

**UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA**

**FACULTAD DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y  
NATURALES**



**UTPL**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ASIGNATURA:** Introducción a la ingeniería química

**CARRERA:** Ingeniería química

**INTEGRANTES:** Emilia Riofrio, Royer Quezada,

Diego Valle, Britney Bravo

**DOCENTE:** Diego Maza Estrada

**Tema:** La Urea

**28 DE ENERO DEL 2026**

**LOJA-ECUADOR**

## **1. INTRODUCCIÓN**

La urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  químicamente es una diamida proveniente del ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) está conformada por un átomo de carbono (C) que se encuentra unido a un átomo de oxígeno (O) mediante un doble enlace y a dos grupos amino (-NH<sub>2</sub>) y grupo funcional carbonilo (C=O), es un compuesto cristalino, inodoro y con buena solubilidad en el agua. La urea es uno de los compuestos más producidos mundialmente debido a su buena funcionalidad como fertilizante por con alto contenido nitrógeno (N). Además, es utilizada en varias industrias como farmacéutica plásticos, cosméticos, entre otras. Según Naser, M “Es un compuesto versátil y esencial con importantes aplicaciones en la agricultura y la industria. Su alto contenido de nitrógeno y su rentabilidad la convierten en un fertilizante vital, mientras que sus usos industriales resaltan su importancia en diversos procesos.” (2024).

La urea tiene gran importancia científicamente, ya que es unos de los primeros compuestos en ser sintetizado en los laboratorios desde una sustancia inorgánica, es una sustancia tan importante tanto biológicamente como industrialmente debido a sus aplicaciones tecnológicas.

En el siguiente informe se encontrará información sobre lo que es la urea, su importancia en la industria y como se obtiene.

## **2. MARCO TEORICO**

## 2.1 información general de la urea

La urea es un compuesto químico importante biológicamente tanto en animales y seres humanos. Según Etimologías de Chile "La palabra urea proviene del latín moderno urea, derivado del término griego ouron, orina y el sufijo latino de relación o pertenecía, en su variante femenina, -ea. Ouron, orina." 2026. Esto es porque está relacionado directamente al contexto de cómo fue descubierta. La urea se encuentra de manera natural presente en la orina, esto es porque el cuerpo degrada las proteínas de los alimentos, que los produce en compuestos nitrogenados que son tóxicos es por ello por lo que lo libera a través de la orina. Su nombre químico según el sistema IUPAC es Diaminometanal o carbonildiamida. Según Ymdb.ca "Las ureas son compuestos que contienen dos grupos amina unidos por un grupo funcional carbonilo." (2026) de ahí proviene su nombre químico.

La fórmula molecular se la puede representar de dos formas, su fórmula molecular CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O esta fórmula representa los elementos por los que está compuesto 1 carbono, 4 hidrógeno, 2 nitrógeno y 1 oxígeno y hay la fórmula semidesarrollada CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> esta fórmula estructural es más fácil porque representa a los grupos a los que pertenece, carbonilo (CO) y sus dos grupos aminas (NH<sub>2</sub>). "Está formada por un átomo de carbono, un átomo de oxígeno, dos átomos de nitrógeno y cuatro átomos de hidrógeno, y se clasifica dentro de los compuestos carbonílicos orgánicos (específicamente, carbamidas o diamidas de ácido carbónico)." *Vedantu. (s. f.)*.

En química tiene una masa molar de 60,06 g/mol, este valor se obtiene al sumar cada elemento por el que está conformado. *Calculado por PubChem 2.2 (versión de PubChem 2025.04.14).*

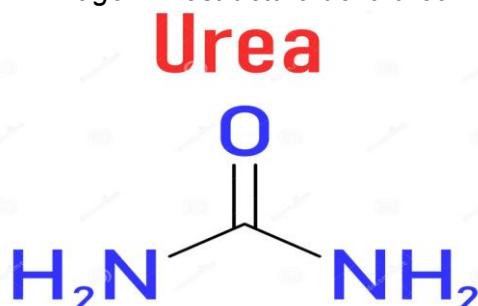
Su clasificación química es como un compuesto orgánico esto se debe a su estructura molecular de un grupo carbonilo y a sus dos grupos aminos ya antes mencionados. Los compuestos orgánicos se definen principalmente por la presencia de átomos de carbono, que deben estar unidos a otros átomos de carbono o a átomos de hidrógeno, formando una cadena principal de carbono-hidrógeno (CH). Estas moléculas suelen estar asociadas a organismos vivos y son capaces de formar estructuras complejas de cadena, anillo y ramificación mediante enlaces covalentes. La química orgánica estudia esencialmente estas

estructuras basadas en el carbono y sus reacciones asociadas. *Biology Insights.* (2025).

## 2.2 Formula estructural y enlaces

La estructura molecular muestra como un átomo de carbono esta unido a un oxígeno y dos grupos amino de la siguiente manera.

Imagen 1. estructura de la urea



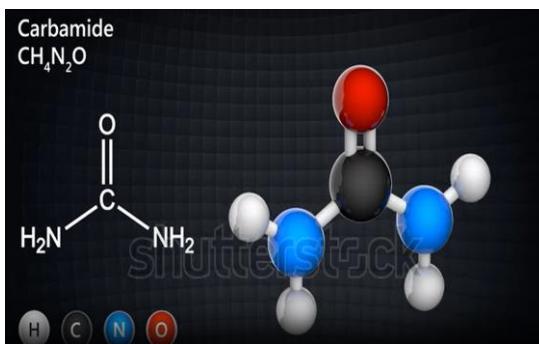
Fuente: (Alexandr Vintik, 2022)

Los enlaces que mantiene unidos a los átomos del compuesto son todos covalentes porque comparten electrones. Los enlaces intramoleculares son los que se encuentran dentro de la molécula, el enlace doble entre el carbono y oxígeno es el que define el centro de la molécula, enlace simple entre el carbono y el nitrógeno se conecta con los dos grupos aminos, los enlaces entre el nitrógeno y el hidrógeno es el que conecta a los hidrógenos externos. Además, son polares por su diferencia de electronegatividad, el oxígeno y nitrógeno son los que atraen al carbono y al hidrógeno.

Los intermoleculares son los encargados de unir a las moléculas entre sí y los encargados de su apariencia sólida cristaliza y su solubilidad en el agua. Los 4 hidrógenos del grupo amino tienen carga positiva es por ellos que se unen a átomos negativos en este caso al oxígeno del grupo carbonilo, el resultado si la molécula está en estado sólido genera una red cristalina tridimensional. Un enlace de hidrógeno es una fuerza intermolecular (IMF) que forma un tipo especial de atracción dipolo-dipolo cuando un átomo de hidrógeno unido a un átomo fuertemente electronegativo existe en las proximidades de otro átomo electronegativo con un par solitario de electrones.

Las fuerzas intermoleculares (IMF) ocurren entre las moléculas. Otros ejemplos incluyen interacciones dipolo-dipolo ordinarias y fuerzas de dispersión. Los enlaces de hidrógeno son generalmente más fuertes que el dipolo-dipolo ordinario y las fuerzas de dispersión, pero más débiles que los enlaces covalentes e iónicos verdaderos. *LibreTexts Español.* (s. f.).

Imagen 2. Enlaces de la urea



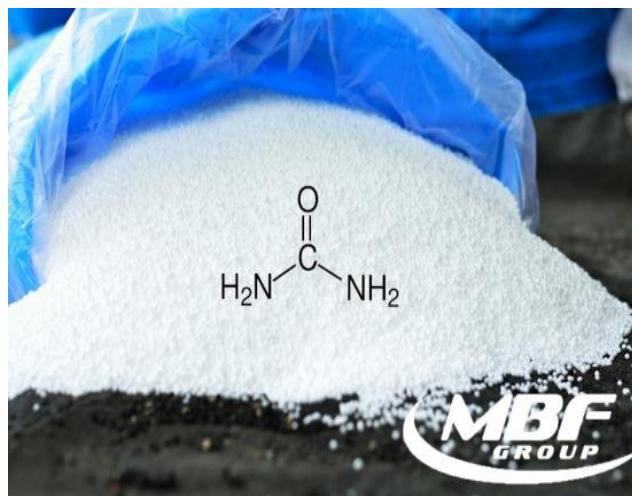
Fuente: Shutterstock. (2021).

