

# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UREA

PROYECTO DE FIN DE GRADO

INGENIERÍA QUÍMICA

**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona

Enginyeria  
UAB

**UREALIT** NC(=O)N

Maria Barragán Bermúdez  
Roger Benavente Anguita  
Júlia Cazalla Fernández  
Marçal Tarrida Levy  
Arantxa Varo Pérez  
Sergi Vázquez Yáñez

**TUTOR:**

Rafael Bosch Palacios

Junio 2024

# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UREA

PROYECTO DE FIN DE GRADO

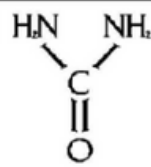
INGENIERÍA QUÍMICA

**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona

Enginyeria  
UAB

**UREALIT**



## CAPÍTULO 1

ESPECIFICACIONES  
DEL PROYECTO

## Índice

<b>1. Especificaciones del proyecto</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. Definición del proyecto</b> .....	<b>3</b>
1.1.1. Bases del proyecto .....	3
1.1.2. Alcance del proyecto.....	3
1.1.3. Localización de la planta.....	4
<b>1.2. Evaluación de las comunicaciones y accesibilidad a la planta</b> .....	<b>8</b>
1.2.1. Comunicación viaria.....	8
1.2.2. Comunicación ferroviaria .....	9
1.2.3. Comunicación aérea .....	10
1.2.4. Comunicación marítima .....	10
<b>1.3. Características de los compuestos implicados en el proceso</b> .....	<b>11</b>
1.3.1. Materias primas .....	11
1.3.2. Intermedios.....	14
1.3.3. Producto final de interés .....	15
1.3.4. Otros productos .....	16
<b>1.4. Proceso de producción</b> .....	<b>18</b>
1.4.1. Descripción general del proceso .....	18
1.4.2. Diagrama de bloques.....	23
1.4.3. Balance de materia .....	24
<b>1.5. Necesidades de servicio de planta</b> .....	<b>30</b>
1.5.1. Agua .....	30
1.5.2. Electricidad .....	31
1.5.3. Aire .....	31
1.5.4. Gas natural .....	31
<b>1.6. Constitución de la planta</b> .....	<b>32</b>
<b>1.7. Plantilla de trabajadores</b> .....	<b>33</b>
<b>1.8. Planificación temporal</b> .....	<b>34</b>

1.9. Bibliografía..... 36

## 1. Especificaciones del proyecto

En este capítulo se presentan las especificaciones que describirán el proyecto empleado, donde se recogerá la definición del proyecto, la localización de la planta, su producción y necesidades.

### 1.1. Definición del proyecto

El objetivo de este proyecto es diseñar una planta de producción en continuo de urea a partir de amoníaco líquido y dióxido de carbono gaseoso mediante el proceso de Stamicarbon Co<sub>2</sub>-stripping.

#### 1.1.1. Bases del proyecto

Sabiendo que el objetivo es el comentado anteriormente, hay que nombrar las especificaciones requeridas a la hora de diseñar dicha planta.

- **Capacidad de producción:** 1.200 toneladas al día de urea.
- **Presentación del producto:** Urea granulada para transportar en camiones de 30 toneladas.
- **Funcionamiento de la planta:** Se cuenta con un total 300 días al año de producción en la planta. Los días restantes al año se utilizarán para hacer la parada de la planta de producción y llevar a cabo su mantenimiento y su limpieza.
- **Localización geográfica:** UREALITY se ubica en una parcela del polígono industrial de "Gases Nobles", en el término municipal de El Prat de Llobregat. El diseño de la planta, la construcción y la edificación de ésta tienen que cumplir los límites establecidos por la normativa urbanística de la zona; así se podrá garantizar un correcto funcionamiento y su gestión de residuos.

Se debe incidir en que la capacidad de producción de UREALITY asciende a 1214,16 toneladas al día de urea granulada, cumpliéndose así el objetivo de producción nombrado anteriormente.

#### 1.1.2. Alcance del proyecto

El proyecto que diseñar de la planta de producción de urea granulada tendrá que considerar las siguientes partes para aceptar su finalización:

- Diseño de las unidades de almacenamiento de materias primas y de la estación de carga y descarga de los compuestos producidos en la producción.
- Diseño y especificación de todos los equipos del proceso y reacción para la producción del producto.
- Diseño, numeración y programación del sistema de control, instrumentación y automatismos necesarios para que la monitorización de la planta funcione correctamente.
- Diseño, numeración y especificación de tuberías, válvulas, bombas y accesorios necesarios.
- Diseño de almacenamiento del producto finalizado.
- Inclusión de áreas de servicios necesarios para dar alcance a toda la planta.
- Distribución de oficinas, laboratorios, vestuarios y baños.
- Distribución de áreas auxiliares (aparcamientos, controles de accesos, contra incendios, gestión de aguas y gases).
- Evaluación económica del proyecto, competencia del mercado y reflexión sobre el rendimiento y la viabilidad de la planta.
- Evaluación del impacto medioambiental (efluentes gaseosos, líquidos y residuos sólidos) y diseño del tratamiento de contaminantes para reducir los valores por debajo de los límites permitidos.
- Elaboración de un protocolo de puesta en marcha de la planta.
- Dimensionamiento en su totalidad de la planta y distribución del proceso en diagramas y planos.

### **1.1.3. Localización de la planta**

La planta se ubica en el término municipal de El Prat de Llobregat. El polígono industrial se llama "Gasos Nobles". La planta está en una parcela de este municipio delimitada por la Calle del Helio y del Argón, la Avenida del Neón y la del Criptón.

