fertilizantes nitrogenados con una Planta de Amoniaco, Urea y Nitrato de Amonio en nuestro país, para lo cual se han visto aspectos económicos, técnicos y de dimensionamiento de la planta.

- De acuerdo a la FAO la demanda mundial de fertilizantes en el mundo se encuentra en continuo ascenso ya que estima para el año 2010 un déficit de alrededor de 20 millones de toneladas métricas anuales solo de fertilizantes nitrogenados. Asimismo, América del Sur presentaría un requerimiento mínimo de unos 8 millones de toneladas métricas anuales de fertilizantes. A ello hay que aumentar que los precios de los fertilizantes se encuentran incrementándose a nivel mundial, no augurándose un buen panorama a los agricultores peruanos durante los próximos meses, siendo necesaria una solución al desabastecimiento próximo a venir. Por lo que, debido a que actualmente en el Perú la producción nacional de fertilizantes es casi insignificante, ya que no contamos con complejos petroquímicos que generen este insumo (abasteciéndonos actualmente con el 95% de las importaciones), es necesario la creación de un complejo petroquímico de fertilizantes, a fin de poder abastecer tanto al mercado nacional como a un mercado internacional.
- Asimismo, de acuerdo a su posición geográfica, el Perú estaría en una posición bastante favorable con respecto al mercado de fertilizantes nitrogenados (amoniaco, urea y nitrato de amonio). Los países de Brasil, Colombia, México y Chile son fuertes importadores de volúmenes significativos de amoniaco y urea, (617 MTA, 2553 MTA respectivamente) lo que justificarían la creación de nuevas instalaciones de plantas de fertilizantes en la región. Debido a la ubicación geográfica del país seríamos posibles competidores en Latinoamérica de los países de Argentina y Venezuela a fin de cubrir parte del mercado internacional.

- En el presente proyecto se estima la producción de amoníaco (485190 TMPA al 80 % capacidad) con la finalidad de producir productos Nitrogenados y/o Fertilizantes, reduciendo las importaciones por parte del Estado. La ejecución de este Proyecto permitirá reducir la importación de casi 650 TM de productos Nitrogenados y/o Fertilizantes, permitiendo un mercado local más amplio en las regiones que dependen de la agricultura; y de la minería para el caso de la producción del producto nitrato de amonio grado ANFO (a fin de abastecer a empresas tales como Southern, Shougan, ex-BHP Tintaya y demás empresas mineras que requieren del producto), así como la reducción de problemas sociales (mayor ingreso de dinero a las familias campesinas, llegada de servicios primarios a las comunidades: agua, luz, teléfono; desarrollo de la agroindustria, etc.).
- En el presente proyecto se ha hecho uso de información técnica de licenciantes de tecnologías para la producción de amoníaco, urea y nitrato de amonio. Entre las tecnologías a elegir para la Planta de Amoníaco se tomaron las tecnología KAAP - KBR y la de Haldor Topsoe. Entre ambas tecnologías se eligió para el presente proyecto la Síntesis KAAP™, la cual utiliza en su proceso un catalizador de rutenio produciendo una actividad superior al tradicional catalizador de hierro-magnetita, consiguiendo así rendimientos mayores de producto tales como conversiones más altas de amoníaco con volúmenes reducidos de catalizador en el proceso, ahorros significativos en costo de capital y mantenimiento del proceso. Del mismo modo para la Planta de Urea se plantearon las tecnologías Stamicarbons 2000PLUS™ y Tecnología Técnica ACES21R. Entre ambas tecnologías la STAMICARBON'S 2000PLUS™ fue la elegida ya que TÉCNICA requiere de un consumo mínimo de 1725-2460 TM/D de amoníaco, valor superior al calculado como base para el cálculo de la capacidad de la planta de amoníaco planteado en el presente trabajo. Para la Planta de Nitrato de Amonio solo se plantea la tecnología ESPINDESA.

- Asimismo, la factibilidad del proyecto se puede observar en un rango de capacidad de producción de los productos amoniaco, urea y nitrato de amonio del 70 al 100% (desde la capacidad de 427000TM/A Amoniaco, 567000 TM/A Urea, 378000 TM/A Nitrato de Amonio hasta 610000TM/A Amoniaco, 810000 Urea y 540000 Nitrato de Amonio). Los precios mas bajos a los cuales se podrían expender los productos a elaborar son a un 25% de los precio base. Es decir el proyecto se hace factible hasta los precios de \$338/TM Amoniaco, \$300/TM Urea y \$225/TM Nitrato de Amonio. Cabe señalar que para el año 2011 los precios que se pronostican es de \$600/TM, \$500/TM, \$400/TM.
- Los costos nos dan una idea de la competitividad y viabilidad del proyecto. Los criterios considerados para la localización de la planta nos sirvieron como referencia para establecer un elección cualitativa de la localización más optima de la planta de fertilizantes. En nuestra evaluación cuantitativa los resultados de ambos proyectos no son tan distante uno a comparación del otro (Tabla Anexo 4). Sabemos que el precio de costo de producción de los fertilizantes amoniaco, urea, nitrato de amonio depende mucho del comportamiento del **precio del gas natural en el mercado**, es decir a un valor bajo del gas natural significaría una mayor rentabilidad en su producción. Por el rango de precios de materia prima analizados tanto para la región Cañete y Cusco en el presente proyecto, para ambas ubicaciones este resultaría factible de realizar, en el rango de \$1.80-\$4.00/TM de gas natural, a tasas de actualización del 12 y 15%. Cabe señalar que para la tasa de actualización del 20 % el rango de precios del gas seco favorables para la inversión esta en el rango de 1.8 - 3 \$/MMBTU. Por lo tanto sería conveniente un contrato de largo plazo a fin de que el precio del gas natural permanezca inalterable durante el tiempo de operación de la planta.
- Debemos considerar también que socialmente la zona donde se ubique la planta se vería beneficiada tanto económica como socialmente. Los beneficios económicos inmediatos traen como resultado aliviar la extrema pobreza de la mayoría de sus pobladores. Es importante

recalcar que la zona sur centro del país es la zona donde se encuentra principalmente las empresas mineras del país, debiendo por lo tanto dicho complejo estar ubicada en un lugar accesible y cercana a dichas zonas, por lo que podríamos considerar a Cusco como una alternativa importante para efectuar dicho proyecto. Dicha ubicación presenta zonas aledañas dedicadas netamente a la actividad agrícola, los cuales necesitan de abastecerse de insumos a fin de obtener productos a su alcance de mejor calidad y a bajos precios. Cabe señalar que la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) han comprometido su financiamiento para la construcción del Gasoducto Andino del Sur (el cual debe estar concluidas para el 2012, pero en el 2011 ya podrían iniciar operaciones de abastecimiento de gas natural en el Cusco) debido al impacto social y económico que representará para las poblaciones aisladas de esta zona del país, lo cual podría traer beneficios en el precio del costo de la materia prima considerando que este se encuentra ya muy cercano a la zona de los yacimientos de gas (probables precios muchos más bajos) pudiendo hacer este proyecto mucho mas rentable aun.

- Y finalmente, en relación al impacto que generaría la implantación de dicho complejo al medio ambiente, la generación de CO₂ como co-producto en la planta de amoniaco es utilizado en su totalidad para la generación del producto Urea (ANEXO 5), lo cual eliminaría el problema de la emisión de dichos gases al medio ambiente, evitando así la alteración de nuestra atmósfera terrestre a causa de la emisión de estos.

ANEXOS

ANEXO 1

Anexo A - LOS FERTILIZANTES Y SU USO

10.1.- INTRODUCCIÓN

Este anexo brinda una información necesaria para enseñar a los agricultores el uso apropiado de los fertilizantes. También, la intención es mostrar cómo el uso de los fertilizantes debería ser parte de un programa integrado de buenas prácticas agrícolas tendiendo a mejorar la producción de los cultivos y consecuentemente los ingresos de los agricultores.

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. Todo esto promoverá el bienestar de un pueblo, de su comunidad y de su país.

10.2.- FUNDAMENTO DE LA NECESIDAD DE FERTILIZANTES (AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y AUMENTO DEL INGRESO DE LOS AGRICULTORES).

De acuerdo con las proyecciones del Banco Mundial, la población mundial aumentará de seis mil millones de personas en 1999 a siete mil millones en 2020. Posiblemente, usted está viviendo en un país con las tasas de crecimiento mayores o el más elevado aumento absoluto del número de personas. En ese caso, las consecuencias de un aumento de la población le serán familiares: toda esta gente tendrá que tener vivienda, vestirse y, sobre todo, ser alimentada. Hasta el 90 por ciento de este aumento necesario de la producción de alimentos tendrá que provenir de los campos ya cultivados.

La FAO estima que durante el período 1995–97 alrededor de 790 millones de personas en el mundo en desarrollo no tenía suficiente para alimentarse. El número ha decaído en los años recientes de un promedio de alrededor de ocho millones de personas por año. En el año 2015, si el ritmo no fuera aumentado, habría aún 600 millones de personas hambrientas.

En los países en desarrollo, la mayoría de los agricultores activos del sector de producción de alimentos son agricultores de pequeña escala que forman parte de la pobreza rural. La introducción de nuevos sistemas agrícolas y de tecnologías mejoradas es muy importante para ellos, dado que la mejora de la productividad resulta no sólo en más alimentos sino también en más ingreso.

En consecuencia, las actividades agrícolas tienen dos objetivos principales:

- a. Suministrar a la población creciente de su país (o también a la de otros países) con las cantidades crecientes de alimentos y de fibras necesarias; y
- b. Proveer un ingreso satisfactorio para el agricultor y su familia.

LOS FERTILIZANTES AUMENTAN LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Este artículo trata solamente los nutrientes absorbidos del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse.

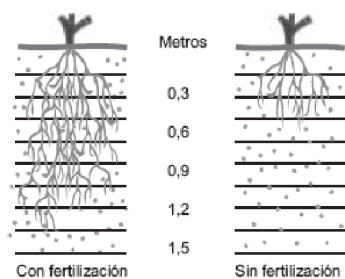
Los resultados de miles de demostraciones y de ensayos llevados a cabo en las fincas de los agricultores bajo el primer Programa de Fertilizantes de la FAO, que cubrió un período de 25 años en 40 países, mostró que el aumento promedio ponderado del mejor tratamiento de fertilizantes para

ensayos de trigo era alrededor del 60 por ciento. El aumento de los rendimientos variaba, por supuesto, de acuerdo a la región (por ejemplo debido a la falta de humedad), cultivo y país.

La eficiencia de los fertilizantes y la respuesta de los rendimientos en un suelo particular pueden ser fácilmente analizadas agregando diferentes cantidades de fertilizantes en parcelas adyacentes, midiendo y comparando los rendimientos de los cultivos consecuentemente. Tales ensayos mostrarán también otro efecto muy importante del empleo de fertilizantes, a saber que ellos aseguran el uso más eficaz de la tierra, y especialmente del agua. Estas son consideraciones muy importantes cuando las lluvias son escasas o los cultivos tienen que ser irrigados, en cuyo caso el rendimiento por unidad de agua usada puede ser más que duplicado. La profundidad de las raíces del cultivo puede ser aumentada (Figura 1).

Figura N° 25: Profundidad de las raíces de las plantas con y sin fertilización

En suelos de baja fertilidad, los fertilizantes aumentarán la profundidad a la cual las raíces crecen.



EL ABONO ORGÁNICO MEJORA LA EFICIENCIA DE LOS FERTILIZANTES

Antes de pensar en la aplicación de los fertilizantes, todas las fuentes disponibles de los nutrientes deberían ser utilizadas, por ejemplo excrementos de vaca, de cerdos, de pollos, desperdicios vegetales, paja, estiba de maíz y otros materiales orgánicos. Sin embargo, éstos deberían ser convertidos en abono y ser descompuestos antes de su aplicación en el suelo. Con la descomposición del material orgánico fresco, por ejemplo paja

de maíz, los nutrientes del suelo, particularmente el nitrógeno, serán fijados provisionalmente; de este modo no son disponibles para el cultivo posterior. Aún cuando el contenido de nutriente del material orgánico sea bajo y variable, el abono orgánico es muy valioso porque mejora las condiciones del suelo en general.