Quimica.es. dice que “La Resonancia (denominado también Mesomería) en química es una herramienta empleada (predominantemente en química orgánica) para representar ciertos tipos de estructuras moleculares. La resonancia molecular es un componente clave en la teoría del enlace covalente y su aparición crece cuando existen enlaces dobles o triples en la molécula, numerosos compuestos orgánicos presentan resonancia, como en el caso de los compuestos aromáticos.” (2026).

La estabilidad del compuesto es gracias a la resonancia que es aquella que facilita que los electrones de los átomos de nitrógeno se puedan distribuir en varios enlaces de la molécula, esto provoca que la urea sea más estable químicamente, tienen doble enlace lo que lo hace más resistente, sin esta resonancia la molécula sería todo lo contrario, tendría más facilidad para descomponerse, más fácil de romper y no formaría puentes de hidrógeno resistentes lo que lo haría menos soluble al agua.

## 2.3 Propiedades físicas

*Imagen 3.Urea*



**Fuente:** (SA & AdminMBF, 2024)

### **Estado físico y estructural**

A temperatura ambiente, la urea es un sólido de color blanco y cristalino. Se cristaliza en un sistema tetragonal, en el que las moléculas se disponen a través de una amplia red de enlaces intermoleculares de hidrógeno entre los grupos amida ( $-\text{NH}_2$ ) y el oxígeno carbonílico ( $\text{C}=\text{O}$ ). La red, en estado sólido, proporciona estabilidad estructural y explica su rigidez. Su comportamiento térmico y su capacidad de compactación industrial están directamente influenciados por la naturaleza cristalina (Atkins & Jones, 2014)

### **Masa molar**

La urea tiene una masa molar de 60,06 g/mol, lo que la categoriza como una molécula orgánica pequeña y liviana. Esta baja molecular facilita que las moléculas se muevan con rapidez, que se difundan de manera sencilla en medios acuosos y que se disuelvan rápidamente en solventes polares. Estas propiedades son esenciales para su eficacia como reactivo industrial y fertilizante (Lide, 2005).

### **Solubilidad**

La urea tiene un alto grado de solubilidad en agua (=545 g/L a 25 °C), lo cual se debe a que es altamente polar y puede formar numerosos enlaces de hidrógeno con las moléculas de agua. En alcoholes de bajo peso molecular también es soluble, aunque en una menor cantidad.

En procesos industriales, formulaciones agrícolas y aplicaciones farmacéuticas, la solubilidad se incrementa significativamente con el aumento de la temperatura. (Morrison & Boyd, 2011)

### **Punto de fusión y comportamiento térmico**

La urea tiene un punto de fusión de cerca de 133 °C. No obstante, este proceso no es meramente físico, puesto que la fusión da inicio a una descomposición térmica en la que se generan biuret y amoniaco. Este comportamiento señala que la urea tiene una estabilidad térmica restringida, lo cual limita su utilización en procesos a alta temperatura y exige un control de la temperatura durante su manejo industrial (Greenwood & Earnshaw, 1997).

### **La densidad**

La densidad de la urea sólida a 20 °C es de aproximadamente 1,32 g/cm<sup>3</sup>. Esta cifra muestra un empaquetamiento molecular bastante eficaz en la red cristalina, que se debe a interacciones intermoleculares intensas. Housecroft y Sharpe (2018) indican que la densidad es una característica importante para diseñar sistemas de dosificación, transporte y almacenamiento en el sector agrícola e industrial químico.

### **Higroscopidad**

La urea es un componente que tiene una higroscopidad moderada, lo que quiere decir que es capaz de absorber con facilidad la humedad del entorno. Esta propiedad proviene de su naturaleza polar y de la tendencia de los grupos amida a atraer agua. Como resultado, la urea suele compactarse durante su almacenamiento, lo que impacta en su fluidez y calidad física; por ello necesita que la humedad esté controlada (Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2012).

### **Conductividad eléctrica**

La urea no conduce la electricidad en estado sólido porque es un compuesto covalente y no tiene iones libres. En solución acuosa, la conductividad es muy baja. Esto se debe solo al solvente y no a la ionización de la urea. Esta propiedad confirma que la urea no es un electrolito, lo que tiene

importancia para su compartimiento en soluciones químicas (Chang & Goldsby, 2016).

### Olor y características organolépticas

La urea no tiene olor y su sabor es un poco amargo. Su sabor hace que su uso en formulaciones técnicas sea más seguro, ya que evita el riesgo de ingestión accidental. Por otro lado, la falta de olor hace posible su uso en productos cosméticos, farmacéuticos y dermatológicos (Budavari, 2001).

Tabla 1. Resumen de sus propiedades físicas

Categoría	Propiedad	Detalle
Identificación y fórmula	Nombre	Urea (carbamida o carbonildiamida)
	Fórmula química	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ o $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$
	Masa molar	~60,06 g/mol
Propiedades físicas	Estado físico	Sólido cristalino
	Color	Blanco o incoloro
	Olor	Inodora en estado puro; ligero olor a amoníaco
Solubilidad	En agua (20 °C)	~108 g / 100 mL
	En agua (40 °C)	~167 g / 100 mL
	En agua (60 °C)	~251 g / 100 mL
	En agua (80 °C)	~400 g / 100 mL
	En agua (100 °C)	~733 g / 100 mL
	Otros solventes	Soluble en etanol, metanol y ácido acético glacial; insoluble en benceno
Puntos térmicos	Punto de fusión	≈ 132–135 °C
	Punto de ebullición	No definido; se descompone al calentar
Otras propiedades	Densidad	~1.32–1.34 g/cm³ a 20 °C
	pH en solución acuosa	~7–10 (dependiente de la concentración)
	Higroscopidad	Capacidad de absorber agua del ambiente

Nota: Esta tabla nos muestra sus propiedades físicas según su categoría

### 2.4 Propiedades químicas y reacciones típicas

#### Reactividad ácida-base y complicación

- Actúa como base débil: puede protonarse con ácidos fuertes para formar sales uronio.
- Forma complejos de coordinación con metales del tipo  $[M(\text{urea})_6]^{n+}$ .

### **Hidrolisis y descomposición**

- Hidrolisis en agua:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$

Este proceso es fundamental en el suelo y en organismos vivos.

- Descomposición térmica: Al calentarse más del punto de fusión, la urea puede empezar a descomponerse en amoníaco, biuret, ácido cianúrico y otros productos menores antes de alcanzar temperaturas de ebullición.

### **Formación de productos por condensación**

- Condensación para formar *biuret*:  $2 \text{NH}_2\text{CONH}_2 \rightarrow \text{NH}_2\text{CONHCONH}_2 + \text{NH}_3$

Ocurre a temperaturas elevadas y es una reacción relevante en procesos industriales y de descomposición térmica.

- Otros productos de condensación térmica incluyen triuret y ácido cianúrico.

### **Reacciones con reactivos químicos**

#### **Con alcoholes:**

- La urea puede reaccionar para formar ésteres de carbamato (*urethanes*), que son compuestos con diferentes aplicaciones.

#### **Con hipoclorito alcalino:**

- Produce hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ):  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NaOCl} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{N}_2\text{H}_4 + \text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

(Esta reacción se usa industrialmente y es peligrosa por la toxicidad de la hidrazina).

### **Con ácidos fuertes:**

Puede formar sales como nitrato de urea u otros compuestos uronio.

### **Interpretación Química**

- La urea se comporta como una amida neutra en solución, con  $pK_a$  y  $pK_b$  que indican baja acidez y alcalinidad.
- Su alta solubilidad en agua y capacidad de formar puentes de hidrógeno explican su disolución rápida y estabilidad en solución.
- La formación de productos como biuret, triuret o hidrazina bajo calor o con reactivos fuertes refleja su versatilidad química.