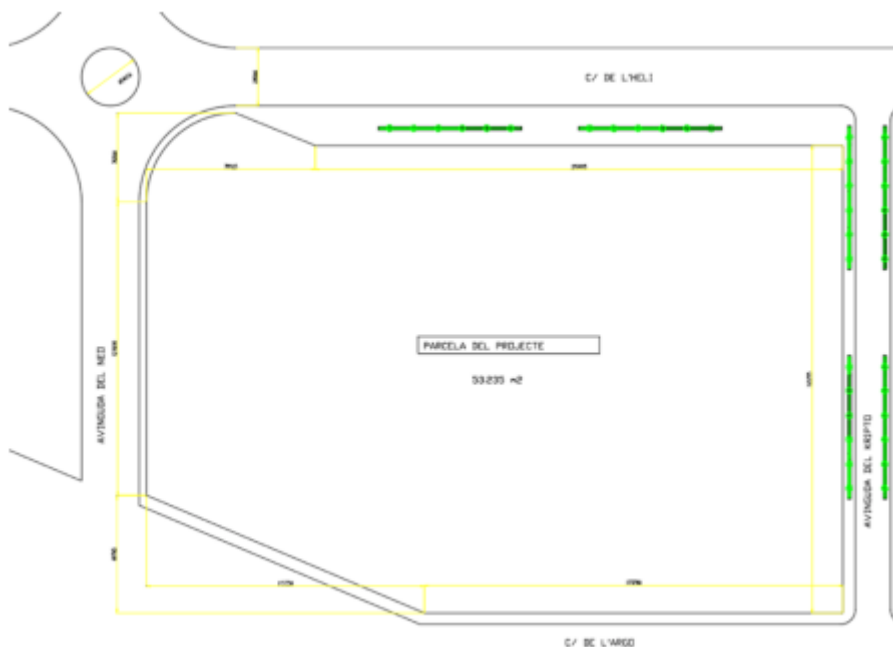
El Prat de Llobregat es un municipio español que se encuentra en la comarca del Bajo Llobregat en la provincia de Barcelona, comunidad autónoma de Cataluña; como se puede observar en la figura 1.1. La ciudad se encuentra a orillas del mar Mediterráneo y su término municipal, de una superficie de 31,40 km<sup>2</sup>, linda con los de Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Cornellá de Llobregat, San Baudilio de Llobregat y Viladecans. Cuenta con una población de 65.409 habitantes (dato del 2023).



*Figura 1.1. Localización de El Prat de Llobregat.*

**1.1.3.1. Parámetros de edificación de la planta y plano de la parcela**

La parcela donde se prevé edificar la planta de producción de urea tiene una superficie de 53.235 m<sup>2</sup> como se puede apreciar en la figura 1.2.



*Figura 1.2. Plano de la parcela.*

Las restricciones obligatorias sobre la normativa urbanística se respetan conforme se anexan a continuación en la tabla 1.1:

**Tabla 1.1.** Restricciones obligatorias de la parcela.

<b>Edificabilidad</b>	1,5 m <sup>2</sup> de techo/m <sup>2</sup> de suelo
<b>Ocupación máxima de la parcela</b>	75%
<b>Ocupación mínima de la parcela</b>	20% de la superficie de ocupación máxima
<b>Retranqueos</b>	5m a viales y vecinos
<b>Altura máxima</b>	16m y 3 plantas excepto en producción justificando la necesidad por el proceso
<b>Altura mínima</b>	4m y 1 planta
<b>Aparcamientos</b>	1 plaza/150 m <sup>2</sup> construidos
<b>Distancia entre edificios</b>	1/3 del edificio más alto con un mínimo de 5m

Entonces, la parte edificable de la parcela en este caso constará de un 75% de la superficie total de la parcela, por lo tanto, será de un valor de 39.926,25 m<sup>2</sup>.

### 1.1.3.2. Servicios disponibles a planta

Para poder llevar a cabo correctamente la funcionalidad de la planta y de su producción se requieren los siguientes servicios representados en la tabla 1.2. La normativa del polígono industrial especifica las distancias requeridas para cada servicio.

**Tabla 1.2.** Servicios disponibles a planta

<b>Energía eléctrica</b>	Conexión desde la línea de 20 kV a pie de la parcela, es necesario prever una estación transformadora (espacio ya delimitado en el plano)
<b>Gas natural</b>	Conexión a pie de parcela a media presión (1,5 kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Alcantarillado</b>	Red unitaria en el centro de la calle a una profundidad de 3,5 m (diámetro del colector de 800 mm)
<b>Agua de incendios</b>	La máxima presión es de 4 kg/cm <sup>2</sup> , es necesario diseñar una estación de bombeo y reserva de agua
<b>Agua de red</b>	Acometida a pie de parcela a 4 kg/cm <sup>2</sup> con un diámetro de 200 mm
<b>Terreno</b>	Resistencia de terreno a 2 kg/cm <sup>2</sup> a 1,5 m de profundidad sobre gravas.



### **1.1.3.3. Características del medio físico**

En este apartado se hablará de las características geográficas y climáticas del territorio para la toma de decisiones durante el diseño y construcción de la planta de producción. Se enfatiza la importancia de conocer el terreno para evitar inconvenientes y cumplir con la normativa vigente.

#### **1.1.3.3.1. Climatología**

El Prat de Llobregat tiene un clima templado, con veranos cortos, cálidos y secos e inviernos largos, fríos y nublados, con otoños lluviosos. Teniendo una temperatura media de 15.8 °C.

#### **1.1.3.3.2. Viento**

El viento en El Prat de Llobregat es muy poco variable, con una velocidad de 12.70 km/h entre los meses de octubre y abril y una velocidad de 11.10 km/h durante los meses de mayo y septiembre.

#### **1.1.3.3.3. Geología y geomorfología**

No existe ninguna explotación minera. En cambio, hay canteras en actividad que explotan las calizas y margas cretáceas en Vallcarcá, para la obtención de cemento, y en los alrededores de Castelldefels, como balasto y materiales de construcción. También se explotan las areniscas del delta del Llobregat con la misma finalidad.

Las aguas subterráneas del delta del Llobregat son objeto de activa explotación para su utilización en las industrias allí instaladas y para el abastecimiento de agua a Barcelona.

#### **1.1.3.3.4. Sismología**

Desde el Instituto Cartográfico y Geológico de Cataluña, la zona del Bajo Llobregat no ha superado el valor de 2,20 de la escala de Richter. Esto quiere decir, que como es menor al valor de 3 en la escala de Richter los sismos provocados son inapreciables.

## **1.2. Evaluación de las comunicaciones y accesibilidad a la planta**

Este apartado es muy importante a la hora de situar la planta. La comunicación con los proveedores, así como el transporte y la comercialización del producto generado, son elementos significativos que afectan tanto a la economía como al tiempo. Tener una buena comunicación es muy importante, el acceso es primordial a la hora de poder distribuir correctamente el producto.

Seguidamente se presentan las principales infraestructuras de transporte cercanas a la planta.