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad. Además la materia orgánica es un alimento necesario para los organismos del suelo.

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico / la materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan.

No obstante, el abono orgánico / la materia orgánica por sí solo no es suficiente (y a menudo no es disponible en grandes cantidades) para lograr el nivel de producción que el agricultor desea. Los fertilizantes minerales tienen que ser aplicados adicionalmente. Aún en países en los cuales una alta proporción de desperdicios orgánicos se utiliza como abono y suministro de material orgánico, el consumo de fertilizantes minerales se ha elevado constantemente.

10.3.- LOS NUTRIENTES – SUS FUNCIONES EN LAS PLANTAS Y SUS FUENTES

LOS NUTRIENTES NECESARIOS PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Dieciséis elementos son esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo.

Los elementos siguientes son derivados:

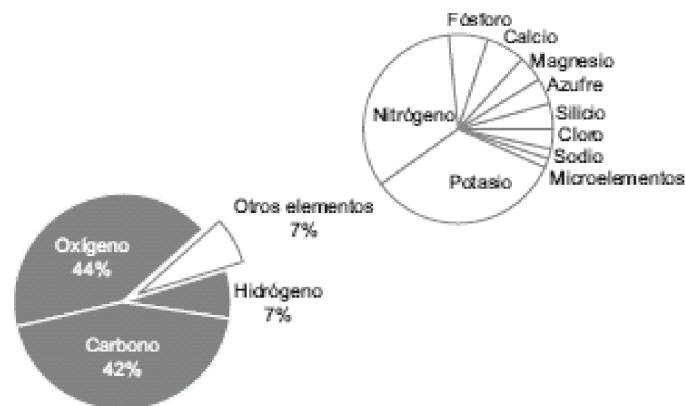
- a. del aire: carbono (C) como CO₂ (dióxido de carbono);
- b. del agua: hidrógeno (H) y oxígeno (O) como H₂O (agua);
- c. del suelo, el fertilizante y abono animal: nitrógeno (N) – las plantas leguminosas obtienen el nitrógeno del aire con la ayuda de bacterias que viven en los nódulos de las raíces (Rhizobium / Fijación Biológica de N / Abono Verde / Mycorrhizae) - fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Estos nutrientes y su porcentual promedio en la sustancia seca de la planta son mostrados en la Figura 2.

Otros elementos químicos son tomados en cuenta. Estos pueden ser nutrientes beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas.

Los fertilizantes, abonos o residuos de cultivos aplicados al suelo aumentan la oferta de nutrientes de las plantas.

Figura N° 26: Composición elemental promedio de las plantas



LAS FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

La planta coge todos los nutrientes de la solución del suelo. Estos se dividen en dos categorías (clasificación cuantitativa):

- a. macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios; y
- b. micronutrientes o microelementos.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales.

En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo.

Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los **nutrientes primarios** son nitrógeno, fósforo y potasio.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y

aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

Los **nutrientes secundarios** son magnesio, azufre y calcio.

Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas supone del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas.

Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

Los **micronutrientes o microelementos** son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente.

Algunos nutrientes benéficos importantes para algunas plantas son el Sodio (Na), por ejemplo para la remolacha azucarera, y el Silicio (Si), por ejemplo

para las cereales, fortaleciendo su tallo para resistir el vuelco. El Cobalto (Co) es importante en el proceso de fijación de N de las leguminosas.

Algunos microelementos pueden ser tóxicos para las plantas a niveles sólo algo más elevados que lo normal. En la mayoría de los casos esto ocurre cuando el pH es de bajo a muy bajo. La toxicidad del aluminio y del manganeso es la más frecuente, en relación directa con suelos ácidos.

Es importante notar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y en la producción alimentaria, y que un nutriente no puede ser sustituido por otro.

10.4.- LA IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EQUILIBRADA

El Nitrógeno, «motor del crecimiento de la planta», normalmente mostrará su eficiencia poco después de su aplicación: las plantas desarrollarán un color verde oscuro y crecerán más vigorosamente. Sin embargo, el nitrógeno excesivo, desequilibrado en cereales / arroz puede resultar en vano, mayor competencia de malas hierbas y ataques de plagas, con pérdidas sustanciales de producción de cereal o de arroz (en otros cultivos decrecerá la calidad, particularmente la capacidad de almacenamiento). Además, el nitrógeno no absorbido por el cultivo posiblemente se pierda en el ambiente.

Cuando el agricultor tiene recursos financieros limitados o no dispone de crédito, cuando la tenencia de la tierra es insegura, y si, por ejemplo, la urea es ofrecida en el mercado a un precio por unidad de nitrógeno comparativamente atractiva, el agricultor – esperando un inmediato y evidente beneficio – suministrará a sus cultivos exclusivamente con nitrógeno. A corto plazo esta es una decisión lógica. Consecuentemente, la mayoría del aumento del consumo de nitrógeno a escala mundial ha respondido al uso de urea.

Tal preferencia desequilibrada o sesgada puede ser justificada en suelos ricos en fosfato, potasio y todos los otros elementos secundarios y los micronutrientes necesarios en una forma disponible para las plantas. Sin embargo, los rendimientos más altos tomarán mayores cantidades de los

otros nutrientes (principalmente fósforo y potasio) del suelo. De este modo, los rendimientos crecientes a través de aplicaciones de nitrógeno solamente agotan los suelos de los otros nutrientes. La investigación del Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz sugiere que bajo sistemas intensivos de cultivo de arroz tras arroz, la demanda de fósforo y de potasio aumente en el tiempo. La investigación mostró que, sin la aplicación de fósforo y de potasio, la eficiencia del nitrógeno declina, mientras que cuando todos los nutrientes son aplicados conjuntamente la eficiencia del potasio y del fósforo aumenta sostenidamente, indicando interacciones entre estos nutrientes. De este modo, en todos los suelos agotados, que han sido cultivados por períodos prolongados, además de las inevitables pérdidas, una fertilización desequilibrada en favor del nitrógeno es no sólo contraria a las buenas prácticas agrícolas, es también una pérdida de trabajo y de capital, es dañina para el medio ambiente y no es sostenible.

De allí que sea necesaria la fertilización equilibrada para un uso óptimo del fertilizante. Las plantas son como las personas: una dieta equilibrada es necesaria y no es suficiente comer excesivamente de una clase de alimento. Si la dieta es desequilibrada, los seres humanos eventualmente se enferman.

Lo mismo les ocurre a las plantas. Más aún, las plantas no pueden moverse para buscar los nutrientes que le faltan. En consecuencia, las condiciones deben ser tan favorables como sea posible en las inmediaciones donde crecen. Un esfuerzo debería hacerse para mantener el pH del suelo a un nivel óptimo a través de enmienda cálcica o de aplicación de yeso (en suelos alcalinos), y para suministrar material orgánico, agua y una fertilización equilibrada.

Ha sido demostrado que los nutrientes primarios o secundarios y los micronutrientes, que son los más carentes en el suelo, limitan el rendimiento y /o afectan la calidad; ellos no pueden ser sustituidos por algunos otros nutrientes. En consecuencia, para algunas prácticas agrícolas, la fertilización equilibrada esencialmente significa una oferta de nitrógeno, fósforo y potasio en relación con las reservas del suelo, los requerimientos y los rendimientos esperados del cultivo, con el agregado de magnesio, azufre y microelementos donde sea necesario. Además, el uso integrado de

fertilizante en prácticas agrícolas ventajosas proveerá los nutrientes que las plantas necesitan en las cantidades suficientes, en proporciones equilibradas, en la forma disponible y en el período que las plantas lo requieran.

La manera más fácil de lograrlo es a través del uso del complejo de fertilizantes NPK que contiene el grado garantizado / la fórmula de los nutrientes primarios en cada gránulo. Estos fertilizantes también permiten una aplicación uniforme debido a su cualidad granular estable y su tamaño consistente del gránulo.

Los fertilizantes complejos NPK son normalmente más costosos que las mezclas / combinaciones. Sin embargo, en la práctica agrícola, la disminución del rendimiento y de la calidad del cultivo puede ser fácilmente mayor que el ahorro obtenido comprando y aplicando productos de baja calidad. Los agricultores deberían ser conscientes de estas consecuencias, porque el argumento más persuasivo para los agricultores tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, es todavía el beneficio que el agricultor recibirá a través de la aplicación de fertilizante a su cultivo durante la estación de aplicación. De allí que, en alguna promoción de nutrición equilibrada de las plantas, el desafío es demostrar los beneficios económicos de la fertilización equilibrada para el agricultor.

10.5.- CÓMO DETERMINAR LAS NECESIDADES DE LOS FERTILIZANTES

Para determinar las necesidades de fertilizantes para los cultivos y suelos en su región, usted debe saber dos cosas:

1. ¿Cuáles nutrientes son necesarios en el fertilizante?
2. ¿Cuánto de cada nutriente se necesita para lograr el rendimiento mayor o el más beneficioso (el óptimo)?

Existen algunas técnicas para lograr las respuestas a estas preguntas. Recomendaciones de fertilizantes para cultivos seleccionados.

Otras técnicas son discutidas y se enumeran a continuación:

1. Signos de carencia de nutrientes en cultivos en desarrollo (síntomas de deficiencia).

2. Análisis de suelos para determinar los nutrientes de los fertilizantes y las cantidades que se necesitan.
3. Análisis de la planta y / o del tejido de la planta en el campo.
4. Ensayos de validación de fertilizantes en el campo.

SÍNTOMAS DE CARENCIA EN LAS PLANTAS

Si las plantas no logran absorber suficiente cantidad de un nutriente particular que necesitan, los síntomas de carencia se muestran en la apariencia general así como en el color de la planta. Los síntomas muy típicos son: las plantas deficientes de nutrientes tienen un crecimiento retrasado (pequeñas), las hojas tienen un color verde pálido o un color verde oscuro azulado, amarillento o tienen puntos rojizos o franjas. En la cosecha, los rendimientos a veces se reducen severamente.

La identificación de la deficiencia de nutrientes (signos de carencia) es fácil en algunos casos, pero difícil en otros. La razón de ello es que los síntomas de deficiencia de dos nutrientes diferentes pueden ser casi idénticos o que la deficiencia de un nutriente está enmascarando (escondiendo) los síntomas de otra deficiencia. Los signos de carencia pueden también aparecer o desaparecer con los cambios meteorológicos (cambio entre humedad y sequía). Se puede dar también el caso de plantas que sufren de una deficiencia latente, no aún visible («deficiencia escondida»). Más aún, se debería tener cuidado de no confundir los signos de carencia con virus o síntomas de enfermedades de hongos o daños causados por los insectos / plagas.

Los síntomas claros se darán sólo en casos de deficiencia extrema de un nutriente. Los signos de carencia de un nutriente deficiente que se han indicado deberían ser verificados por el análisis del suelo, de las plantas, de tejidos y / o experimentos de campo (experimentos en macetas en la estación experimental local).

Los signos de deficiencia general para algunos cultivos son especificados a continuación.

Deficiencia de nitrógeno

- Plantas de crecimiento retrasado (comunes a todas las deficiencias), plantas poco saludables y pequeñas.
- Pérdida del color verde (común a todas las deficiencias), decoloración amarillenta de las hojas a partir de la punta (clorosis en las puntas), viejas hojas parduscas.
- Las hojas más bajas pueden morir prematuramente mientras la cima de la planta permanece verde (algunas veces confundido con la falta de humedad).