## **3. Historia y Proceso de obtención industrial de la urea**

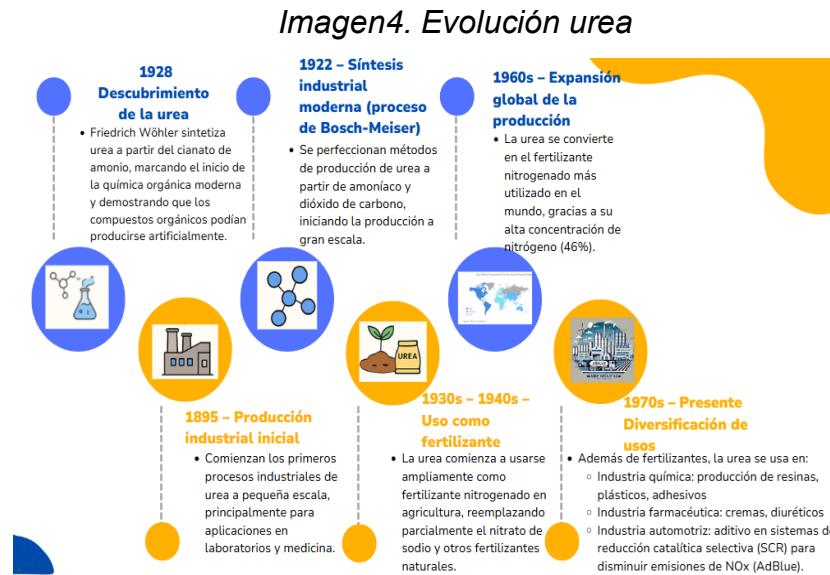
### **3.1 Transición histórica hacia la producción industrial de la urea**

Históricamente, la urea por descubierta por primera vez de manera natural es decir del cuerpo humano, esta obtenía mediante procesos empíricos de evaporación y cristalización. Luego de esto en 1828, Friedrich Wöhler logró sintetizar urea a partir de compuestos inorgánicos, demostrando que se podía obtener la urea sin necesidad de intervención biológica, lo cual fue muy importante para la historia de la química. “En estos experimentos se logró por primera vez la síntesis de un compuesto orgánico a partir de dos moléculas inorgánicas. Estos resultados debilitaron significativamente la hipótesis vitalista sobre el funcionamiento de las células vivas, aunque Wöhler, en ese momento, estaba más interesado en las consecuencias químicas de la isomería que en las implicaciones filosóficas de su hallazgo.” (*Kinne-Saffran & Kinne, 1999*)

Dice Fertilizer Services. “La producción de urea es un componente crucial de la industria global de fertilizantes, ya que aporta nitrógeno esencial a los cultivos y encuentra aplicaciones atractivas en las tecnologías de reducción de emisiones de NOx. Varios licenciantes tecnológicos líderes han desarrollado tecnologías innovadoras que reducen el gasto de capital (CAPEX), el gasto operativo (OPEX) y el impacto ambiental de la producción de urea” 2024.

Desde este descubriendo el desarrollo de la ingeniería química permitió la obtención de la urea desde los laboratorios hasta los procesos industriales,

basándose en la reacción entre amoniaco y dióxido de carbono, gracias a las tecnologías industriales para la producción de la urea.

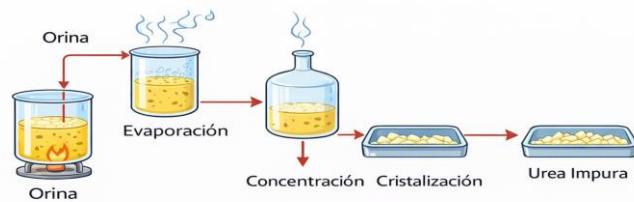


Los siguientes diagramas nos permiten visualizar la evolución histórica y tecnológica de la obtención de la urea, a partir de los empíricos basados en orina hasta procesos industriales modernos eficientes.

**Proceso natural empírico:** el siguiente diagrama representa la obtención de la urea a través de la evaporación de la orina. La orina era sometida a evaporación para eliminar el agua, lo que daba a obtener la concentración de sólidos disueltos. Además, como la urea cristaliza antes que otras sales su recuperación era casi completa, sin embargo, era una urea impura debido a la falta de purificación y la falta de control en reacciones químicas.

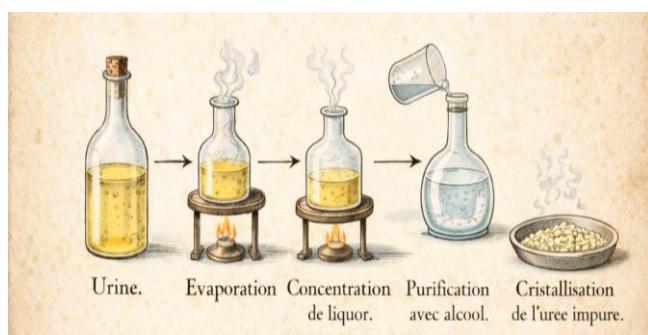
*Imagen5. Diagrama proceso natural*

Proceso natural — empírico (evaporación de orina)



**Proceso Hilaire Rouelle (1773):** el siguiente proceso se trata de la evaporación inicial de la orina para concentrar el licor para después ser purificada por alcohol, ya que alcohol permite separar sales poco solubles, como la urea permanece en solución para luego cristalizarse. Finalmente, como la separación es física permitió identificar la urea como sustancia.

Imagen6. Diagrama Rouelle



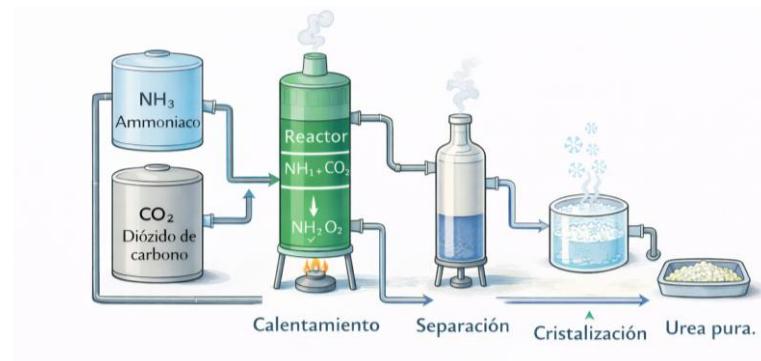
**Síntesis de Wöhler (1828):** la síntesis de urea de Friedrich Wöhler fue considerada un hito en la historia de la química, en este proceso el cianato de amonio se transforma en urea, a partir del reordenamiento molecular. Esto demostró que un compuesto orgánico podía ser sintetizado por sustancias inorgánicas.

Imagen7. Diagrama WÖHLER



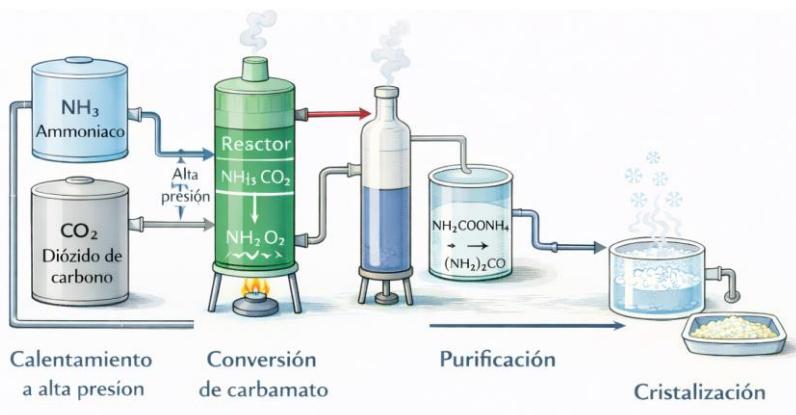
**Proceso industrial NH<sub>3</sub>+CO<sub>2</sub>:** este proceso se basó en la reacción de amoniaco y dióxido de carbono, a alta presión y temperatura, consta en dos etapas, la primera en la formación de carbamato y amonio, luego se deshidrata para producir agua y urea, en los diagramas existen la etapa de separación y reciclaje.

*Imagen8. Diagrama NH<sub>3</sub>+CO<sub>2</sub>*



**Proceso industrial de Bosch-Meiser:** el siguiente diagrama es considerado como el método estándar de la industria moderna para obtener urea. En este proceso el amoniaco y dióxido de carbono reaccionan para formar carbamato de amonio, luego se lo deshidrataba para obtener urea.