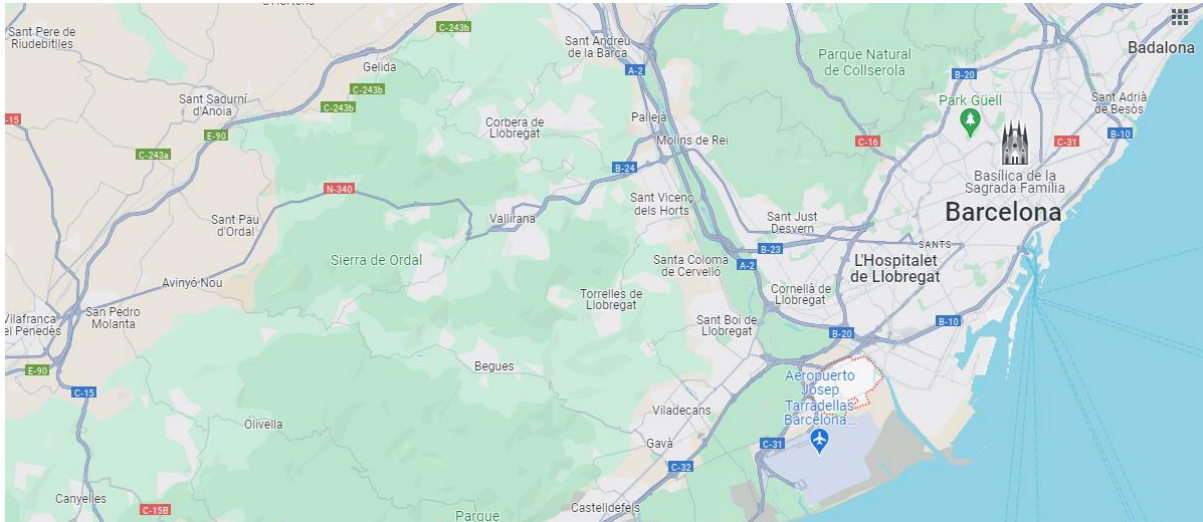
### **1.2.1. Comunicación viaria**

El Prat de Llobregat está comunicado gracias a las carreteras comarcales C-31, C-31c, C-32, C-58, B-10, B-22 (como se observa en la figura 1.3) de las cuales se puede acceder a raíz de la autovía A-2, una de las seis autovías radiales de España que comunica Madrid con Barcelona pasando por Guadalajara, Zaragoza y Lérida.

Por lo que hace la comunicación con España, El Prat de Llobregat está comunicado también gracias a las autopistas AP-2 con origen en Madrid, la cual permite una comunicación directa con la capital de España; AP-7 que comunica toda la costa mediterránea española desde la frontera con Francia hasta Guadiaro.

Además de las autovías A-3 que es una de las seis autovías radiales de España uniendo Madrid y la Comunidad Valenciana; A-4 otra de las seis autovías radiales de España uniendo las ciudades de Madrid, Córdoba, Sevilla y Cádiz; que éstas son comunicadas con otras vías para poder llegar a El Prat de Llobregat.

También tiene acceso a otras carreteras como la nacional N-340 que es la carretera más larga de España, la cual une Cádiz con Barcelona por la zona costera y ésta pasa por 10 provincias diferentes.



**Figura 1.3.** Comunicación viaria de El Prat de Llobregat.

### 1.2.2. Comunicación ferroviaria

La estructura de la red de transporte de mercancías en el área metropolitana se compone de dos ejes principales: el eje Mediterráneo y el eje del Ebro que confluyen en el tramo Tarragona-Barcelona-Gerona-Francia representado en la figura 1.4. Es necesario mejorar el transporte ferroviario para equilibrar la situación, en la que el transporte de mercancías por carretera representa la mayoría (93,20%) frente al transporte ferroviario (6,80%). Este reequilibrio es necesario para mantener un crecimiento económico sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Actualmente, se pueden transportar mercancías por ancho europeo desde el puerto de Barcelona hasta Francia, pero siguen sin resolverse las conexiones con Tarragona, Castellón, Valencia y el sur de España. Además, aún queda por completar el ferrocarril de mercancías con dos actuaciones importantes: el acceso ferroviario definitivo a la ampliación sur del puerto de Barcelona y las estaciones de mercancías en el antiguo cauce del Llobregat.



*Figura 1.4. Corredor mediterráneo.*

### 1.2.3. Comunicación aérea

El Aeropuerto Josep Tarradellas Barcelona – El Prat es un aeropuerto español. Se encuentra a 15 km al suroeste del centro de Barcelona y a 3 km del puerto de Barcelona, entre los términos municipales de El Prat de Llobregat, Viladecans y San Baudilio de Llobregat a una altura de cuatro metros sobre el nivel promedio del mar.

Este aeropuerto tiene un gran volumen de mercaderías transportadas anualmente y ofrece muchas rutas internacionales. Las compañías de transporte de carga más importantes son Emirates Sky Cargo, FedEx Express, MNG Airlines, Swiftair i UPS Airlines.

### 1.2.4. Comunicación marítima

El Puerto de Barcelona es un puerto marítimo español, situado en el noreste de la península ibérica junto al Mar Mediterráneo, encajado entre la nueva desembocadura del río Llobregat y el barrio de La Barceloneta.

Es el más grande de Cataluña, situado a 18 km de El Prat de Llobregat. Tiene áreas adaptadas para cargas específicas, comerciales e industriales y una ubicación óptima para dirigir lo que reciben desde diversos puertos y rutas marítimas para los diferentes polígonos industriales europeos.

El segundo Plan estratégico del puerto (2003-2015) apuesta por convertirlo en el principal punto de estrada de pasajeros y mercancías del sur de Europa. Con esta finalidad se trabaja intensamente en la ampliación de la zona de actividades logísticas (ZAL) y en la mejora de la conectividad ferroviaria que, a través del corredor mediterráneo, debe facilitar la penetración de las mercancías portuarias hasta los mercados europeos.

### 1.3. Características de los compuestos implicados en el proceso

Seguidamente se caracterizarán y describirán los compuestos implicados en la producción de urea y se nombrarán sus propiedades físicas.

#### 1.3.1. Materias primas

##### 1.3.1.1. Amoniaco

El amoniaco es un compuesto químico de nitrógeno con la fórmula química  $\text{NH}_3$ . Es un gas incoloro con un característico olor repulsivo. Éste contribuye significativamente a las necesidades nutricionales de los organismos terrestres por ser un precursor de fertilizantes.