Deficiencia de fósforo

- Crecimiento retrasado.
- Hojas verdes oscuras azuladas, moradas y parduscas a partir de la punta (a menudo también en los tallos).
- Plantas lentas a madurar, permaneciendo verdes.
- Los frutos pueden ser deformados, los granos pobremente rellenos.

Deficiencia de potasio

- Crecimiento retrasado.
- Hojas que muestran decoloración a lo largo de los márgenes exteriores desde las extremidades a la base.
- Bordes exteriores de las hojas amarillentos o rojizos, llegando a ser parduscos o quemados y muertos (necrosis de los bordes); hojas marchitas.
- Encamado.
- Las hojas de los árboles son amarillentas, rojizas, dobladas o curvadas.
- Los frutos son pequeños, pueden tener lesiones o puntos dañados, pobre almacenamiento y mantenimiento de la calidad.

Deficiencia de magnesio.

- Decoloración amarillenta entre venas de hojas verdes (clorosis típica de franjas; el Magnesio es parte del pigmento de las plantas verdes, la clorofila, necesario para la fotosíntesis), seguido finalmente por manchas y necrosis (muerte de los tejidos), comenzando en las viejas hojas bajas.

Deficiencia de azufre

- Toda la planta es amarilla (a menudo es confundido con deficiencia de N).
- Hojas más altas amarillentas, aún las hojas más jóvenes.
- Madurez del cultivo retrasado.

Deficiencia de calcio

- Hojas jóvenes de amarillentas a ennegrecidas y curvadas (manchas marrones).
- Las plantas parecen marchitas.
- Los frutos pueden estar podridos (tomate).
- Las raíces son mal formadas.

Deficiencia de boro

- Hojas frecuentemente deformadas y arrugadas, gruesas y quebradizas, blancas, con manchas irregulares entre las venas.
- Las zonas de crecimiento de los brotes morirán, con crecimiento tupido cerca de las puntas, crecimiento en longitud inhibido con entrenudos acortados.
- Manchas necróticas o cavidades empapadas de agua en la remolacha azucarera y otros tubérculos y en la médula de los tallos.
- Frutos pequeños y pobremente formados, a menudo con nódulos acorchados y lesiones.
- Baja producción de semillas debida a una fertilización incompleta.

Deficiencia de zinc

- Crecimiento retrasado de las hojas.
- Árboles de frutas con típicos retoños cortos y tupidos.
- Franjas cloróticas (bandas blanqueadas) entre las venas de la hoja en la parte más baja de la misma.
- En algunos casos, las hojas tienen un color verde olivo o verde grisáceo (muy similar a la deficiencia de fósforo).

Deficiencia de hierro

- Hojas jóvenes con clorosis típica entre las venas verdes, a lo largo de toda la longitud de las hojas (en suelos calcáreos normalmente).

Aunque los signos de carencia son útiles para señalar al agricultor los trastornos nutricionales, aún cuando estos signos claramente visibles de deficiencia son rápidamente corregidos a través de la aplicación adecuada de suministros de nutrientes,

en general el rendimiento de la cosecha aún será más bajo en comparación a los cultivos que son bien nutridos desde la siembra a la cosecha. De allí que las buenas prácticas agrícolas deberían evitar todas las deficiencias nutricionales para cualquier cultivo a través de todo el período de crecimiento. Para alcanzar dicho objetivo, los métodos más útiles son los análisis de suelos, de las plantas, de tejidos y los experimentos en el campo.

Conclusiones

Los fertilizantes son una de las más importantes herramientas para el desarrollo de la agricultura tendiendo a fomentar la seguridad alimentaria y mantener la productividad del suelo.

Mediante esfuerzos, interés y entusiasmo, se puede realizar un verdadero cambio mediante la introducción y expansión del uso de fertilizantes. Es nuestra responsabilidad y del Estado un desafío para ayudar a mejorar las condiciones de vida en las regiones, y ayudar a mantener una agricultura sostenible; ahora mas que nunca con la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC).

ANEXO 2

Anexo B - NUEVO FERTILIZANTE LÍQUIDO UAN MEZCLA UREA Y NITRATO DE AMONIO

El UAN es el fertilizante nitrogenado en formulación líquida más conocido. Consiste en una solución nitrogenada que contiene entre el 28 y 32 % de N total, y está compuesto por urea y nitrato de amonio. Habitualmente tiene la mitad de cada componente, lo que da como resultado en su presentación final, un 50 % del N en forma amídica (como urea), 25 % del N como amonio y un 25 % restante del N como nitrato (en forma nítrica). Normalmente se produce al mezclar en caliente estos insumos en su forma líquida, sin pasar por los procesos de granulación o perlado, como la urea sólida. En los últimos tiempos el proceso industrial le ha incorporado inhibidores de la corrosión.

Las principales ventajas derivadas de sus características de formulado líquido son la exactitud y la uniformidad de aplicación. Además posee la versatilidad de poder ser aplicado al suelo en diferentes etapas de los cultivos como también ser utilizado como fertilizante foliar. Lo cual permite utilizar diferentes equipos, las tradicionales pulverizadoras existentes en la mayoría de las explotaciones agropecuarias o los más recientes desarrollos en implementos para la incorporación de fertilizantes líquidos y equipos de siembra directa que pueden adosar elementos tanto para distribuir fertilizantes sólidos como líquidos en forma localizada. Si se utilizan las pulverizadoras ofrece la posibilidad de realizar aplicaciones conjuntas con herbicidas, siendo compatible con varios de los más difundidos en el cultivo de granos. También es una fuente suplementaria de nitrógeno para balancear las mezclas líquidas multinutrientes, ya sea soluciones o suspensiones. En cuanto a su eficiencia agronómica, la misma es mayor comparado con la urea, ya que presenta en su composición al menos un 50% de formas entre nítricas y amoniacaes que son menos susceptibles a la volatilización. Por lo tanto, si se incorpora, su eficiencia aumenta y no presenta diferencias significativas con la urea también incorporada. Con respecto al manipuleo y almacenamiento, las formulaciones de UAN que no poseen inhibidores, son corrosivas a los metales amarillos: bronce, cobre o latón.

ANEXO 3

ANEXO C. - EVALUACION ECONOMICA-FINANCIERA

ANALISIS ECONOMICO – FINANCIERO

INVERSIÓN FIJA – CUSCO

Tabla 25.- Inversión Fija Planta de Amoniaco

	Item Principales (ISBL)	%	MM US\$
A	Equipos		170.00
B	Montaje (%A)	18	30.60
C	Ingeniería (%A)	14	23.80
D	Seguro de Flete, manipulación y riesgos (%A)	30	51.00
E	Supervisión (%A)	3	5.10
F	Inspección (% A,B,C,D,E,F,G)	1	2.81
			283.31

	Item Principales (OSBL)		MM US\$
G	Sistema de generación de servicios (vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizada, planta de aire)(%A)	30	51.00
H	Sistema de tratamiento de residuos (%A)	10	17.00
I	Sistema de tratamiento de aguas frescas (%A)	12	20.40
J	Sub estación primaria, transmisión y distribución (%A)	14	23.80
K	Construcciones de cuarto de control, administración y almacenes (%A)	1	1.70
L	Almacenamiento de producto terminado (%A)	20	34.00
M	Flare (quemador) (%A)	2	3.40
			151.30

	Item Adicionales		MM US\$
N	Licencia de Operación (%A)	10	17.00
O	Utilidad del contratista (%A)	10	17.00
P	Riesgos y Contingencias (% de ISBL + OSBL)	10	43.46
Q	Costo del terreno		1
R	Preparación del area para la construcción y pilotaje. Remoción del equipo existente y construcciones enterradas, gastos de sobretiempo.		0.033
S	Construcción del campamento para la construcción		0.033
T	Construcción de los almacenamientos de carga		0.20
U	Construcción de laboratorio, área de mantenimiento		0.330
V	Arranque y operaciones iniciales		0.5
W	Repuestos (%A)	1	2
X	Costos de permisos para operación (Municipalidad, Región, DGH, OSINERG, DIGESA etc)		0.3
Y	Costo de estudios ambientales (EIA, Plan de Contingencia, estudios de riesgo, etc) sociales y de mercado.		0.15
Z	Gastos administrativos y operativos (personal propio, auditorias, asesorias, sistema e entrenamiento, estudios especializados, relaciones publicas etc= (% ISBL+OSBL)	1	4.3
A1	Contingencia (apoyo social, constitución de empresas, asesorias, bancos etc)		0.6
			86.65

	IMPUESTOS		MM US\$
	Aranceles (% A,G,H,I,J,L,M,W)	15	48.20
	Arbitrios (% de K,S.T.U)	0.5	0.01
	IGV (% de ISBL, OSBL, ítems adicionales)	19	99.04
			147.25
INVERSION COSTO FIJO (ISBL + OSBL + ADICIONALES)			521.27

Tabla 26.- Inversión Fija Planta de Urea

	Item Principales (ISBL)	%	MM US\$
A	Equipos		100.00
B	Montaje (%A)	18	30.60
C	Ingeniería (%A)	14	23.80
D	Seguro de Flete, manipulación y riesgos (%A)	30	51.00
E	Supervisión (%A)	3	5.10
F	Inspección (% A,B,C,D,E,F,G)	1	2.11
			212.61

	Item Principales (OSBL)		MM US\$
G	Sistema de generación de servicios (vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizada, planta de aire)(%A)	30	30.00
H	Sistema de tratamiento de residuos (%A)	10	10.00
I	Sistema de tratamiento de aguas frescas (%A)	12	12.00
J	Sub estación primaria, transmisión y distribución (%A)	14	23.80
K	Construcciones de cuarto de control, administración y almacenes (%A)	1	1.00
L	Almacenamiento de producto terminado (%A)	20	20.00
M	Flare (quemador) (%A)	2	2.00
			98.80

	Item Principales (OSBL)		MM US\$
N	Licencia de Operación (%A)	10	10.00
O	Utilidad del contratista (%A)	10	10.00
P	Riesgos y Contingencias (% de ISBL + OSBL)	10	31.14
Q	Costo del terreno		1
R	Preparación del area para la construcción y pilotaje. Remoción del equipo existente y construcciones enterradas, gastos de sobretiempo.		0.033
S	Construcción del campamento para la construcción		0.033
T	Construcción de los almacenamientos de carga		0.20
U	Construcción de laboratorio, área de mantenimiento		0.33
V	Arranque y operaciones iniciales		0.5
W	Repuestos (%A)	1	1.0
X	Costos de permisos para operación (Municipalidad, Región, DGH, OSINERG, DIGESA etc)		0.3
Y	Costo de estudios ambientales (EIA, Plan de Contingencia, estudios de riesgo, etc) sociales y de mercado.		0.15
Z	Gastos administrativos y operativos (personal propio, auditorias, asesorias, sistema e entrenamiento, estudios especializados, relaciones publicas etc= (% ISBL+OSBL)	1	3.1
A1	Contingencia (apoyo social, constitución de empresas, asesorias, bancos etc)		0.6

58.40

			MM US\$
	IMPUESTOS		
	Aranceles (% A,G,H,I,J,L,M,W)	15	29.82
	Arbitrios (% de K,S,T,U)	0.5	0.01
	IGV (% de ISBL, OSBL, items adicionales)	19	70.26
			100.09
INVERSION COSTO FIJO (ISBL + OSBL + ADICIONALES)			369.81

Tabla 27.- Inversión Fija Planta de Nitrato de Amonio

	Item Principales (ISBL)		MM US\$
A	Equipos		40.00
B	Montaje (%A)	18	30.60
C	Ingeniería (%A)	14	23.80
D	Seguro de Flete, manipulación y riesgos (%A)	20	34.00
E	Supervisión (%A)	3	5.10
F	Inspección (% A,B,C,D,E,F,G)	1	1.34
			134.84