*Imagen9. Bosch-Meiser*



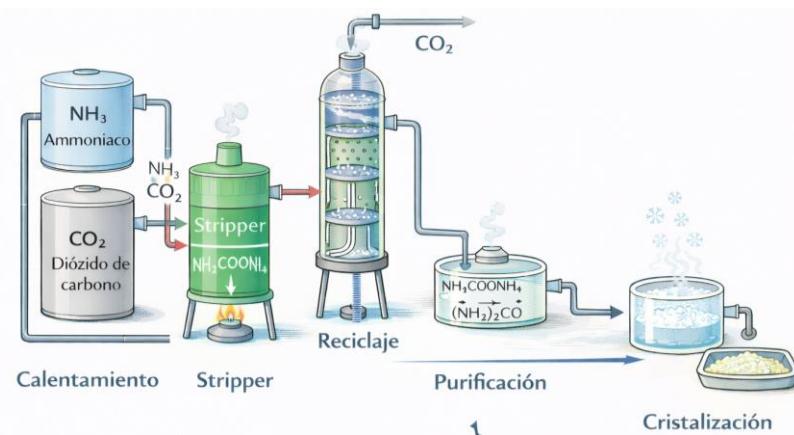
*Tabla2. Función de cada reactor*

Equipo / Unidad	Función principal
Mezclador de alimentación	Mezcla y acondiciona NH <sub>3</sub> y CO <sub>2</sub> en las proporciones adecuadas antes de ingresar al reactor de síntesis.

Reactor de síntesis (alta presión)	Se forma carbamato de amonio a partir de NH <sub>3</sub> y CO <sub>2</sub> y se convierte parcialmente en urea mediante la reacción de deshidratación.
Separador de alta presión	Separa la fase gaseosa (NH <sub>3</sub> y CO <sub>2</sub> no reaccionados) de la fase líquida (mezcla de urea y carbamato).
Descomponedor de carbamato (media presión)	Descompone el carbamato de amonio liberando NH <sub>3</sub> y CO <sub>2</sub> para su posterior recuperación.
Descomponedor de carbamato (baja presión)	Completa la descomposición del carbamato remanente y reduce aún más la presión del sistema.
Sistema de recuperación	Recupera el NH <sub>3</sub> y CO <sub>2</sub> liberados en las etapas de descomposición para su recirculación al proceso.
Evaporador / Concentrador	Elimina agua del sistema para aumentar la concentración de urea fundida.
Granulador / Prilling	Transforma la urea fundida en gránulos o prills sólidos adecuados para almacenamiento y comercialización.

**Proceso de CO<sub>2</sub> Stripping:** en este método el dióxido de carbono se utiliza como agente de arrastre para poder separar el amoniaco que no reacciona con la mezcla de reacción. La recuperación de activos en esta etapa mejora, ayuda a la incrementación global y reduce el consumo energético.

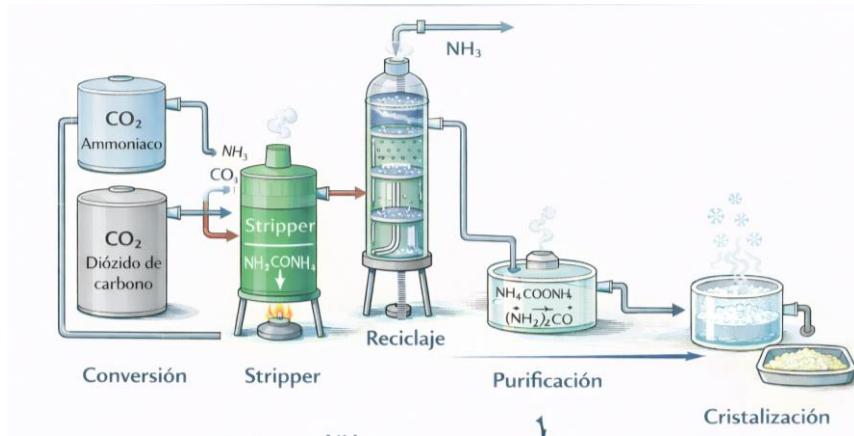
*Imagen 10. Stripping*



**Proceso de NH<sub>3</sub> Stripping:** en este proceso el amoniaco se utiliza como el agente de arrastre para poder separar el dióxido de carbono y los

reactivos que aún no se convierten en la reacción. El amoniaco ayuda a la descomposición del carbamato que no reacciona y luego se lo recupera.

*Imagen11. Diagrama NH3*



**Proceso de reciclaje total:** este proceso representa la producción más avanzada de la industria para la obtención de urea. El amoniaco y el dióxido de carbono que no son convertidos se recuperan casi en su totalidad para luego ser reciclados en el reactor. Esto reduce significativamente el consumo energético y el impacto ambiental.

*Imagen12. Diagrama Reciclaje total*



### 3.2 Evolución de los procesos químicos de la Urea

La producción industrial de urea es uno de los procesos más sofisticados de la ingeniería química, fundamentado en la reacción de equilibrio entre el amoníaco y el dióxido de carbono. Desde su primera síntesis en 1828, el proceso

ha evolucionado para maximizar la eficiencia mediante sistemas de recirculación total, eliminando el desperdicio de materias primas (Y7rick, 2024).

En este apartado, se analizan los diagramas de flujo de los principales procesos químicos (como el convencional y las tecnologías de *stripping*), identificando cada operación unitaria involucrada. El análisis se centra en describir los cambios físicos y químicos que ocurren en equipos críticos como reactores, separadores y evaporadores, permitiendo comprender cómo se transforma una corriente gaseosa en un producto sólido de alta pureza indispensable para la agricultura global (Academia.Lab, n.d.).

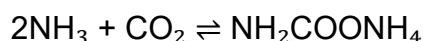
*Imagen 4. Evolución de la urea*

### **3.3 Descripción general del proceso industrial**

La producción industrial de urea se basa en la reacción entre amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), estos reaccionan bajo condiciones de alta presión y temperatura para lograr formar urea. El proceso se divide en dos etapas químicas:

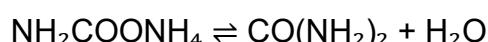
#### **Etapa 1: Formación de carbamato de amonio**

Primero, el  $\text{CO}_2$  reacciona con el  $\text{NH}_3$  formando carbamato de amonio, que es un intermediario:



#### **Etapa 2: Deshidratación del carbamato para formar urea**

Luego, el carbamato de amonio se transforma en urea y agua mediante una reacción más lenta:



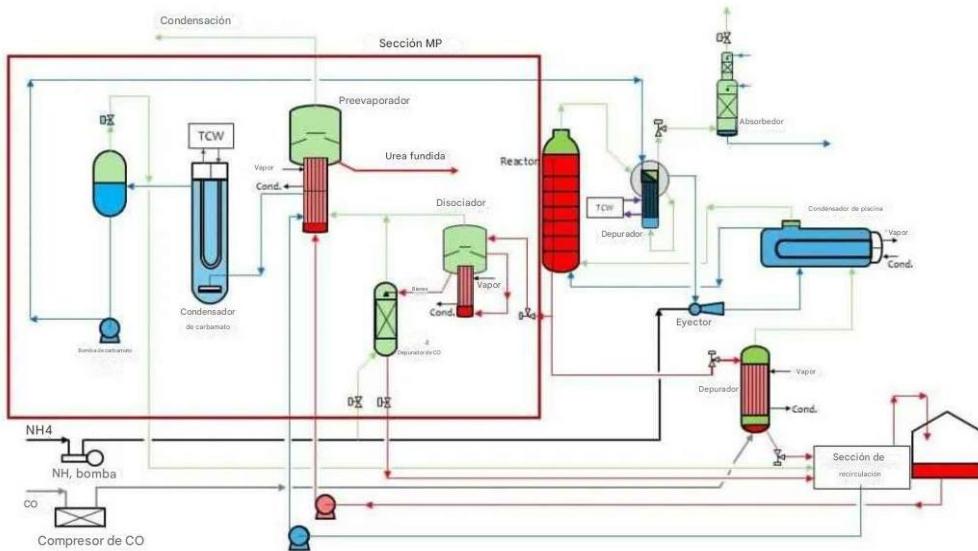
El reciclaje se utiliza porque parte del amoníaco y dióxido de carbono no reaccionan completamente. Además, pueden quedar disueltos en las corrientes del sistema. Por esta razón, el proceso industrial incorpora equipos de separación y recuperación (como separadores y strippers), que permiten recuperar  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  y devolverlos al reactor. Esto incrementa la eficiencia, reduce costos y disminuye pérdidas de materia prima.