En la planta nos llega amoniaco líquido, el cual posee fuertes fuerzas ionizantes reflejando su alta constante dieléctrica.

*Tabla 1.3. Propiedades físicas del amoniaco (condiciones estándares)<sup>[5]</sup>*

<b>Fórmula</b>	$\text{NH}_3$
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	17,021
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	0,723
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-77,70
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	-33
<b>Presión crítica (atm)</b>	111,52
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	132
<b>Presión de vapor a 20°C (bar)</b>	8,5737
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	651

Los riesgos del amoniaco son:

- **Ingestión:** incluyen náuseas y vómitos, daño a los labios, boca y esófago.
- **Inhalación de los vapores:** extremadamente irritantes y corrosivos.
- **Contacto cutáneo:** quemaduras severas y necrosis.

- **Oculares:** daños permanentes, incluso en cantidades pequeñas.

### 1.3.1.2. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un compuesto de carbono y oxígeno con la fórmula CO<sub>2</sub>. Existe como gas incoloro en condiciones de temperatura y presión estándar.

Es un material industrial versátil usado, por ejemplo, como un gas inerte en soldadura y extintores de incendio, entre otros muchos.

En la planta nos llega dióxido de carbono gaseoso.

*Tabla 1.4. Propiedades físicas del dióxido de carbono (condiciones estándares)<sup>[6]</sup>.*

<b>Fórmula</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	44,01
<b>Densidad (kg/m3)</b>	1,80
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-56,60
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	-88,10
<b>Presión crítica (atm)</b>	72,83
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	31
<b>Presión de vapor a 20°C (bar)</b>	57,30
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	-

Los riesgos del dióxido de carbono son:

- **Ingestión:** puede causar irritación, náuseas, vómitos y hemorragias en el tracto digestivo.
- **Inhalación:** produce asfixia, causa hiperventilación. La exposición a largo plazo es peligrosa. Asfixiante a grandes concentraciones.
- **Contacto cutáneo:** en estado líquido puede producir congelación.
- **Ocular:** en estado líquido puede producir congelación.

### 1.3.1.3. Ácido sulfúrico

Es un compuesto químico extremadamente corrosivo. Es el compuesto químico que más se produce en el mundo. Una gran parte se emplea en la obtención de fertilizantes, aunque también se usa para la síntesis de otros ácidos y sulfatos.

En la planta llegará el ácido sulfúrico en camiones para así poder utilizarlo.

*Tabla 1.5. Propiedades físicas del ácido sulfúrico (condiciones estándares) [3].*

<b>Fórmula</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	98,08
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1840
<b>Punto de fusión (°C)</b>	10
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	337
<b>Presión crítica (atm)</b>	-
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	-
<b>Presión de vapor a 20°C (bar)</b>	0,0013
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	-

Los riesgos del ácido sulfúrico son:

- **Ingestión:** irritación de garganta, erosión dental, estomatitis, puede destruir la mucosa gástrica y debilitar las paredes del estómago.
- **Inhalación:** irritación de nariz, bronquitis, enfisema y edema pulmonar.
- **Contacto cutáneo:** irritación, quemaduras de segundo grado y dermatitis.
- **Ocular:** irritación, quemaduras y conjuntivitis.

#### 1.3.1.4. Formaldehído

También llamado metanal, es un compuesto químico altamente volátil y muy inflamable. Es uno de los compuestos orgánicos básicos más importantes de la industria química. Se utiliza en la producción de diversos productos, desde medicamentos u otros compuestos químicos, como conservante en la formulación de algunos cosméticos y productos de higiene personal.

En la planta llegará formaldehído en camiones para su utilización en el proceso.

*Tabla 1.6. Propiedades físicas del formaldehído (condiciones estándares) [7].*

<b>Fórmula</b>	CH <sub>2</sub> O
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	30,02
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	820
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-92
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	-19
<b>Presión crítica (atm)</b>	-
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	-

Presión de vapor a 20°C (bar)	-
Temperatura de autoignición (°C)	430

Los riesgos del formaldehído son:

- **Ingestión:** irritación, quemaduras.
- **Inhalación:** irritación de vías respiratorias, quemaduras.
- **Contacto cutáneo:** irritación, quemaduras.
- **Ocular:** irritación, quemaduras.

### 1.3.2. Intermedios

#### 1.3.2.1. Carbamato de amonio

El carbamato de amonio es un compuesto químico de fórmula  $[\text{NH}_4][\text{H}_2\text{NCO}_2]$ . Es un sólido blanco muy soluble en agua y menos en alcohol. El carbamato de amonio en este caso se forma por la reacción exotérmica de amoníaco con dióxido de carbono. Es un producto intermedio en la síntesis industrial de urea.

*Tabla 1.7. Propiedades físicas del carbamato de amonio (condiciones estándares)<sup>[5]</sup>.*

Fórmula	$[\text{NH}_4][\text{H}_2\text{NCO}_2]$
Peso molecular (g/mol)	78,07
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1600
Punto de fusión (°C)	150
Punto de ebullición (°C)	-
Presión crítica (atm)	-
Temperatura crítica (°C)	-
Presión de vapor a 20°C (bar)	0,08234
Temperatura de autoignición (°C)	-

Los riesgos del carbamato de amonio son:

- **Inhalación:** irritación de nariz, garganta y pulmones, causando tos o falta de aire.
- **Contacto cutáneo:** puede irritar la piel, causando enrojecimiento.
- **Ocular:** puede irritar los ojos, causando enrojecimiento y lagrimeo.



### 1.3.3. Producto final de interés

La urea o también conocida como carbamida es un compuesto químico de fórmula  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . En su uso industrial, la urea es producida a partir de amoníaco sintético y dióxido de carbono, formando estos el carbamato de amonio y después formándose la urea.

La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, puede absorber agua de la atmósfera y tiene un ligero olor a amoníaco. Comercialmente la urea se presenta en pellets, gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la finalidad de la aplicación.

En la planta, el producto final de interés tiene que ser granulada.

*Tabla 1.8. Propiedades físicas de la urea (condiciones estándares) [9].*

<b>Fórmula</b>	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	60
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	768
<b>Punto de fusión (°C)</b>	132,70
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	-
<b>Presión crítica (atm)</b>	-
<b>Temperatura crítica (°C)</b>	-
<b>Presión de vapor a 20°C (bar)</b>	-
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	-

Los riesgos de la urea son:

- **Inhalación:** irrita el tracto respiratorio.
- **Contacto cutáneo:** irrita la piel. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.
- **Ocular:** irrita los ojos.