	Item Principales (OSBL)		MM US\$
G	Sistema de generación de servicios (vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizada, planta de aire)(%A)	30	12.00
H	Sistema de tratamiento de residuos (%A)	10	4.00
I	Sistema de tratamiento de aguas frescas (%A)	12	4.80
J	Sub estación primaria, transmisión y distribución (%A)	14	5.60
K	Construcciones de cuarto de control, administración y almacenes (%A)	1	0.40
L	Almacenamiento de producto terminado (%A)	20	8.00
M	Flare (quemador) (%A)	2	0.80
			35.60

	Item Principales (OSBL)		MM US\$
N	Licencia de Operación (%A)	10	4.00
O	Utilidad del contratista (%A)	10	4.00
P	Riesgos y Contingencias (% de ISBL + OSBL)	10	17.04
Q	Costo del terreno		1
R	Preparación del area para la construcción y pilotaje. Remoción del equipo existente y construcciones enterradas, gastos de sobretiempo.		0.03
S	Construcción del campamento para la construcción		0.03
T	Construcción de los almacenamientos de carga		0.2
U	Construcción de laboratorio, área de mantenimiento		0.33
V	Arranque y operaciones iniciales		0.5
W	Repuestos (%A)	1	0.40
X	Costos de permisos para operación (Municipalidad, Región, DGH, OSINERG, DIGESA etc)		0.3
Y	Costo de estudios ambientales (EIA, Plan de Contingencia, estudios de riesgo, etc) sociales y de mercado.		0.15

Z	Gastos administrativos y operativos (personal propio, auditorias, asesorias, sistema e entrenamiento, estudios especializados, relaciones publicas etc= (% ISBL+OSBL)	1	1.7
A1	Contingencia (apoyo social, constitución de empresas, asesorias, bancos etc)		0.6
			30.29

	IMPUESTOS		MM US\$
	Aranceles (% A,G,H,I,J,L,M,W)	15	11.34
	Arbitrios (% de K,S.T.U)	0.5	0.00
	IGV (% de ISBL, OSBL, items adicionales)	19	38.14
			49.48

	INVERSION COSTO FIJO (ISBL + OSBL + ADICIONALES)		200.73
--	--	--	--------

INVERSIÓN FIJA - CAÑETE

Los costos para la implantación del complejo se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 25.- Inversión Fija Planta de Amoniaco

A	Equipos		170.00
B	Montaje (%A)	18	30.60
C	Ingeniería (%A)	14	23.80
D	Seguro de Flete, manipulación y riesgos (%A)	20	34.00
E	Supervisión (%A)	3	5.10
F	Inspección (% A,B,C,D,E,F,G)	1	2.64
			266.14

	Item Principales (OSBL)		MM US\$
G	Sistema de generación de servicios (vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizada, planata de aire)(%A)	20	34.00
H	Sistema de tratamiento de residuos (%A)	10	17.00
I	Sistema de tratamiento de aguas frescas (%A)	12	20.40
J	Sub estación primaria, transmisión y distribución (%A)	14	23.80
K	Construcciones de cuarto de control, administración y almacenes (%A)	1	1.70
L	Almacenamiento de producto terminado (%A)	20	34.00
M	Flare (quemador) (%A)	2	3.40
			134.30

	Item Adicionales		MM US\$
N	Licencia de Operación (%A)	10	17.00
O	Utilidad del contratista (%A)	10	17.00
P	Riesgos y Contingencias (% de ISBL + OSBL)	10	40.04
Q	Costo del terreno		1
R	Preparación del área para la construcción y pilotaje. Remoción del equipo existente y construcciones enterradas, gastos de sobretiempo.		0.033
S	Construcción del campamento para la construcción		0.033
T	Construcción de los almacenamientos de carga		0.200
U	Construcción de laboratorio, área de mantenimiento		0.330
V	Arranque y operaciones iniciales		0.500
W	Repuestos (%A)	1	2
X	Costos de permisos para operación (Municipalidad, Región, DGH, OSINERG, DIGESA etc)		0.3
Y	Costo de estudios ambientales (EIA, Plan de Contingencia, estudios de riesgo, etc) sociales y de mercado.		0.15
Z	Gastos administrativos y operativos (personal propio, auditorías, asesorías, sistema e entrenamiento, estudios especializados, relaciones publicas etc= (% ISBL+OSBL)	1	4.0
A1	Contingencia (apoyo social, constitución de empresas, asesorías, bancos etc)		0.6
			82.89

	IMPUESTOS		MM US\$
	Aranceles (% A,G,H,I,J,L,M,W)	15	45.65
	Arbitrios (% de K,S.T.U)	0.5	0.01
	IGV (% de ISBL, OSBL, items adicionales)	19	91.83
			137.49

INVERSION COSTO FIJO (ISBL + OSBL + ADICIONALES)	
--	--

Tabla 26.- Inversión Fija Planta de Urea

A	Equipos		100.00
B	Montaje (%A)	18	30.60
C	Ingeniería (%A)	14	23.80
D	Seguro de Flete, manipulación y riesgos (%A)	20	34.00
E	Supervisión (%A)	3	5.10
F	Inspección (% A,B,C,D,E,F,G)	1	1.94
			195.44

Item Principales (OSBL)			MM US\$
G	Sistema de generación de servicios (vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizada, planata de aire)(%A)	20	20.00
H	Sistema de tratamiento de residuos (%A)	10	10.00
I	Sistema de tratamiento de aguas frescas (%A)	12	12.00
J	Sub estación primaria, transmisión y distribución (%A)	14	23.80
K	Construcciones de cuarto de control, administración y almacenes (%A)	1	1.00
L	Almacenamiento de producto terminado (%A)	20	20.00
M	Flare (quemador) (%A)	2	2.00
			88.80

Item Adicionales			MM US\$
N	Licencia de Operación (%A)	10	10.00
O	Utilidad del contratista (%A)	10	10.00
P	Riesgos y Contingencias (% de ISBL + OSBL)	10	28.42
Q	Costo del terreno		1
R	Preparación del área para la construcción y pilotaje. Remoción del equipo existente y construcciones enterradas, gastos de sobretiempo.		0.03
S	Construcción del campamento para la construcción		0.03
T	Construcción de los almacenamientos de carga		0.2
U	Construcción de laboratorio, área de mantenimiento		0.33
V	Arranque y operaciones iniciales		0.5
W	Repuestos (%A)	1	1.00
X	Costos de permisos para operación (Municipalidad, Región, DGH, OSINERG, DIGESA etc)		0.3
Y	Costo de estudios ambientales (EIA, Plan de Contingencia, estudios de riesgo, etc) sociales y de mercado.		0.15
Z	Gastos administrativos y operativos (personal propio, auditorias, asesorias, sistema e entrenamiento, estudios especializados, relaciones publicas etc= (% ISBL+OSBL)	1	2.8
A1	Contingencia (apoyo social, constitución de empresas, asesorias, bancos etc)		0.6
			55.41

IMPUESTOS			MM US\$
	Aranceles (% A,G,H,I,J,L,M,W)	15	28.32
	Arbitrios (% de K,S.T.U)	0.5	0.01
	IGV (% de ISBL, OSBL, items adicionales)	19	64.53
			92.86

INVERSION COSTO FIJO (ISBL + OSBL + ADICIONALES)	339.65
--	--------

Tabla 27.- Inversión Fija Planta de Nitrato de Amonio

A	Equipos		40.00
B	Montaje (%A)	18	30.60
C	Ingeniería (%A)	14	23.80
D	Seguro de Flete, manipulación y riesgos (%A)	20	34.00
E	Supervisión (%A)	3	5.10
F	Inspección (% A,B,C,D,E,F,G)	1	1.34
			134.84

Item Principales (OSBL)			MM US\$
G	Sistema de generación de servicios (vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizada, planta de aire)(%A)	20	8.00
H	Sistema de tratamiento de residuos (%A)	10	4.00
I	Sistema de tratamiento de aguas frescas (%A)	12	4.80
J	Sub estación primaria, transmisión y distribución (%A)	14	5.60
K	Construcciones de cuarto de control, administración y almacenes (%A)	1	0.40
L	Almacenamiento de producto terminado (%A)	20	8.00
M	Flare (quemador) (%A)	2	0.80
			31.60

Item Adicionales			MM US\$
N	Licencia de Operación (%A)	10	4.00
O	Utilidad del contratista (%A)	10	4.00
P	Riesgos y Contingencias (% de ISBL + OSBL)	10	16.64
Q	Costo del terreno		1
R	Preparación del área para la construcción y pilotaje. Remoción del equipo existente y construcciones enterradas, gastos de sobretiempo.		0.03
S	Construcción del campamento para la construcción		0.03
T	Construcción de los almacenamientos de carga		0.2
U	Construcción de laboratorio, área de mantenimiento		0.33
V	Arranque y operaciones iniciales		0.5
W	Repuestos (%A)	1	0.40
X	Costos de permisos para operación (Municipalidad, Región, DGH, OSINERG, DIGESA etc)		0.3
Y	Costo de estudios ambientales (EIA, Plan de Contingencia, estudios de riesgo, etc) sociales y de mercado.		0.15
Z	Gastos administrativos y operativos (personal propio, auditorias, asesorias, sistema e entrenamiento, estudios especializados, relaciones publicas etc= (% ISBL+OSBL)	1	1.7
A1	Contingencia (apoyo social, constitución de empresas, asesorias, bancos etc)		0.6
			29.85

IMPUESTOS			MM US\$
	Aranceles (% A,G,H,I,J,L,M,W)	15	10.74
	Arbitrios (% de K,S.T.U)	0.5	0.00
	IGV (% de ISBL, OSBL, items adicionales)	19	37.29
			48.04

PRODUCCION E INGRESOS

	PRODUCCION	VALOR VENTA UNITARIO	VALOR
PRODUCTO	MTN	US\$ /TN	MMUS\$
AMONIACO	43190	450	19.44
UREA	648000	400	259.2
NITRATO DE AMONIO	432000	300	129.6
		TOTAL	408.2

EGRESOS

COSTOS FIJOS			AMONIACO	UREA	AN	TOTAL	
			INVERSION FIJA	INVERSION FIJA	INVERSION FIJA	INVERSION FIJA TOTAL	MM US\$/Año
1	MANTENIMIENTO (% DE INVERSION FIJA)	1.8	483	340	196	1019	18.3
2	SEGURO (% DE INVERSION FIJA)	0.3					3.1
3	TRABAJADORES (ING. MENSUAL+ TODOS LOS BENEFICIOS)	15 X \$550 MENSUAL					0.0110
4	DEPRECIACION	10%ISBL + 5% OSBL					28.2
5	OTROS (AUDITORIAS TECNICAS/ECONOMICAS, MONITOREOS)						0.5
SUB TOTAL							50.2

COSTOS VARIABLES					
SERVICIOS	PRECIO	CANTIDAD DE SERVICIOS / TM	TOTAL AMONIACO	TOTAL UREA	TOTAL NITRATO AMONIO
1 ELECTRICIDAD (US\$/kWh)	0.03900	18.0	0,34	0,45	0,30
2 AGUA DE ENFRIAMIENTO (US\$/m ³)	0.90	240.0	5,5	7,33	4,917
3 AGUA DE PROCESO (US\$/m ³)	1.20	1	0,03	0,04	0,03
4 QUIMICOS Y CATALIZADOR (US\$/tn)	1.20	1.2	0,58	0,78	0,52
TOTAL (US\$/TM)			6.5	8.6	5.77
			SUB TOTAL		20.87

MATERIA PRIMA (por año)		
CONSUMOS	PRECIO (US\$/M PIES3)	(M PIES3 GN/TON NH3)
MATERIA PRIMA		
GAS NATURAL	1.80	26.90
OTROS		0.00
COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA (US \$)		48.42
SUB TOTAL		23.5