### **3.4 Diagramas de flujo y tecnologías industriales**

Se presenta los siguientes para la obtención de la Urea

- 1. Proceso Stamicarbon (Stripping  $\text{CO}_2$ ):** Es el más usado en la actualidad. Se caracteriza por usar el dióxido de carbono para separar el amoníaco no reaccionado dentro del "Stripper" (Fertilizer Services, n.d.).

Imagen13: Proceso Stamicarbon



Fuente: (Fertilizer Services, n.d.)

En el reactor de alta presión del proceso Stamicarbon se produce la síntesis principal de la urea. A este equipo ingresan amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a presiones elevadas (aproximadamente 150–180 bar) y temperaturas cercanas a 170–190 °C. En su interior ocurre, en primer lugar, la reacción rápida y exotérmica entre  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$  para formar carbamato de amonio. Posteriormente, una parte de este carbamato se deshidrata para dar lugar a la formación de urea y agua, reacción más lenta y endotérmica. Debido a las limitaciones del equilibrio químico, la conversión no es total, por lo que la corriente de salida contiene urea, agua, carbamato no reaccionado,  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$ .

Tabla3. Proceso Stamicarbon con su operación unitaria y sus cambios.

Unidad	Operación Unitaria	Características y Cambios
Reactor de Alta Presión	Reacción Química	<b>Cambio:</b> Químico. El $\text{NH}_3$ y $\text{CO}_2$ reaccionan para formar carbamato y luego urea. Es una unidad de mezcla con tiempo de residencia.
Stripper (Despojador)	Transferencia de Masa / Calor	<b>Cambio:</b> Químico y Físico. Se introduce vapor para "barrer" los gases. El calor descompone el carbamato sobrante en gases nuevamente.
Condensador de Carbamato	Condensación / Reacción	<b>Cambio:</b> Físico (gas a líquido) y Químico (formación de carbamato). Libera energía que se usa para generar vapor.
Evaporador de Vacío	Evaporación	<b>Cambio:</b> Físico. Se elimina el agua bajando la presión para quemar la urea. B

Nota: Esta tabla muestra el diseño más eficiente en el uso de gases para la separación dándonos a conocer sus operaciones unitarias, cambios físicos y químicos (Fertilizer Services, n.d.).

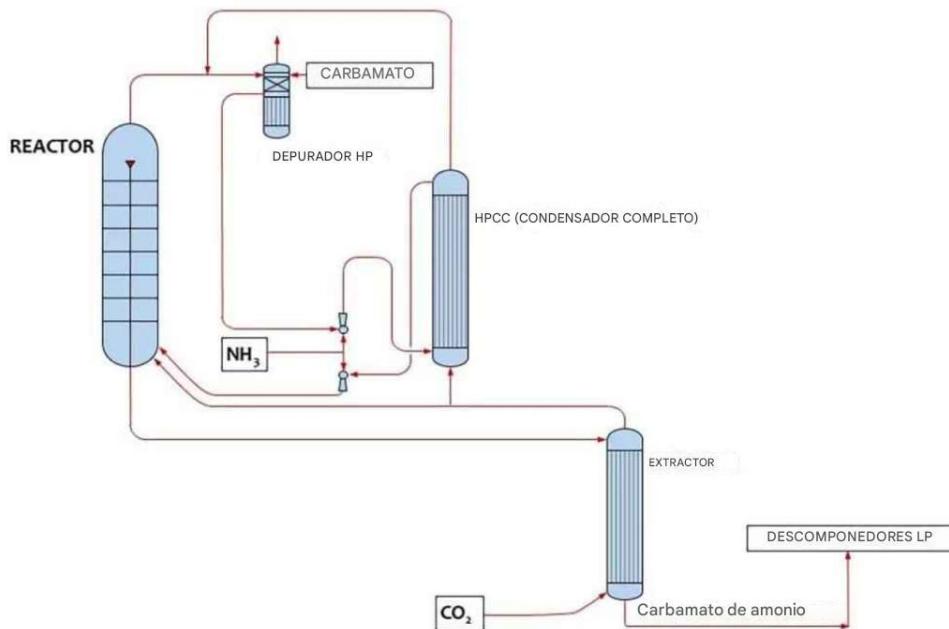
Tabla 4. Proceso Stamcarbon con sus ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
<b>Alta Eficiencia Energética:</b> El uso de como agente de despojo reduce el consumo de vapor.	<b>Corrosión:</b> El ambiente químico es muy agresivo; requiere aceros inoxidables especiales y control estricto de oxígeno.
<b>Menos Equipos:</b> Al reciclar a alta presión, se eliminan bombas y tanques de almacenamiento intermedios.	<b>Sensibilidad:</b> El reactor es muy sensible a las variaciones en la pureza del de entrada.
<b>Bajo Consumo de Agua:</b> Requiere menos servicios auxiliares para enfriamiento.	<b>Costo de Materiales:</b> Los materiales resistentes a la corrosión elevan la inversión inicial (CAPEX).

Nota: Esta tabla muestra las ventajas y desventajas del proceso Stamircon

2. **Proceso Snamprogetti (Stripping NH<sub>3</sub>):** Este proceso utiliza un exceso de amoníaco y calor para la separación. Es muy común en plantas que buscan una operación más estable y sencilla en las etapas de baja presión (Fertilizer Services, n.d.).

Imagen 14: Proceso Snamprogetti



Fuente: (Fertilizer Services, n.d.)

En el reactor de platos del proceso Snamprogetti se desarrolla la síntesis principal de la urea. Este reactor opera a altas presiones y temperaturas, y contiene platos internos que mejoran el contacto entre las fases gaseosa y líquida. En su interior, el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) reaccionan inicialmente para formar carbamato de amonio mediante una reacción exotérmica. Posteriormente, parte de este carbamato se deshidrata para formar urea y agua. La presencia de un exceso de amoníaco favorece la conversión y reduce la formación de subproductos como el biuret. A la salida del reactor se obtiene una mezcla compuesta por urea, agua, carbamato no reaccionado,  $\text{NH}_3$  y  $\text{CO}_2$ .

*Tabla 5. Proceso Snamprogetti con su operación unitaria y sus cambios.*

Unidad	Operación Unitaria	Características y Cambios
Reactor de Platos	Reacción Química	<b>Cambio:</b> Químico. Los platos internos mejoran el contacto. Se busca una conversión del 62-64%.
Stripper Térmico	Descomposición Térmica	<b>Cambio:</b> Químico. No usa gas externo, sino calor puro para romper el carbamato que no se convirtió en urea.
Separadores (MP y BP)	Separación de Fases	<b>Cambio:</b> Físico. Se reduce la presión escalonadamente para extraer restos de gas amoníaco.
Torre de Prilling	Solidificación / Granulación	<b>Cambio:</b> Físico. La urea pasa de líquido fundido a esferas sólidas porque contacto con aire frío.

*Nota:* Esta tabla muestra cómo se caracteriza por trabajar con un exceso de amoníaco para evitar la formación de biuret dándonos a conocer sus operaciones unitarias, cambios físicos y químicos (Fertilizer Services, n.d.).