#### 1.3.3.1. Usos de la urea

##### 1.3.3.1.1. Fertilizante

El 90% de la urea producida se emplea como fertilizante. Se aplica al suelo y aporta nitrógeno a la planta. La urea con bajo contenido de biuret (menos del 0,03%) también se utiliza como fertilizante foliar. Es soluble en agua y se aplica en las hojas de plantas, especialmente de árboles frutales y cítricos, porque como fertilizante aporta altos niveles de nitrógeno, necesario para el metabolismo de las sustancias vegetales porque se une directamente con

tallos y hojas, que absorben la luz para la fotosíntesis. El nitrógeno también está en vitaminas y proteínas, y está relacionado con el contenido proteico de los cereales.

El grano se aplica al suelo, el cuál debe estar bien trabajado y ser rico en bacterias. La aplicación puede darse en el momento de la siembra o antes. El grano se hidroliza y se descompone.

### 1.3.3.1.2. Fertilización foliar

Es una práctica antigua, pero se aplican cantidades relativamente pequeñas en relación con las de suelo, en particular de macronutrientes. Sin embargo, varios antecedentes internacionales demuestran que el empleo de urea bajo de biuret permite reducir la dosis de fertilizantes aplicados al suelo, sin pérdida de rendimiento, tamaño y calidad de fruta.

### 1.3.3.1.3. Industria química y plástica

Se encuentra presente en adhesivos, plásticos, resinas, tintas, productos farmacéuticos y acabados para productos textiles, papel y metales.

## 1.3.4. Otros productos

### 1.3.4.1. Biuret

Es un compuesto que resulta tóxico para las plantas en concentraciones elevadas, ya sea mediante su aplicación foliar o vía suelo. Aplicar urea con elevadas concentraciones de biuret cerca de las semillas causa toxicidad durante la germinación de las plantas, aunque también en cierto grado la toxicidad puede deberse a la liberación de  $\text{NH}_3$ , proveniente de la hidrólisis de la urea.

Como regla general se recomienda, no aplicar ureas al suelo con más de 2% de biuret. Actualmente la urea se elabora con contenidos de alrededor del 1 al 1,30%

**Tabla 1.9.** Propiedades físicas del biuret (condiciones estándares) <sup>[14]</sup>.

<b>Fórmula</b>	$\text{C}_2\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_2$
<b>Peso molecular (g/mol)</b>	103,10
<b>Densidad (kg/m3)</b>	1460
<b>Punto de fusión (°C)</b>	188
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	-
<b>Presión crítica (atm)</b>	-

Temperatura crítica (°C)	-
Presión de vapor a 20°C (bar)	-
Temperatura de autoignición (°C)	-

Los riesgos del biuret son:

- **Inhalación:** irritación de las vías respiratorias.
- **Contacto cutáneo:** irritación de la piel.
- **Ocular:** irritación de los ojos.

### 1.3.4.2. Sulfato de amonio

Es un fertilizante muy utilizado en cultivos ya que su nitrógeno permanece más tiempo en el suelo. Se utiliza también para el tratamiento de aguas y como un reactivo en biología molecular para precipitar proteínas solubles.

UREALITY ha implementado su venta para conllevar a evitar emisiones y poder así tener un mayor beneficio en la venta de productos.

*Tabla 1.10. Propiedades físicas del sulfato de amonio (condiciones estándares)<sup>[8]</sup>.*

Fórmula	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Peso molecular (g/mol)	132,14
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1769
Punto de fusión (°C)	230
Punto de ebullición (°C)	-
Presión crítica (atm)	-
Temperatura crítica (°C)	-
Presión de vapor a 20°C (bar)	-
Temperatura de autoignición (°C)	-

Los riesgos del sulfato de amonio son:

- **Ingestión:** provoca diarrea y vómitos.
- **Inhalación:** irritación de las vías respiratorias.
- **Contacto cutáneo:** irritación de la piel.

## 1.4. Proceso de producción

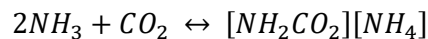
### 1.4.1. Descripción general del proceso

El proceso Stamicarbon es un método ampliamente utilizado para la producción de urea granulada y es el método que se utilizará en la planta.

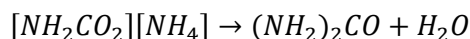
Primeramente, el proceso comienza con la síntesis de urea líquida que se logra mediante la reacción química entre amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a aproximadamente 180 °C de temperatura y 140 bares de presión. La reacción química entre el amoníaco y el dióxido de carbono para formar urea sucede en dos pasos, un primero donde los reactivos forman carbamato de amonio y liberan calor, y un segundo paso donde el carbamato de amonio absorbiendo calor se convierte urea y agua.

Las reacciones consisten en:

La formación de carbamato de amonio gracias al amoníaco y al dióxido de carbono.



La formación de urea haciendo que el carbamato de amonio condense.



Además, existe la reacción indeseada de formación de biuret partiendo de la urea ya formada, cuando esta se encuentra a temperatura altas, también endotérmica.



Segundamente, se necesitan procesos de separación para separar los reactivos o intermedios que no han reaccionado, ya que en la reacción de urea solo se consigue alrededor de un 60% de formación. Y posteriormente, procesos de separación de la urea y agua para que la concentración de urea sea la deseada para la granulación.

Además, se destina una parte de la planta en absorber para que las emisiones de dióxido de carbono y amoníaco sean mínimas y así después recircular los reactivos a la parte de síntesis de la urea. También se incluye una sección en la planta donde se separa el agua de los reactivos para la recirculación de estos y que el agua que salga tenga el mínimo contenido en amoníaco.

Finalmente, la solución de urea concentrada se introduce en un granulador de lecho fluidizado, donde se forma en gránulos sólidos. El granulador extruye la solución a través de las boquillas para formar gránulos, que luego se solidifican al entrar en contacto con el aire.

Los gránulos de urea se clasifican según su tamaño utilizando cribas vibratorias. Los que tengan el tamaño correcto, se clasifican y se almacenan en silos para su distribución.

#### **1.4.1.1. Descripción detallada del proceso**

El proceso escogido para la base del diseño de la planta de urea es el de la referencia<sup>[1]</sup> y como ya se ha mencionado antes el proceso tiene una sección de síntesis, una de separación, recirculación y concentración, una de tratamiento de gases, una de tratamiento de agua y una de granulación.