CAPITAL DE TRABAJO FIJO	TOTAL
Costos de arranque (3 meses)	5,22
TOTAL	10,44

Valor Actual Neto

n = tiempo de vida total del proyecto = 20

p = período de referencia

Gp = Flujo de caja en período p

Ip = Flujo de caja convertido en p

i = tasa de actualización = 15%

$$VAN = \sum_{p=1}^n \frac{Gp - Ip}{(1+i)^p}$$

TABLA 28.- CALCULO DEL FLUJO DE CAJA, VALOR ACTUAL NETO (VAN), TASA DE INDICE DE RETORNO (TIR) Y PAY-OUT TIME

Año calendario	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Año de Operación	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Inversión (MM US\$)	73.97	94.52	885.21	10.44			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ingreso (MM US\$)			0	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	408.24	
Egreso (MM US\$)			0	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	96.79	
Utilidad Bruta (MM US\$)			0	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	281.67	
Impuestos (30%/UB) (MM US\$)			0	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	84.50	
Utilidad Neta (MM US\$)			0	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	197.17	
Depreciación (MM US\$)			0	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	29.79	
Capital de Trabajo																							10.44	
Costo del terreno																								3.00
Flujo de Caja Económico (MM US\$)	-73.97	-94.52	-885.21	216.51	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	226.95	

VAN (MM US\$) =	
Sumatoria VANp =	357.78
TIR	20%
TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERSION EN AÑOS	4

ANEXO 4

ANEXO D.- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se realizó una evaluación de sensibilidad considerando variaciones en el precio del gas natural y precio de venta del producto obtenido. El resultado se presenta a continuación:

**TABLA 29.- PRECIOS DEL GAS NATURAL SECO
REGION CAÑETE**

TASA ACTUALIZACION 12%

Para un precio de venta del Amoniaco /Urea / Nitrato de Amonio **US\$ 450/400/300 TM.**

	PRECIO DEL GAS NATURAL SECO (US\$ / MMBTU)					
	1.8	2	2.5	3	3.5	4
VAN 12% (MMUS\$)	675.0	661.3	627.2	593.1	559.0	524.8
TIR (%)	21%	20%	20%	20%	19%	19%
POT (años)	4	4	4	4	5	5

TASA ACTUALIZACION 15%

Para un precio de venta del Amoniaco /Urea / Nitrato de Amonio **US\$ 450/400/300 TM.**

	PRECIO DEL GAS NATURAL SECO (US\$ / MMBTU)					
	1.8	2	2.5	3	3.5	4
VAN 15% (MMUS\$)	399.23	387.79	359.2	330.6	302.0	273.4
TIR (%)	21%	21%	20%	20%	19%	19%
POT (años)	4	4	4	4	4	5

TASA ACTUALIZACION 20%

Para un precio de venta del Amoniaco /Urea / Nitrato de Amonio **US\$ 450/400/300 TM.**

	PRECIO DEL GAS NATURAL SECO (US\$ / MMBTU)					
	1.8	2	2.5	3	3.5	4
VAN 20% (MMUS\$)	82.6	73.74	51.5	29.3	7.0	-15.2
TIR (%)	21%	20%	20%	20%	19%	19%
POT (años)	4	4	4	4	4	5

REGION CUSCO

TASA ACTUALIZACION 12%

Para un precio de venta del Amoniaco /Urea / Nitrato de Amonio **US\$ 450/400/300 TM.**

	PRECIO DEL GAS NATURAL SECO (US\$ / MMBTU)					
	1.8	2	2.5	3	3.5	4
VAN 12% (MMUS\$)	632.2	618.5	584.4	550.3	516.1	482.0
TIR (%)	20%	20%	19%	18%	18%	18%
POT (años)	4	4	4	5	5	5

TASA ACTUALIZACION 15%

Para un precio de venta del Amoniaco /Urea / Nitrato de Amonio **US\$ 450/400/300 TM.**

	PRECIO DEL GAS NATURAL SECO (US\$ / MMBTU)					
	1.8	2	2.5	3	3.5	4
VAN 15% (MMUS\$)	357.77	346.33	317.7	289.1	260.6	232.0
TIR (%)	20%	20%	19%	19%	18%	18%
POT (años)	4	4	4	5	5	5

TASA ACTUALIZACION 20%

Para un precio de venta del Amoniaco /Urea / Nitrato de Amonio **US\$ 450/400/300 TM.**

	PRECIO DEL GAS NATURAL SECO (US\$ / MMBTU)					
	1.8	2	2.5	3	3.5	4
VAN 20% (MMUS\$)	42.7	33.85	11.6	-10.6	-32.9	-55.1
TIR (%)	20%	20%	19%	19%	18%	18%
POT (años)	4	4	4	5	5	5

Figura 27.A- SENSIBILIDAD AL PRECIO DE LA MATERIA PRIMA -CAÑETE

Precio Gas Natural (US\$/TM)	2	2.5	3	3.5	4
VAN 12% (MMUS\$)	661.3	627.2	593.1	559.0	524.8
VAN 15% (MMUS\$)	387.79	359.20	330.60	302.01	273.42
VAN 20% (MMUS\$)	73.74	51.49	29.25	7.01	-15.24

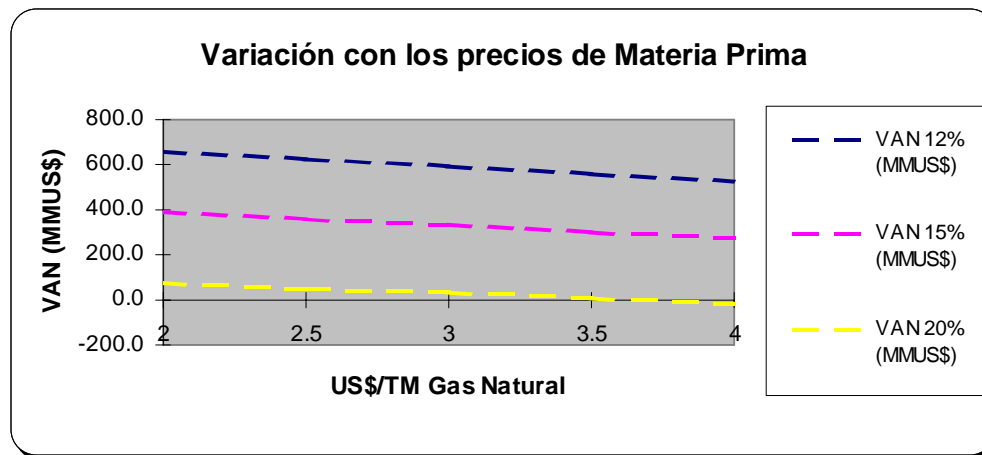


Figura 27.A- SENSIBILIDAD AL PRECIO DE LA MATERIA PRIMA – CUSCO

Precio Gas Natural (US\$/TM)	2	2.5	3	3.5	4
VAN 12% (MMUS\$)	618.5	584.4	550.3	516.1	482.0
VAN 15% (MMUS\$)	346.33	317.74	289.15	260.55	231.96
VAN 20% (MMUS\$)	33.85	11.60	-10.64	-32.89	-55.13

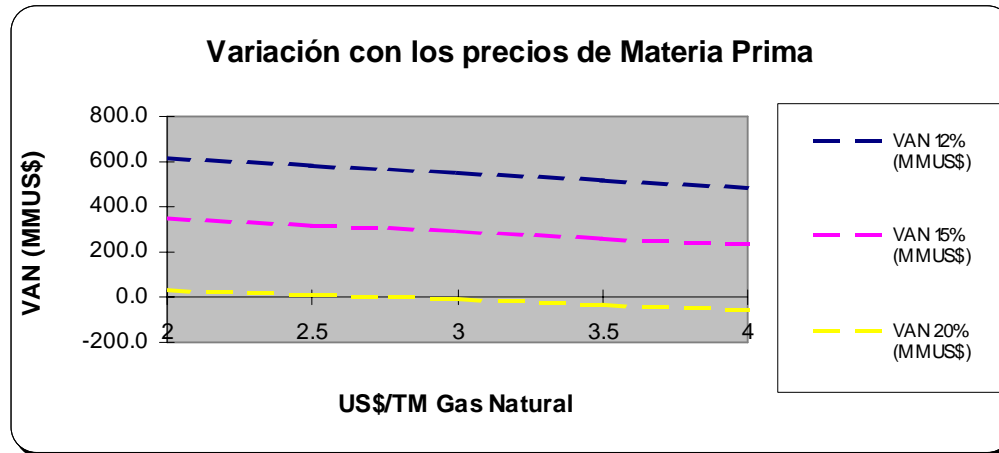


Figura 28.A- SENSIBILIDAD A LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN -CAÑETE

VARIACION	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Amoniaco	22675	32393	43190	45889	48589	51288	53988
Urea	567000	607500	648000	688500	729000	769500	810000
Nitrato de Amonio	378000	405000	432000	459000	486000	513000	540000
Produccion Total Fertilizantes Amoniaco - Urea - AN	967675	1044893	1123190	1193389	1263589	1333788	1403988
VAN (MM US\$ AL 12%)	374	523	675.0	808	940	1073	1206
VAN (MM US\$ AL 15 %)	147	272	399.2	510	622	733	844
VAN (MM US\$ AL 20 %)	-114	-16	82.6	169	256	342	429
TIR	17%	19%	21%	22%	24%	25%	27%
PAY-OUT	5	5	4	4	4	3	3

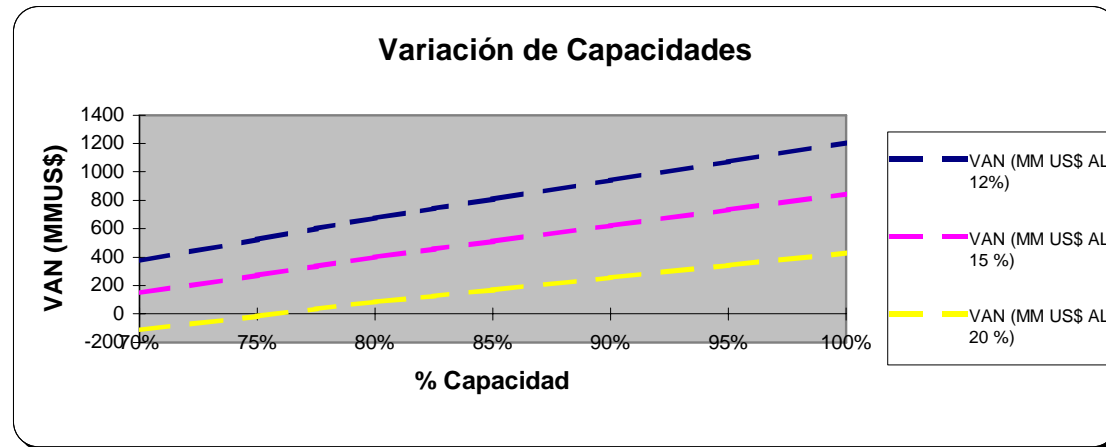


Figura 28.B- SENSIBILIDAD A LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN -CUSCO

VARIACION	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
Amoniaco	22675	32393	43190	45889	48589	51288	53988
Urea	567000	607500	648000	688500	729000	769500	810000
Nitrato de Amonio	378000	405000	432000	459000	486000	513000	540000
Produccion Total Fertilizantes Amoniaco - Urea - AN	967675	1044893	1123190	1193389	1263589	1333788	1403988
VAN (MM US\$ AL 12%)	331	480	632.2	765	898	1030	1163
VAN (MM US\$ AL 15 %)	106	231	357.8	469	580	691	802
VAN (MM US\$ AL 20 %)	-153	-56	42.7	129	216	302	367
TIR	16%	18%	20%	21%	23%	25%	26%
PAY-OUT	5	5	4	4	4	4	3