*Tabla 6. Proceso Snamprogetti ventajas y desventajas*

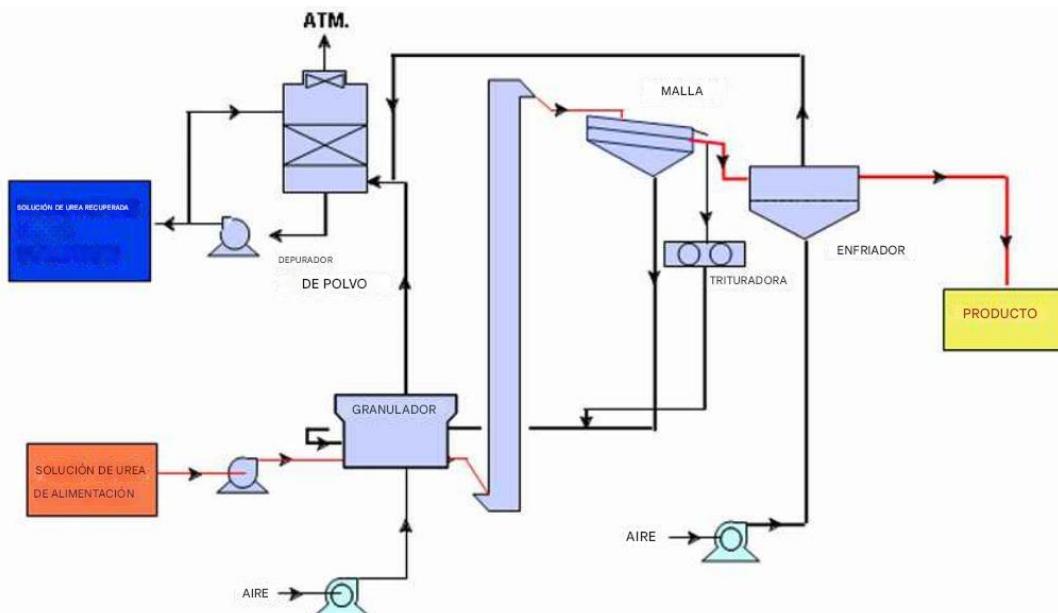
Operación unitaria	Ventajas	Desventajas
Reactor de platos (reacción química)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejor contacto gas-líquido por los platos internos, favoreciendo la reacción.</li> <li>Mayor conversión y eficiencia (ayuda a alcanzar 62–64%).</li> <li>Mejor mezcla y control del proceso dentro del reactor.</li> <li>Reduce zonas muertas y mejora el rendimiento global.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor caída de presión por los platos.</li> <li>Diseño y mantenimiento más complejos (ensuciamiento o incrustaciones).</li> <li>Possible corrosión por condiciones químicas y altas presiones/temperaturas.</li> <li>Mala distribución de flujo puede bajar la eficiencia en algunos platos.</li> </ul>
Stripper térmico (descomposición térmica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>No requiere gas de arrastre externo: usa calor, simplificando líneas de alimentación.</li> <li>Recupera reactivos (<math>\text{NH}_3</math> y <math>\text{CO}_2</math>) desde carbamato no convertido.</li> <li>Mejora la eficiencia global del proceso al reciclar componentes valiosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto consumo energético (requiere calor importante).</li> <li>Riesgo de degradación o formación de biuret por sobrecaleamiento.</li> <li>Control estricto de temperatura y tiempo de residencia.</li> <li>Exige materiales resistentes por condiciones severas.</li> </ul>
Separadores MP y BP (separación de fases)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminan gases residuales (<math>\text{NH}_3</math>, <math>\text{CO}_2</math>) y mejoran la calidad del líquido.</li> <li>Proceso físico: no cambia la composición química de la urea.</li> <li>Reducción escalonada de presión permite mejor recuperación y control.</li> <li>Reduce carga a etapas posteriores (evaporación/prilling).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Despresurización puede causar arrastre de líquido con los gases.</li> <li>Requiere equipos adicionales (más costo y espacio).</li> <li>Necesita control para evitar espumado o inestabilidad de fase.</li> <li>Si no es eficiente, quedan gases que afectan el producto final.</li> </ul>

<b>Torre de prilling (solidificación / granulación)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produce esferas uniformes fáciles de almacenar y transportar.</li> <li>• Mejor fluidez del producto (menos apelmazamiento que polvo fino).</li> <li>• Proceso continuo y sencillo para obtener sólido comercial.</li> <li>• Facilita el manejo industrial (empaque, fertilizantes).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede generar polvo y pérdidas si no hay buen control del aire.</li> <li>• Requiere control de temperatura del aire y altura de torre.</li> <li>• Puede haber aglomeración si la urea no enfriá correctamente.</li> <li>• Consumo energético en ventilación/enfriamiento y control ambiental.</li> </ul>
---	---	---

Nota: Esta tabla muestra las ventajas y desventajas del proceso Snamprogetti

3. **Proceso Toyo ACES21:** Es una tecnología japonesa de última generación. Como puedes ver en su esquema, es mucho más compacto porque integra el condensador y el reactor, reduciendo la altura de la planta.

*Imagen15. Proceso Toyo*



Fuente: (Kojima et al., n.d.)

En el proceso Toyo ACES21, la síntesis de la urea se realiza mediante un diseño compacto y eficiente que integra varias etapas en menos equipos. En el condensador vertical VSCC, el amoníaco y el dióxido de carbono se enfrián, se condensan y reaccionan parcialmente para formar carbamato de amonio, combinando cambios físicos y químicos.

El carbamato formado ingresa al reactor ACES21, donde bajo alta presión y temperaturas controladas (182–190 °C) se completa su deshidratación para producir urea y agua, minimizando la formación de subproductos.

Finalmente, el eyector de alta presión permite la recirculación del carbamato no convertido sin el uso de bombas, asegurando la eficiencia del proceso y reduciendo el consumo energético.

*Tabla7. Proceso Toyo ACES21 con su operación unitaria y sus cambios.*

Unidad	Operación Unitaria	Características y Cambios
VSCC (Condensador Vertical)	Absorción con Reacción	<b>Cambio:</b> Químico/Físico. Es una unidad híbrida donde el gas se vuelve líquido y ya empieza a formarse urea antes de entrar al reactor.
Reactor ACES21	Reacción Química	<b>Cambio:</b> Químico. Unidad de terminación de la síntesis. Opera a una temperatura óptima de 182-190°C.
Eyector de Alta Presión	Transporte de Fluidos	<b>Cambio:</b> Físico. Usa energía cinética para recircular el carbamato sin partes móviles (bombas).

*Nota:* Esta tabla es la versión moderna japonesa que simplifica los equipos dándonos a conocer sus operaciones unitarias, cambios físicos y químicos (Kojima et al., n.d.).

*Tabla8. Proceso Toyo ACES21 ventajas y desventajas*

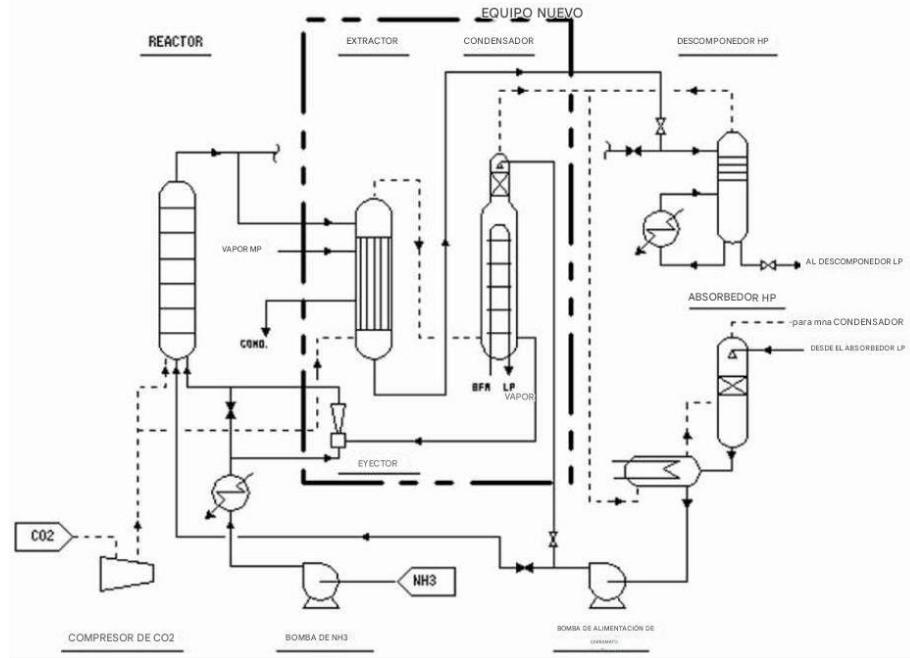
Ventajas	Desventajas
<b>Diseño Compacto:</b> Integra el condensador y el reactor, reduciendo la altura de las estructuras metálicas.	<b>Tecnología Propietaria:</b> Al ser un diseño muy específico, el mantenimiento requiere personal muy especializado.
<b>Bajo Costo de Inversión:</b> Al tener menos equipos y más pequeños, la construcción es más barata.	<b>Escalabilidad:</b> Aunque es excelente, en plantas extremadamente gigantes su diseño vertical puede ser un reto de ingeniería.
<b>Eficiencia Térmica:</b> El condensador vertical (VSCC) aprovecha al máximo el calor de la reacción.	<b>Arranque Complejo:</b> Iniciar la planta toma más tiempo debido a la integración de sus unidades principales.