En la sección de síntesis, como indica su nombre, es donde se forma la urea y se podrían incluir todos los equipos que trabajan a alta presión, aproximadamente 140 bares. Dependiendo de la cantidad de urea a producir, existe dos variantes de reactores, una donde la reacción de formación de carbamato y la de la urea se realizan en dos equipos distintos, la primera reacción sucedería en un equipo llamado “*Pool Condenser*”, donde el amoníaco y el dióxido de carbono condensarían para formar el carbamato que posteriormente entraría al otro equipo, un reactor vertical de columna y platos donde se formaría la urea. Esta combinación Stamicarbon la utiliza en plantas donde la producción es mayor a 2300 toneladas hora. Para plantas con menor capacidad de producción, como la nuestra (1200 tpd) se utiliza un equipo llamado “*Pool Reactor*” donde las dos reacciones suceden en el mismo equipo. En el reactor se necesita un sistema de refrigeración, ya que la reacción de formación de carbamato es muy exotérmica, y se suele hacer con agua a baja presión que se evapora que se usa como líquido calefactor en las otras secciones.

Además, en la sección de síntesis hay dos equipos que acompañan al reactor para atrapar y recircular los restos de reactivos e intermedios que no hayan reaccionado, ya sea por absorción/desorción o descomponiendo y recirculando en fase gas.

El primer de los dos equipos de alta presión que acompaña al reactor es el *Stripper*. En diferentes procesos existe diferentes tipos de *Stripper*, ya sea térmico de amoníaco o de CO<sub>2</sub>, como es en nuestro caso. En este equipo entra la fase líquida del reactor para que mediante calor y el propio corriente de entrada de dióxido de carbono se produzca la descomposición del carbamato y se arrastre amoníaco y CO<sub>2</sub> de vuelta al reactor.

El segundo equipo es un *Scrubber* de alta presión, donde entran los vapores sobrantes del reactor, para ser absorbidos tanto por el caudal de recirculación de carbamato como el caudal de entrada de amoníaco y así recircularlos al reactor, además para estas cantidades de producción se puede utilizar una variante del *Scrubber* donde al entrar el amoníaco en este equipo, se consigue recircular hacia el reactor por gravedad, sin la necesidad de un eyector.

Después del *Stripper* si se sigue el flujo de la urea se encuentra una columna de separación a baja presión (5 bares) donde mediante la descompresión y calentamiento de la solución se consigue descomponer la mayoría del carbamato en dióxido de carbono y amoníaco. Y a su vez se separa estos componentes de la solución de agua y urea, para que así puedan ser recirculados.

Para conseguir la recirculación del amoníaco y el dióxido de carbono en fase gas que salen de la columna de separación, este corriente se junta con el de amoníaco y CO<sub>2</sub> proveniente de la zona del tratamiento de aguas, y mediante un condensador de carbamato de baja presión la mayoría de los reactivos forman el intermedio para ser recirculado hacia el *Scrubber* de alta presión, mientras los gases sobrantes van a la sección de tratamiento de gases.

Siguiendo con la solución de urea y agua que sale por colas de la columna de destilación esta se hace pasar por un tanque *flash* con tal de aprovechar la última bajada de presión para descomponer los últimos restos de carbamato y empezar a separar el agua de la urea, debido a que el agua es más volátil.

Seguido la solución de urea entra en un conjunto de evaporadores de vacío donde mediante el juego de temperatura y presión se consigue concentrar la urea para que esta pueda ser granulada. Mientras que los gases a presión subatmosférica se impulsan mediante eyectores contra un condensador para después tratar el agua con restos de amoníaco y urea. Del condensador los gases no condensables son dirigidos a los absorbedores del tratamiento de gases.

En la parte de tratamiento de gases existen 3 absorbedores, el absorbedor de baja presión donde los gases del *Scrubber* son absorbidos por un corriente de agua, que es utilizado en el absorbedor atmosférico para absorber el amoníaco vapor proveniente del condensador de carbamato y del condensador del *flash* y evaporadores. De los gases que no se han podido retener en los dos absorbedores se envían a un tercer *Scrubber* ácido donde mediante ácido sulfúrico y agua se convierte el amoníaco gas sobrante en sulfato de amonio, que se puede revalorizar como otro producto, dejando una salida con dióxido de carbono.

Las aguas restantes del absorbedor atmosférico y del condensador deben tratarse por su contenido en amoníaco y urea. Para ello se usa un conjunto de desorbedores e hidrolizador donde se busca separa el amoníaco y dióxido de carbono del agua, mediante desorción con vapor de agua y con el hidrolizador realizando la hidrolisis de la urea alta temperatura para conseguir convertirla de nuevo en dióxido de carbono y amoníaco. Para la recirculación por

motivos de rendimientos en nuestro proceso se obvia el condensador del conjunto de desorbedores para hacer la recirculación en fase gas.

Finalmente, cuando se tiene la urea ya concentrada esta es enviada a los equipos que harán su granulación, donde se toma en cuenta la referencia [2]. El granulador es uno de lecho fluidizado que necesita el aporte de formaldehído, para retrasar la formación de cristales y así conseguir que la granulación sea fructífera, y también 3 tipos de corriente de aire, uno caliente que se usa para atomizar la urea, otro caliente que fluidifica el lecho y es donde se van formando los gránulos y un último que fluidifica el lecho, pero enfriando los gránulos. Después esos gránulos son transportados a un tamiz donde se separan los que no tengan el tamaño adecuado, triturando aquellos que tengan un tamaño superior y recirculándolos hacia el granulador donde funcionarán como núcleos de cristalización. Después del tamaño correcto del tamiz se sitúa un enfriador para enfriar los gránulos de urea con el tamaño correcto que ya serán nuestro producto final.

Para evitar las emisiones de urea o vapores de amoníaco se utiliza un conjunto de *Scrubber* de polvo que mediante agua que se recircula, capta la urea y agua arrastrados por el aire de la granulación, y los envía a un evaporador donde la urea se separa del agua para ser recirculada al granulador y un condensador donde los restos de agua son condensados para ser recirculados al evaporador o expulsados del proceso.

### 1.4.1.2. Abreviaturas

Las abreviaturas de los equipos principales que se muestran en el diagrama de bloques utilizados en el proceso de las referencias [1][2] se especifican en la siguiente tabla y así se puedan identificar correctamente los diferentes equipos que conforman la planta de producción.