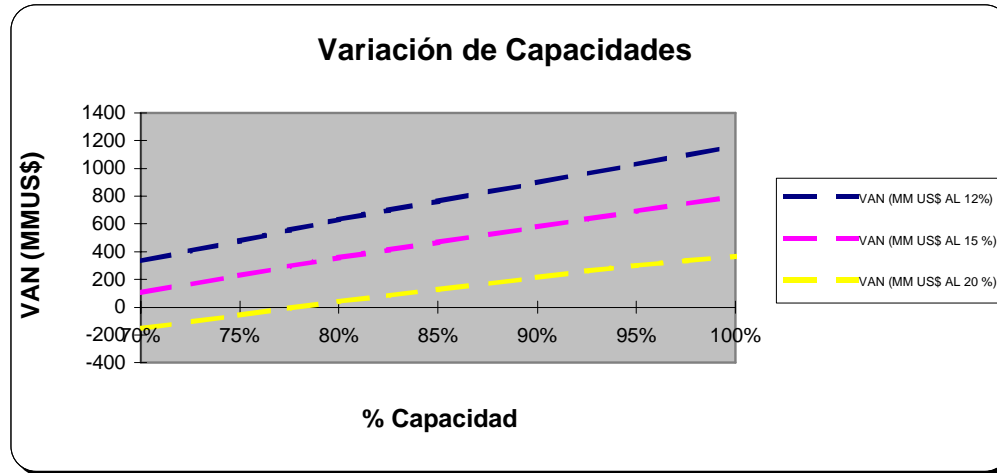


Figura 29.- SENSIBILIDAD A LA VARIACIÓN DE PRECIOS DE PRODUCTOS - CAÑETE

VARIACION	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	BASE 0	5%	10%	15%	20%
Precio Fertilizantes Amoniac - Urea - AN										
Amoniac	338	360	383	405	428	450	473	495	518	540
Urea	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
Nitrato de Amonio	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360
VAN (MM US\$ AL 12%)	141	248	355	461.53	568	675	782	888	995	1102
VAN (MM US\$ AL 15 %)	-48	41	131	220.36	310	399	489	578	668	757
VAN (MM US\$ AL 20 %)	-265	-196	-126	-56.52	13	83	152	222	291	361
TIR	14%	15%	16%	18%	19%	21	22%	23%	25%	26%
PAY-OUT	6	6	5	5	4	4	4	4	4	3

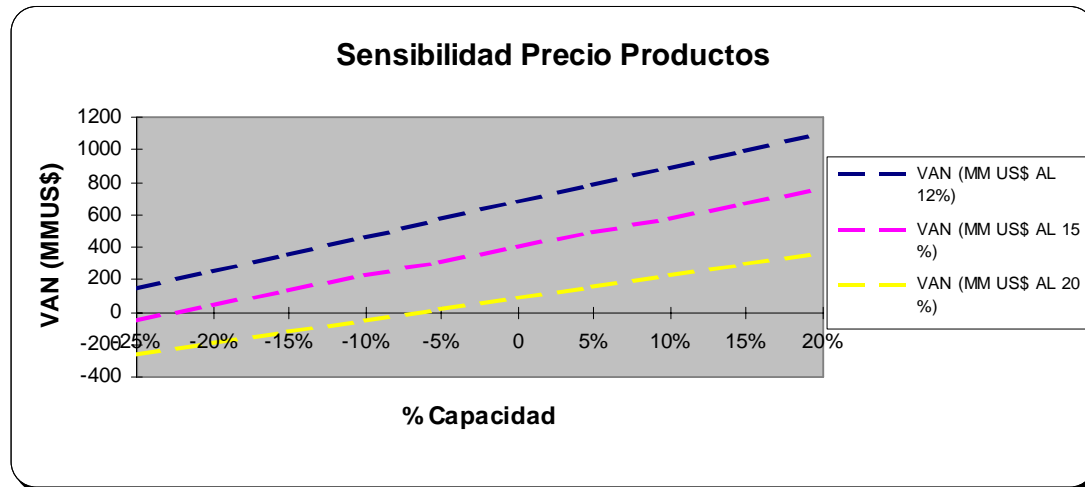
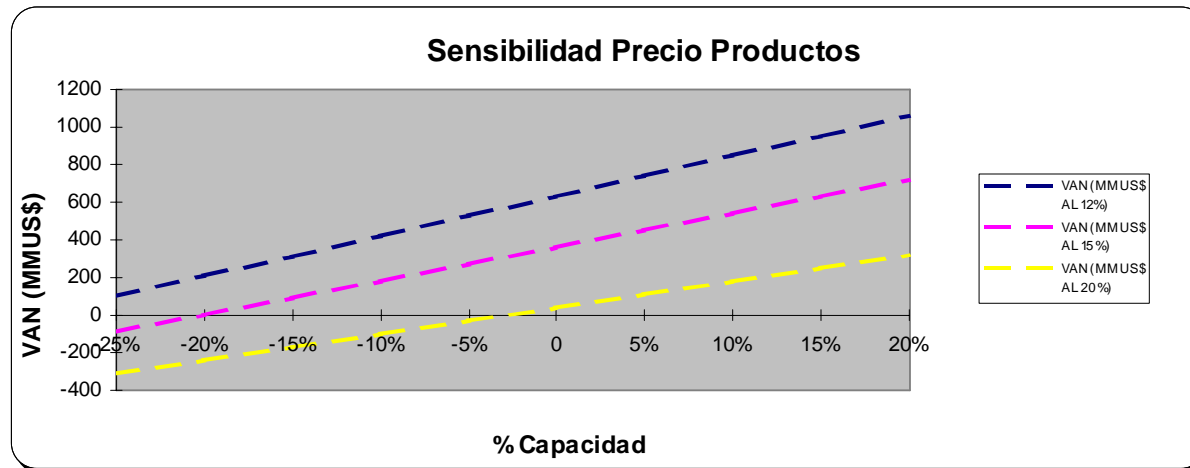
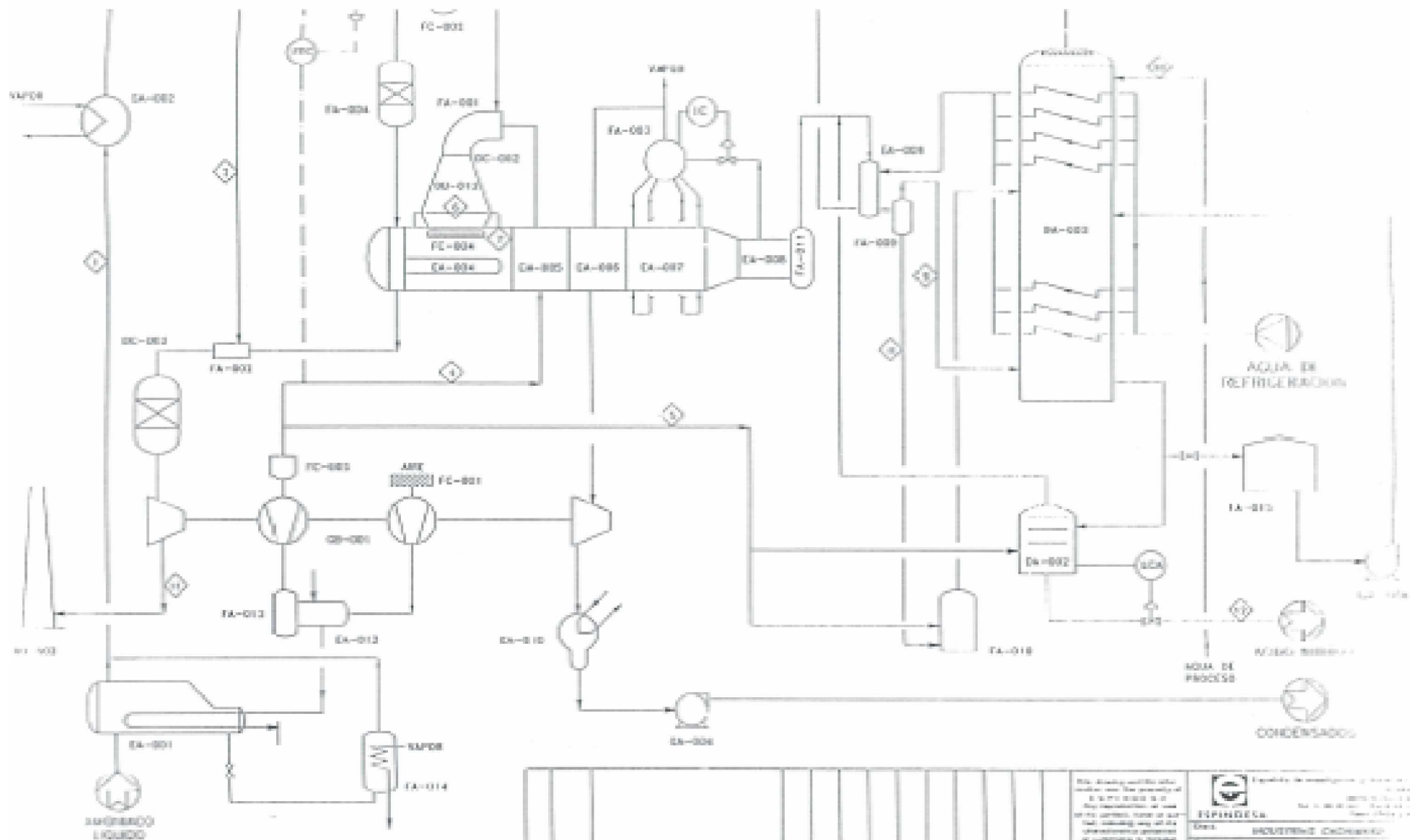


Figura 29.- SENSIBILIDAD A LA VARIACIÓN DE PRECIOS DE PRODUCTOS - CUSCO

	BASE										
VARIACION	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0	5%	10%	15%	20%	
Precio Fertilizantes Amoniaco - Urea - AN											
Amoniaco	338	360	383	405	428	450	473	495	518	540	
Urea	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	
Nitrato de Amonio	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	
VAN (MM US\$ AL 12%)	99	205	312	418.71	525	632	739	846	952	1059	
VAN (MM US\$ AL 15 %)	-89	0.03	89	178.90	268	358	447	537	626	716	
VAN (MM US\$ AL 20 %)	-305	-236	-166	-96.41	-27	43	112	182	251	321	
TIR	13%	14%	16%	17%	19%	20%	21%	22%	24%	25%	
PAY-OUT	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	