*Nota:* Esta tabla muestra las ventajas y desventajas del proceso Toyo

### Proceso de Urea Casale (IDR)

Este diagrama muestra la tecnología de "Doble Reciclaje Isobárico". Es excelente para plantas que quieren producir una cantidad enorme de urea con el menor consumo de energía posible.

*Imagen16. Proceso de Urea Casale*



Fuente: (Kojima et al., n.d.)

El proceso de urea Casale se basa en la tecnología de Doble Reciclaje Isobárico (IDR), diseñada para maximizar la conversión y reducir el consumo energético. En el reactor Split-Flow, el amoníaco y el dióxido de carbono reaccionan a alta presión para formar carbamato de amonio, el cual se deshidrata parcialmente para producir urea y agua. La división del flujo permite un mejor control térmico y mayor rendimiento de reacción.

Posteriormente, la corriente pasa por dos strippers en serie, uno para eliminar el exceso de amoníaco y otro para retirar el dióxido de carbono no reaccionado. Estos gases se recuperan y se recirculan al reactor, aumentando la eficiencia global del proceso.

Finalmente, la solución de urea se envía al concentrador final, donde se elimina el agua restante mediante evaporación en varias etapas, obteniéndose urea de alta pureza lista para su solidificación.

*Tabla 9. Proceso de Urea Casale con su operación unitaria y sus cambios.*

Unidad	Operación Unitaria	Características y Cambios
Reactor Split-Flow	Reacción Química	<b>Cambio:</b> Químico. El flujo se divide para controlar mejor el calor de la reacción y maximizar el rendimiento.
Stripper de y	Doble Separación	<b>Cambio:</b> Físico/Químico. Son dos unidades de stripping en serie. Una elimina el exceso de amoníaco y la otra el de dióxido de carbono.

<b>Concentrador final</b>	<b>Evaporación de etapas múltiples</b>	<b>Cambio:</b> Físico. Logra una pureza de urea del 99.7% eliminando casi toda el agua.
---------------------------	--	---

*Nota: Esta tabla nos muestra este proceso que es famoso por su "Doble Reciclaje Isobárico" por eso nos muestra sus operaciones unitarias y sus características de cambios físicos y químicos (Kojima et al., n.d.).*

*Tabla 10. Desventajas y ventajas*

Ventajas	Desventajas
<b>Alta eficiencia energética:</b> El uso de CO <sub>2</sub> como agente de despojo reduce el consumo de vapor.	<b>Corrosión:</b> El ambiente químico es muy agresivo; requiere aceros inoxidables especiales y control estricto de oxígeno.
<b>Menos equipos:</b> Al reciclar a alta presión, se eliminan bombas y tanques de almacenamiento intermedios.	<b>Sensibilidad:</b> El reactor es muy sensible a las variaciones en la pureza del CO <sub>2</sub> de entrada.
<b>Bajo consumo de agua:</b> Requiere menos servicios auxiliares para enfriamiento.	<b>Costo de materiales:</b> Los materiales resistentes a la corrosión elevan la inversión inicial (CAPEX).

*Nota: Esta tabla muestra las ventajas y desventajas del proceso Urea Casale*

## 4. Aplicaciones

### 4.1 La urea en la agricultura

La urea es el fertilizante nitrogenado más usado en todo el mundo, cubriendo casi el 50% de lo que se aplica en los campos, ayudando a que las cosechas rindan más. Los gránulos al mojarse en la tierra se rompen rápido en amoníaco y dióxido de carbono, soltando el nitrógeno que las plantas devoran para crecer con fuerza. Y ese nitrógeno, bueno, es puro combustible vegetal: da vida a la clorofila, el sol lo convierte en energía mágica a través de la fotosíntesis, y arma los aminoácidos, los ladrillos que construyen proteínas robustas para raíces profundas, tallos firmes y hojas verdes.

Este compuesto sostiene la agricultura de hoy, sacando el máximo al nitrógeno, elevando cosechas y transformando, poco a poco, cómo llega la comida a nuestras vidas.

*Imagen 17. Urea en Agricultura*



*Fuente: Ilga importadora*

## 4.2 Urea en la cosmética

La urea se ha vuelto una estrella en el mundo de la cosmética y el cuidado de la piel, sobre todo por cómo hidrata y ayuda a desprender esas capas ásperas que tanto molestan. Lo que más enamora de la urea en dermatología es su don para atrapar la humedad. Al extenderla, crea un escudo delicado que frena la pérdida de agua, dejando la piel jugosa y tersa, especialmente en casos de sequedad extrema o escamas que duelen al tacto. Su lado queratolítico, deshace las proteínas endurecidas en la superficie. Esto marca la diferencia en problemas como la psoriasis, dermatitis o ictiosis. Con ese poder hidratante, exfoliante y reparador, la urea es utilizada desde cremas, pomadas y lociones para pieles que lo necesitan.

*Imagen18. Urea en la cosmética*



*Fuente: vicorva*

## 4.3 La urea en la industria médica

En los laboratorios y la investigación médica, la urea se ha vuelto indispensable, por sus cualidades bioquímicas, ya que a las proteínas las puede desnaturalizarlas, deshaciendo sus lazos invisibles que sostienen su forma tridimensional, la urea ayuda a desarmarlas con cuidado y ver cómo funcionan de verdad.

**En la biología molecular:** utilizadas en técnicas como la electroforesis en gel de poliacrilamida con urea, o PAGE-urea, separando ADN, ARN y complejos proteicos con mucha precisión, donde cada banda en el gel cuenta una historia vital sobre moléculas que sostienen la salud.

*Imagen19. Urea en medicina*



Fuente. (Dr.Nayeli, 2024)

#### 4.4 La urea en la industria textil, automotriz y química

En la industria textil, la urea actúa como ayudante de procesos de teñido y acabado, estabilizando todo con una suavidad que realmente se siente en el tacto final. Y en cuero suaviza piezas rígidas convirtiéndolas en algo flexible.

*Imagen20. Urea en Industria Textil*



*Fuente: nesodb*

La urea también sirve como materia prima para limpiar los gases de escape, en la industria automotriz. Se usa sobre todo en los sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR) de los motores diésel, inyectándose justo donde hace falta para transformar lo tóxico en algo inofensivo.

En esos sistemas SCR, la urea se rocía en el escape y reacciona con los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los convierte en nitrógeno simple y vapor de agua. Así, las emisiones caen en picada, reduciendo la contaminación ambiental.

Al meter urea en el SCR, los motores corren más suaves y eficientes, quemando menos combustible.

*Imagen21. Urea en la industria automotora*



*Fuente: auto avance*

En la industria química, la urea se siente como ese ingrediente mágico y confiable que da forma a tantas cosas que usamos a diario, desde resinas de urea-formaldehído que unen tableros de madera con firmeza hasta adhesivos que hacen que los muebles resistan el paso del tiempo, plásticos duraderos, melamina brillante para platos y hasta compuestos farmacéuticos que salvan vidas. No para ahí: se cuela en fluidos como el DEF o AdBlue para motores diésel, limpiando emisiones con un suspiro.

de alivio para el planeta, ayuda a fijar tintes en la textil para que los colores perduren con alegría, y hasta hidrata cremas que reconfortan pieles agrietadas. Es esa versatilidad humilde, más allá de los campos agrícolas, la que la hace tan especial, como un amigo multitarea que siempre está listo para echar una mano.