**Tabla 1.11.** Nomenclatura de los equipos de la planta.

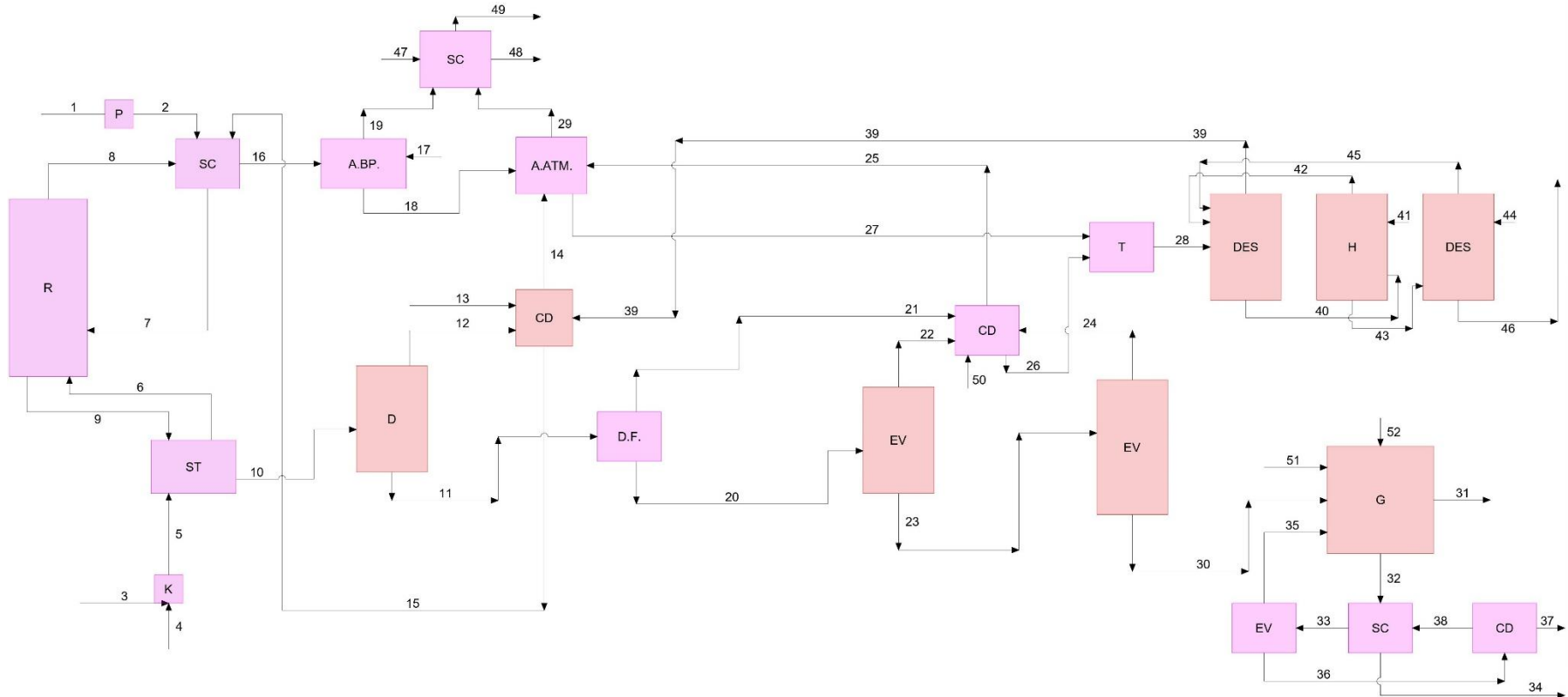
Término	Nomenclatura
Tanque pulmón	T
Compresor	K
Bombas	P
Pool Reactor	R
Scrubber	SC
Stripper	ST
Columna de rectificación	D



Destilación flash	DF
Condensador	CD
Absorbedor	A
Pre-Evaporador	EV
Evaporador	EV
Desorbedor	DS
Hidrolizador	H
Granulador	G



**1.4.2. Diagrama de bloques**



*Figura 1.5. Diagrama de bloques de UREALITY.*

**1.4.3. Balance de materia**

Para llevar a cabo correctamente la producción de urea, se debe realizar el balance de materia de todas las partes del proceso de UREALITY, a continuación, se muestra en la tabla 1.12. el balance de materia de la planta de producción.

Tabla 1.12. Balance de materia de UREALITY (parte 1 de 5).

Nº de corriente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10'
Temperatura (°C)	16,00	95,00	16,00	16,00	143,40	186,50	160,80	177,00	185,00	171,00	113,00
Presión (bar)	20,00	142,00	1,50	1,01	142,00	141,00	141,00	141,00	141,00	141,00	5,00
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	611,60	494,00	18,31	1,22	177,70	99,51	588,20	69,72	820,50	948,20	
Viscosidad (cP)	0,14	0,05	0,01	0,02	0,03	0,02	0,21	0,02	0,50	0,56	
Fase	Líquida	Líquida	Gas	Gas	Gas	Gas	Líquida	Gas	Líquida	Líquida	Mixta
Caudal total (kmol/h)	1694,93	1694,93	852,10	38,83	890,93	3382,17	2926,82	541,52	4246,90	2488,58	2488,58
Caudal total (m <sup>3</sup> /h)	47,20	58,43	2048,06	922,13	217,36	915,34	113,71	143,64	180,62	100,97	94,70
Amoniaco (ton/h)	28,87	28,87	0,00	0,00	0,00	33,62	37,25	8,35	21,48	0,34	0,34
Dióxido de carbono (ton/h)	0,00	0,00	37,50	0,00	37,50	53,63	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00
Urea (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,32	53,32	53,32
Carbamato (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,20	0,00	46,14	17,53	17,53
Agua (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,71	8,43	0,00	27,12	24,41	24,41
Biuret (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14
Aire (ton/h)	0,00	0,00	0,00	1,13	1,13	1,13	0,00	1,13	0,00	0,00	0,00
Ácido sulfúrico (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Formaldehído (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfato de amonio (ton/h)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 1.12. Balance de materia de UREALITY (parte 2 de 5).