ANEXO 5

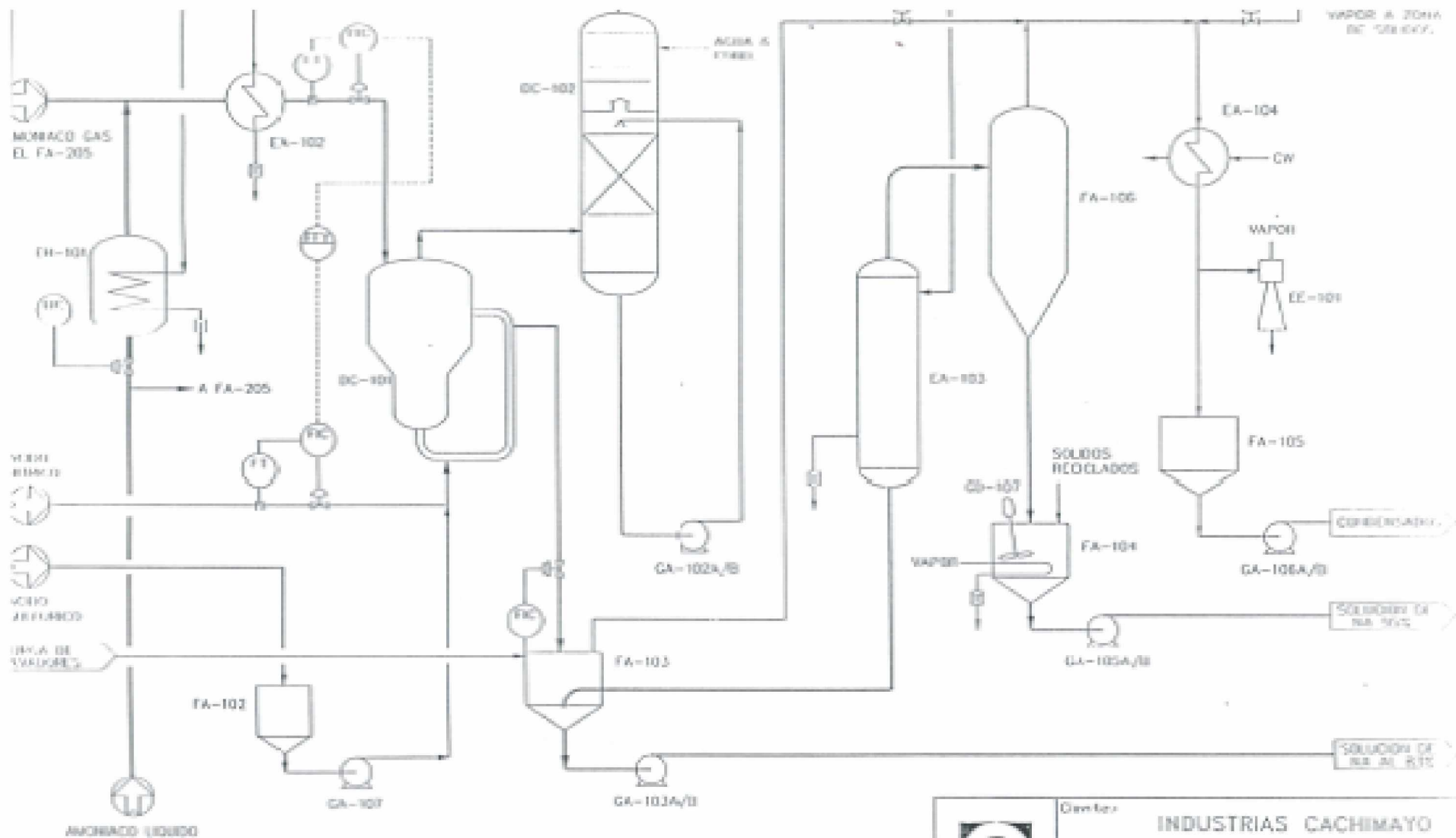


NO.	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
1	10/01/2010	PROYECTO DE INICIACION									
2	15/01/2010	REVISION DE DISEÑO									
3	20/01/2010	APROBACION FINAL									

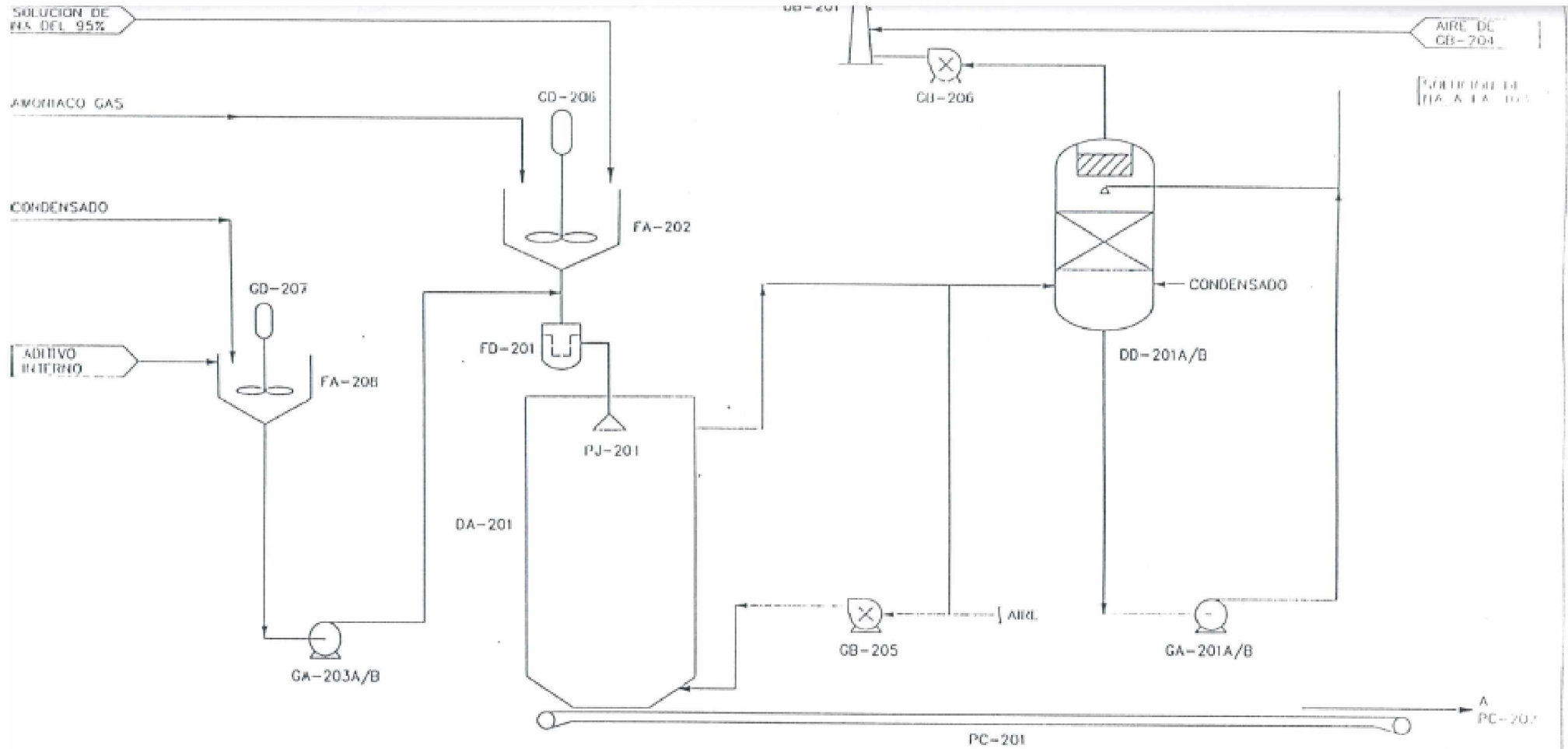
Este documento es propiedad de la empresa y no debe ser reproducido o distribuido sin el consentimiento escrito de la empresa. Toda infracción será perseguida legalmente.


EMPRESA
 S.A.
 INDUSTRIA QUIMICA
 S.A.

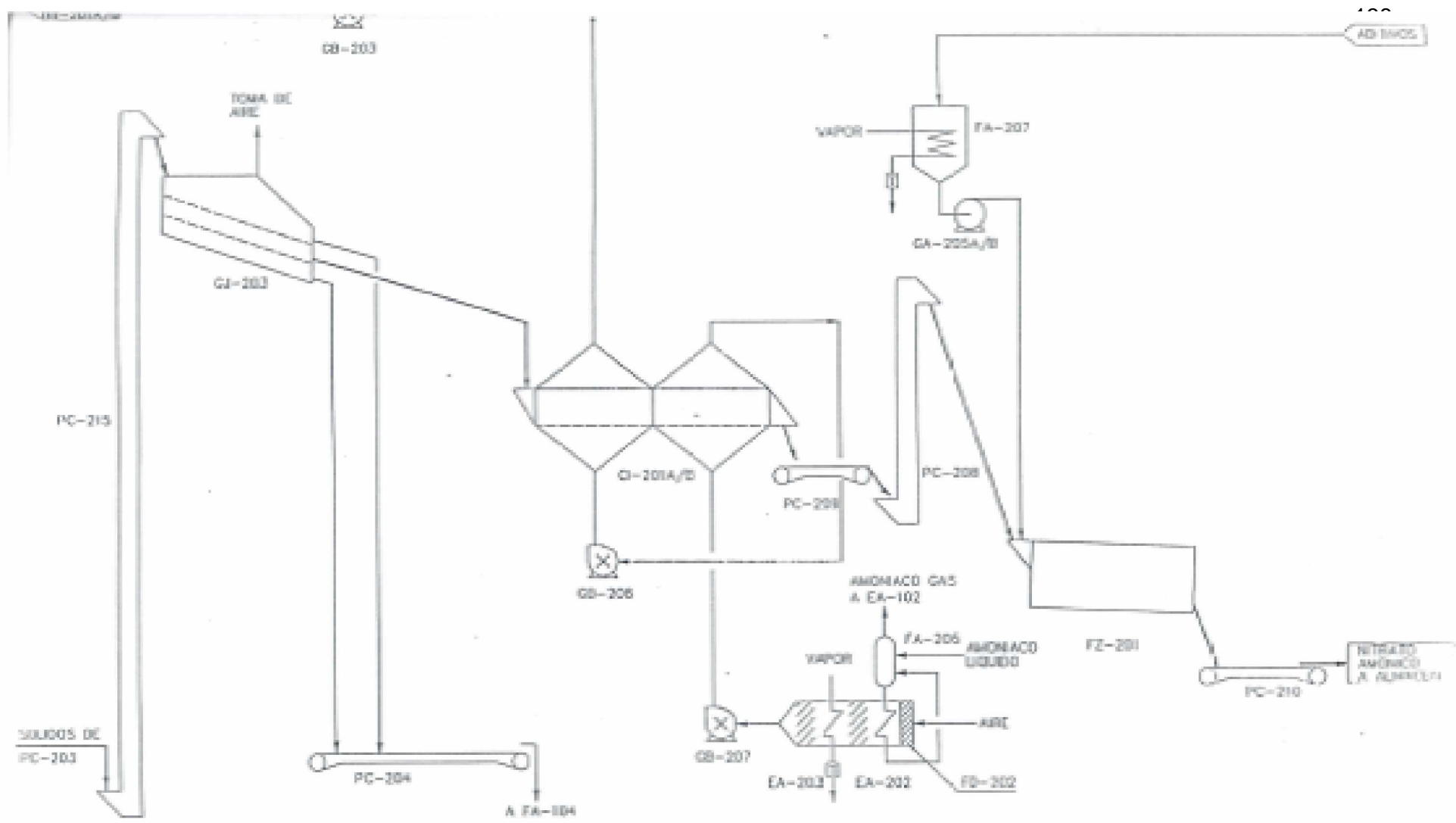
Fecha: 10/01/2010
 Hora: 10:00 AM
 Lugar: Oficina de Ingeniería