## 5. Impacto Ambiental

El uso excesivo de urea en la agricultura puede volverse un problema silencioso que hiere la tierra y el agua que todos compartimos, trayendo un peso tristeza de quienes aman el campo. Piensa en cómo esa lluvia de nitrógeno desmedida acidifica el suelo poco a poco, liberando aluminio tóxico que asfixia las raíces y arrastra calcio vital, dejando campos cansados que claman por equilibrio.

En los ríos y aguas subterráneas, el nitrógeno filtrado como un ladrón invisible provoca lixiviación de nitratos, contaminando pozos desatando eutrofización: algas voraces que roban oxígeno y matan peces.

Al mismo tiempo, el aire sufre con óxido nitroso ( $N_2O$ ), un gas de efecto invernadero ferozmente potente unas 300 veces peor que el  $CO_2$  que escapa del suelo, y amoníaco que hasta la mitad de la urea puede volatilizar, empañando el cielo con un velo invisible.

## 6. Ventajas y desventajas

*Tabla 11. Ventajas y desventajas de los enfoques que están en la tabla*

Enfoque	Ventajas	Desventajas
Químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto contenido de nitrógeno (<math>\approx 46\% N</math>).</li> <li>• Alta solubilidad en agua (fácil de preparar en soluciones).</li> <li>• Polar y con puentes de hidrógeno (buena interacción con agua y matrices).</li> <li>• Estable a temperatura ambiente (almacenamiento relativamente seguro).</li> <li>• Reactivo versátil (permite obtener derivados y resinas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se descompone con calor y puede formar subproductos (ej. biuret) y liberar <math>NH_3</math>.</li> <li>• Higroscópica (absorbe humedad y se apelmaza).</li> <li>• Síntesis industrial limitada por equilibrio químico (requiere reciclaje).</li> </ul>
Industria (producción y uso)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias primas accesibles (<math>NH_3</math> y <math>CO_2</math>) y producción masiva.</li> <li>• Bajo costo por unidad de nitrógeno comparado con otras fuentes.</li> <li>• Fácil transporte y almacenamiento como sólido (granulado/prill).</li> <li>• Uso amplio: fertilizantes, resinas, cosmética, farmacéutica, automotriz (AdBlue/DEF).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere control de temperatura y presión en planta (equipos complejos).</li> <li>• Puede causar corrosión o incrustaciones si hay humedad/impurezas.</li> <li>• Necesita separación y reciclaje (mayor inversión).</li> <li>• Manejo delicado por apelmazamiento (problemas logísticos).</li> </ul>

<b>Planeta y seres humanos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta producción agrícola (más alimentos).</li> <li>• Si se usa correctamente, mejora eficiencia del nitrógeno en cultivos.</li> <li>• En diésel (AdBlue/DEF) reduce emisiones de NOx (mejora calidad del aire).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso excesivo puede contaminar suelos y aguas (nitratos, eutrofización).</li> <li>• Emisiones de amoníaco y óxidos de nitrógeno (impacto ambiental).           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgos por inhalación de polvo/irritación durante el manejo.</li> <li>• Puede afectar ecosistemas acuáticos por exceso de nutrientes.</li> </ul> </li> </ul>
--------------------------------	--	---

industriales. Sin embargo, su uso requiere control y buenas prácticas para reducir impactos ambientales asociados al nitrógeno

## 7. Conclusiones

La urea es un compuesto orgánico fundamental cuya estructura tipo amida explica su elevada solubilidad, su capacidad de formar puentes de hidrógeno y su comportamiento químico general. Su producción industrial basada en NH<sub>3</sub> y CO<sub>2</sub> representa un ejemplo relevante de aplicación de principios de equilibrio químico, cinética y termodinámica, incorporando además sistemas de reciclaje de reactivos para aumentar el rendimiento.

Debido a sus propiedades y composición nitrogenada, la urea es ampliamente utilizada como fertilizante y como insumo en procesos

## 8. Bibliográficas

- Academia.Lab. (n.d.). *Ciclo de la Urea*. Academia.Lab. Retrieved Enero 12, 2026, from <https://academia-lab.com/encyclopedia/ciclo-de-la-urea/>
- Atkins, P., & Jones, L. (2014). *Chemical Principles* (6th ed.). W. H. Freeman.
- *Biology Insights*. (2025). *Is urea an organic or inorganic compound?* <https://biologyinsights.com/is-urea-an-organic-or-inorganic-compound/>
- Budavari, S. (2001). *The Merck Index* (13th ed.). Merck & Co.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2016). *Química* (12.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.
- Fertilizer Services. (n.d.). *Urea technology - Fertilizer Services*. Fertilizer Industrial Services. Retrieved January 12, 2026, from <https://fertilizer.services/urea/>
- Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (1997). *Chemistry of the Elements*. Butterworth-Heinemann.
- Housecroft, C. E., & Sharpe, A. G. (2018). *Inorganic Chemistry* (5th ed.). Pearson.

- Kojima, Y., Morikawa, H., & Machfudz, M. (n.d.). *Desarrollo del ACES*. Toyo Engineering Corporation. Retrieved Enero 12, 2026, from [https://www.toyo-eng.com/jp/en/products/petrochemical/urea/technical\\_paper/pdf/2000\\_Development\\_of\\_the\\_ACES%2021\\_Process.pdf](https://www.toyo-eng.com/jp/en/products/petrochemical/urea/technical_paper/pdf/2000_Development_of_the_ACES%2021_Process.pdf)
- Lide, D. R. (2005). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press.
- LibreTexts Español. (s. f.). 3.4: Enlace de hidrógeno. [https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Quimica/Qu%C3%ADmica\\_Inorg%C3%A1nica/Mapa%3A\\_Qu%C3%ADmica\\_Inorg%C3%A1nica\\_%28LibreTextos%29/03%3A\\_Teor%C3%ADa\\_Simple\\_de\\_Vinculaci%C3%B3n/3.04%3A\\_Enlace\\_de\\_hidr%C3%B3geno](https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Quimica/Qu%C3%ADmica_Inorg%C3%A1nica/Mapa%3A_Qu%C3%ADmica_Inorg%C3%A1nica_%28LibreTextos%29/03%3A_Teor%C3%ADa_Simple_de_Vinculaci%C3%B3n/3.04%3A_Enlace_de_hidr%C3%B3geno)
- Morrison, R. T., & Boyd, R. N. (2011). *Química Orgánica*. Pearson.
- Quimica.es. (2026). Resonancia (química). [https://www.quimica.es/enciclopedia/Resonancia\\_%28qu%C3%ADmica%29.html](https://www.quimica.es/enciclopedia/Resonancia_%28qu%C3%ADmica%29.html)
- Shutterstock. (2021). La urea, también conocida como carbamida [Video de stock]. <https://www.shutterstock.com/es/video/clip-1065007720-urea-known-carbamide-organic-compound-chemical-formula>
- Naser, M. (2024). Urea. ECHEM. <https://echem-eq.com/2024/06/05/urea/>
- PubChem <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. (2012). Wiley-VCH.
- Vedantu. (s. f.). Urea – structure, uses, and role in chemistry. <https://www.vedantu.com/chemistry/urea>
- Vintik, A. (2022). Molécula de urea o carbamida utilizada en fertilizantes y cosméticos; presente en la orina. Fórmula esquelética [Ilustración]. Dreamstime. <https://es.dreamstime.com/mol%C3%A9cula-de-urea-o-carbamida-utilizado-en-fertilizantes-cosm%C3%A9ticos-presentes-la-orina-f%C3%B3rmula-esquel%C3%A9tica-ilustraci%C3%B3n-image239579818>
- Yeast Metabolome Database. (2026). Urea (YMDB00003). <https://www.ymdb.ca/compounds/YMDB00003>
- Y7rick. (2024, Febrero 16). Retrieved Enero 12, 2026, from <https://maestrovirtuale.com/es/Fases-del-ciclo-de-la-urea%3A-caracter%C3%ADsticas-e-importancia/>
- Etimologías de Chile. (2026). Urea. <https://etimologias.dechile.net/?urea>
- Fertilizer Services. (2024). Urea technology – Fertilizer Services. <https://fertilizer.services/urea/>

- Kinne-Saffran, E., & Kinne, R. K. H. (1999). *Vitalism and synthesis of urea*. **American Journal of Nephrology**, 19(2), 290–294.  
<https://doi.org/10.1159/000013463>
-