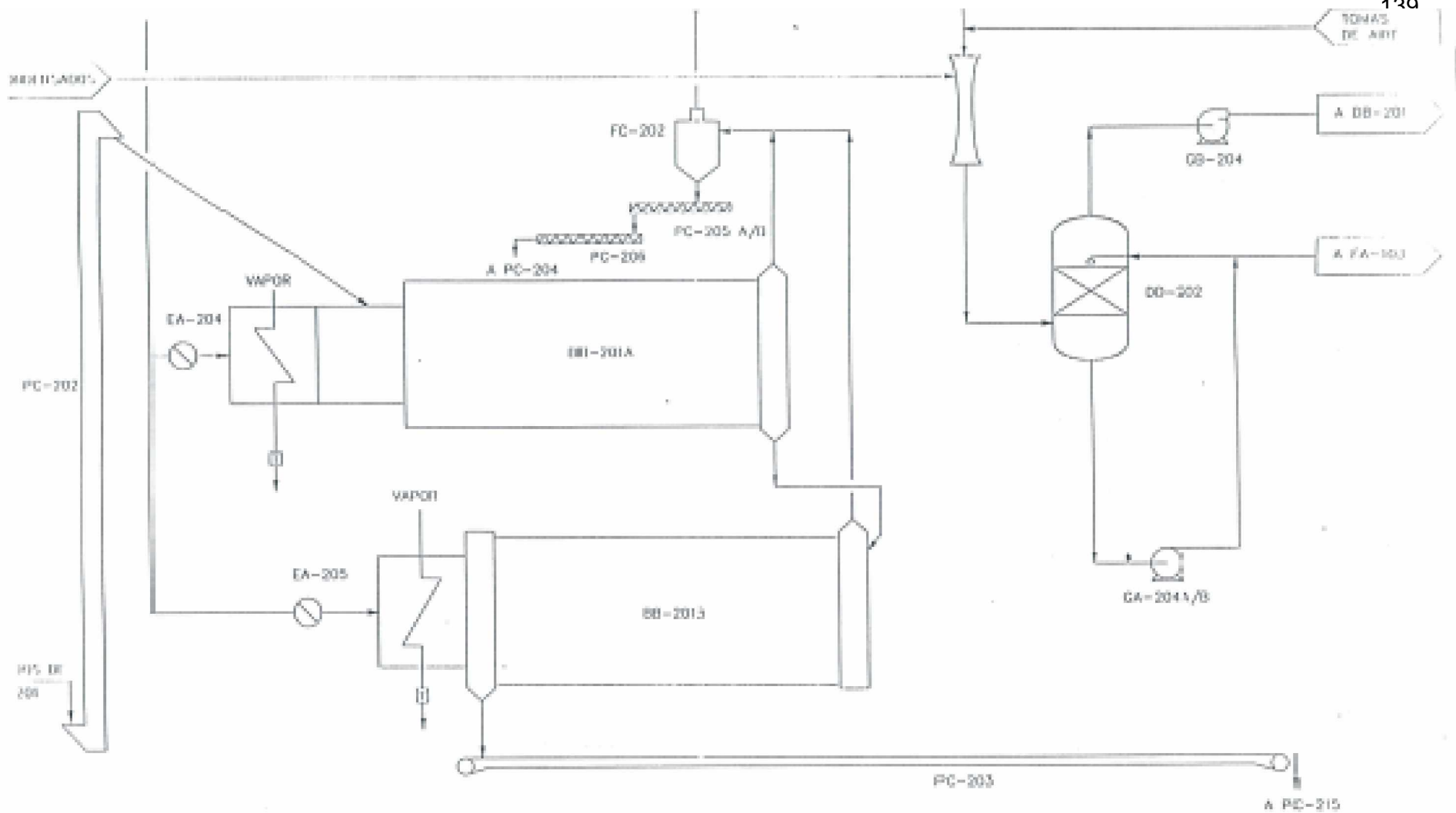
Diseñador: **INDUSTRIAS CACHIMAYO**
 NITRATO AMONICO
 DIAGRAMA DE PROCESO
 ZONA DE LICOR
 8-31-06 | DRAWING N° A3-6000-1-001 | REV.



 ESPINOSA	Ciente:	INDUSTRIAS CACHIMAYO
	NITRATO AMONICO DIAGRAMA DE PROCESO ZONA DE PERDIGONADO	
	11-01-06	DRAWING N° A3-6000-1-007RPA



 CSPINCSA	10/05/96	INDUSTRIAS CACHIMAYO
	1-01-96	NITRATO AMONICO DIAGRAMA DE PROCESO ZONA DE SOLIDOS
	1-01-96	DRAWING NO. A3-6900-1-004/REV. 1



 ESPINOSA	Diseño	
	INDUSTRIAS CACHIMAYO	
	NITRATO AMONICO DIAGRAMA DE PROCESO ZONA DE SECAO	
	11-81-86	DRAWING N° A3-8000-1-001

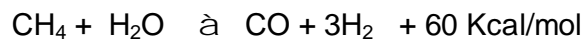
ANEXO 6

BALANCE DE MATERIA DE CO₂ DE LAS PLANTAS DE AMONIACO Y UREA

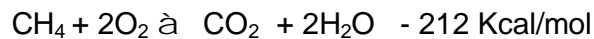
1.- Balance Proceso de obtención de Amoniaco.-

El proceso convencional se basa en el proceso de Haber Bosch que utiliza baja presión y temperatura, el amoniaco es convertido catalíticamente con el nitrógeno separado del aire y el hidrógeno generado con reformando de vapor de gas natural.

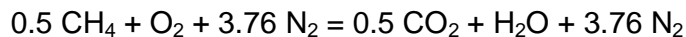
Metano reformado con vapor:



Puesto que es una reacción endotérmica, el calor se debe generar en un horno por combustión de gas natural

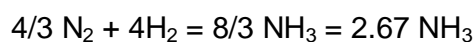


Como mínimo se requiere $60/212 = 0.283$ moles de CH₄ para proporcionar calor para las reacciones. Con una eficiencia del 80% del horno el CH₄ requerido = $0.28/0.8 = 0.35$ moles usados como combustible en el horno del reformador.



Se requiere alrededor de 300 kw/h /ton O₂ para separar a este del aire, que debe ser proveído por un turbo compresor encendido a gas o compresores de motor eléctrico. El ultimo se utiliza a menudo y podemos determinar cuanto gas natural se requiere para generar la energía eléctrica para proveer a la planta de aire-licuefactado. La cantidad de gas natural necesaria para producir electricidad es de solamente 0.05 mol.

Asimismo, el proceso estequiométrico en el reactor del amoniaco, basado en una mol de CH₄ produce 4 mol de H₂ y reacciona con 4/3 de N₂ :



El CH₄ necesario para proveer el N₂ generado por compresión y energía eléctrica, se demuestra con la siguiente reacción estequiométrica. El total de CH₄ requerido para producir NH₃ se resume de la siguiente manera:

Metano requerido: Reformador + Horno + Aire Licuado + Compresión

$$\text{CH}_4 : 1.00 + 0.35 + 0.05 + 0.10 = 1.50$$

Cociente de moles CH₄/NH₃ : $1.5 / 2.67 = 0.56$

La emisión total de CO₂ es entonces:

$$\text{TM CO}_2 / \text{TM NH}_3 = 0.56 * 44/17 = 1.45$$

De acuerdo a nuestros datos y a la capacidad de nuestra planta de amoniaco por día podemos decir que la cantidad de CO₂ producida en nuestra planta de amoniaco seria :

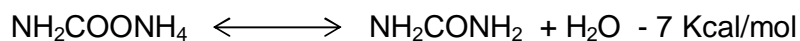
$$1.45 * 1427 \text{ TM/D} = 2069.15 \text{ TM/D CO}_2$$

2.- Balance Proceso de obtención de Urea.-

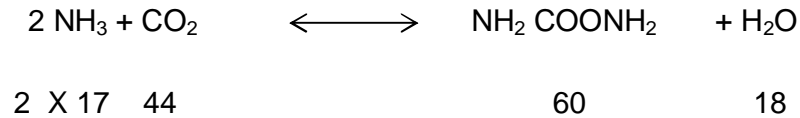
Asimismo, de acuerdo a la siguiente tabla podremos obtener la cantidad de CO₂ requerida para la producción de urea.

PRODUCTOS	AMONIACO (TM)	OTROS (TM)
UREA	0.5666	CO2 : 0.7333

La síntesis de la urea a partir del NH₃ y CO₂ tiene lugar por medio de las siguientes ecuaciones



El consumo teórico de amoníaco y CO₂ por tonelada de urea, es el siguiente:



Por lo tanto, considerando que se espera producir 1885 TM/D de amoníaco según nuestra capacidad de planta propuesta, tenemos que:

$$\text{NH}_3 = (2 \times 17 / 60) \times 1885 = 1068.1667 \text{ TM/D}$$

$$\text{CO}_2 = (44 / 60) \times 1885 = 1382.8 \text{ TM/D}$$

Consideremos una pérdida global del 5%. La cantidad de CO₂ que tiene que ser introducido en el reactor para un 65% de grado conversión es:

$$\text{CO}_2 = (1382.8 \times 1.05 \times 100 / 65) = 2233 \text{ TM/D}$$

La cantidad de CO₂ producida no es mayor a la cantidad de CO₂ necesaria, dependiendo dicha cantidad al porcentaje de conversión que se asuma en el proceso a realizar.

ANEXO 7

MAPA USO DE LA UREA

La urea se consume en casi todos los departamentos del Perú:



○ Departamentos que consumen urea

Fuente: MINAM / AE Empresarial/ Agrosanmartin / Pronamachos
Elaboración: Propia

11. BIBLIOGRAFÍA

- § Synthetic Ammonia: S. STRELZOF and L.C. PAN, Chapter 7

- § DEADMAN, D.Y. TURNER,K. (1981): “Modelling the supply of Wastepaper”, Journal of Environmental Economics and Management,8,pp.

- § GILL,G. LAHIRI,K. (1980): “An econometric model of wastepaper recycling in the USA”, Resources Policy , dec., pp 320 – 325

- § Chavrel Alain Le Febvre Gilles; Petrochemical Processes, Technical and Economic Characteristics, Pris Technip 1989.

- § OPERATION MANUAL: AMMONIA PLANT FOR PETROPERU
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD
CHEMICAL PLANT ENGINEERING CENTER

- § <http://www.uhde.biz/cgi-bin/byteserver.pl/pdf/broschueren/Duengemittel/Ammonia.pdf>

- § <http://www.corporate.basf.com>

- § <http://www.ngv2004.com/site/sponsor/pluspetrol.htm>

- § <http://www.fao.org>

- § <http://www.syntex.com/ammonia/pdfs/hysys-ammonia.pdf>

- § http://www.gasprocessors.com/GlobalDocuments/E02Feb_08.pdf

- § http://www.mwkl.co.uk/pdf/Ammonia_brochure_1.pdf

- § www.ifa.org
- § www.sunat.gob.pe
- § Conocco Phillips : www.conocophillips.com
- § Sasol Technology : www.sasol.com
- § Chemical Engineering : www.che.com, November 2002 : All Aboard, Ammonia
- § Hydrocarbon Processing “Petrochemical Handbook 1993” , marzo 1993, revista
- § Hydrocarbon Processing “Integrate recovery systems for low energy ammonia production” , julio 1981, revista.
- § Petrochemical Refining and Gas Processing Bussines. Industry Fundamental e Integration. Feb 21/03/2007. International Human Resources Development Corporation.

12. GLOSARIO

TCF	:	trillones de pies cúbicos.
P.M.	:	peso molecular.
Ton	:	tonelada.
BTU	:	Unidad Térmica Británica.
NH₃	:	amoníaco.
AN	:	nitrate de amonio.
AS	:	sulfate de amonio.
UAN	:	mezcla de urea y nitrate de amonio.
TM	:	tonelada métrica.
LGN	:	líquidos del gas natural.
MMPC	:	millones de pies cúbicos.
MMscf	:	millones de pies cúbicos estándar.
Bbls	:	barriles.
Psia	:	presión inglesa absoluta = libras/ pulgadas ² .
Psig	:	presión inglesa estándar = libras/pulgadas ² .
API	:	Instituto Americano de Petróleo.
NFPA	:	Normas de Fabricación de protección ambiental.
TPD	:	toneladas por día.
TMPD	:	toneladas métricas por día.
SCFD	:	pies cúbicos estándar por hora
MMSCF	:	millones de pies cúbicos estándar.
Nm³/hr	:	metros cúbicos normales por hora.
Nm³/Month	:	metros cúbicos normales por mes.
GNS	:	gas natural seco.
T/a	:	toneladas al año
Mt/a	:	miles de toneladas al año
CH₂	:	radical libre de un hidrocarburo.
ANFO	:	nitrate de amonio y fuel oil (combustible).
MEM	:	Ministerio de Energía y Minas