11	11'	12	13	14	15	15'	16	16'	17	18	19	20	21
124,60	98,74	95,75	44,00	85,00	84,96	90,23	145,00	145,00	44,00	52,02	44,11	98,75	98,75
4,10	1,20	4,10	4,20	4,00	4,00	141,00	141,00	4,20	4,20	4,00	4,00	1,20	1,20
1000,00		3,31	993,00	911,30	910,20	911,30	112,70	3,36	993,00	975,50	4,58	1037,00	0,73
0,31		0,01	0,60	14,12	15,27	14,12	0,02	0,02	0,60	0,54	0,02	0,37	0,01
Líquida	Mixta	Gas	Líquida	Gas	Líquida	Líquida	Gas	Gas	Líquida	Líquida	Gas	Líquida	Gas
2128,84	2128,84	804,14	149,88	17,47	762,27	762,27	53,72	53,72	555,10	565,12	43,70	1972,06	160,70
75,83	73,19	6015,15	2,72	129,87	32,40	32,36	13,16	442,06	10,07	10,43	286,57	70,20	4157,68
0,79	0,79	7,12	0,00	0,23	0,53	0,53	0,19	0,19	0,00	0,19	0,00	0,17	0,70
0,00	0,00	9,79	0,00	0,08	0,04	0,04	0,17	0,17	0,00	0,00	0,17	0,00	0,10
53,24	53,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,09	0,00
0,18	0,18	0,08	0,00	0,00	20,49	20,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
21,48	21,48	2,93	2,70	0,04	8,43	8,43	0,00	0,00	10,00	9,98	0,02	19,39	2,08
0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	1,13	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 1.12. Balance de materia de UREALITY (parte 3 de 5).

22	23	24	25	26	27	28	28'	29	30	30'	31	32
85,58	85,58	62,70	70,00	70,00	58,14	55,00	116,50	55,67	62,70	135,00	30,00	100,00
0,42	0,42	0,06	1,10	1,10	1,09	1,09	5,50	1,09	0,06	2,00	1,01	1,10
1,27	1098,00	1,04	1,57	967,70	963,60	977,50	926,20	0,98	1165,00	1084,00		
0,01	0,52	0,01	0,01	0,41	0,48	0,51	0,21	0,01	0,66	0,48		
Gas	Líquida	Gas	Gas	Líquida	Líquida	Líquida	Líquida	Gas	Líquida	Líquida	Sólida	Gas
788,65	1183,41	288,94	7,15	2619,46	575,20	3176,20	3176,20	14,54	894,47	894,47	851,58	14422,82
11899,10	52,54	5813,60	113,89	50,64	10,74	60,72	64,08	362,26	44,33	47,64		
0,17	0,00	0,00	0,05	0,82	0,32	1,14	1,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00	0,01	0,01	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
1,31	51,79	1,20	0,00	2,66	0,00	0,00	0,00	0,00	50,59	50,59	50,59	2,35
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13,64	5,76	4,84	0,04	45,53	10,02	55,55	55,55	0,04	0,91	0,91	0,05	1,41
0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	2,66	2,66	0,00	0,14	0,14	0,14	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	414,43
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 1.12. Balance de materia de UREALITY (parte 4 de 5).

33	34	35	36	37	38	39	40	40'	41	42	43	43'
60,00	55,00	104,00	104,00	60,00	60,00	119,00	140,20	216,00	243,30	213,10	227,00	143,20
1,05	1,01	1,05	1,05	1,05	1,05	5,20	5,40	35,00	35,50	35,00	35,00	6,00
						3,53	906,40	828,50	14,89	19,07	807,80	900,30
						0,01	0,15	0,01	0,02	0,01	0,09	0,13
Líquida	Gas	Líquida	Gas	Líquida	Líquida	Gas	Líquida	Líquida	Gas	Gas	Líquida	Líquida
228,31	14305,53	69,23	159,08	48,06	111,02	353,25	3319,42	3319,42	166,53	248,33	3280,25	3280,25
						2097,26	67,89	74,28	201,48	286,61	73,13	65,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	0,93	0,93	0,00	1,15	1,23	1,23
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	0,00	0,00	0,00	1,79	0,09	0,09
2,35	0,00	2,35	0,00	0,00	0,00	0,10	2,56	2,56	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3,41	0,00	0,54	2,87	0,87	2,00	2,84	58,05	58,05	3,00	2,53	57,76	57,76
0,00	414,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 1.12. Balance de materia de UREALITY (parte 5 de 5).

44	45	46	46'	47	48	49	50	51	52
158,80	141,50	155,20	95,00	60,00	50,00	45,00	100,00		16,00
6,00	5,50	5,50	5,45	2,20	2,20	1,01	15,00	2,20	1,01
3,01	2,86	898,70	952,20				948,50		1,22
0,01	0,01	0,17	0,29				0,28		0,02
Gas	Gas	Líquida	Líquida	Líquida	Líquida	Gas	Líquida	Líquida	Gas
222,04	229,73	3272,56	3272,56	125,73	128,88	46,60	1387,76	5,16	14305,53
1329,35	1438,76	65,60	61,91				26,36		320519,19
0,00	1,22	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,00	2,82	58,94	58,94	2,19	2,25	0,00	25,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00	414,43
0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00

## **1.5. Necesidades de servicio de planta**

Para poder producir correctamente la urea necesaria, se requieren una serie de servicios de planta para satisfacer las necesidades de dicha planta.

Los principales servicios de planta que se utilizarán en UREALITY son el agua de red, de refrigeración, contra incendios, vapor de agua, aceite térmico, electricidad y aire seco.

### **1.5.1. Agua**

#### **1.5.1.1. De red**

Para la planta de producción UREALITY, las necesidades de agua de red son específicas y dependen de los siguientes factores: la capacidad de producción, la tecnología utilizada y los procesos auxiliares.

El agua de red se utilizará para:

- El proceso de producción de urea; se utiliza agua principalmente para la síntesis del amoníaco y se requiere también para la solución de urea.
- El tratamiento de los efluentes antes de su descarga o reutilización en el proceso.
- Las calderas de alta presión requieren de agua descalcificada y desionizada para evitar la formación de depósitos y así evitar la corrosión.

La compañía que suministra el agua para toda la planta es el Grupo Agbar, escogiendo el tramo de caudal nominal de 1.600 m<sup>3</sup>/h, debido a las grandes necesidades de equipos de proceso y servicio.

#### **1.5.1.2. Descalcificada y desionizada**

El agua descalcificada y desionizada es necesaria en la planta de producción, ya que es fundamental para evitar incrustaciones, corrosión y malos funcionamientos a largo plazo de equipos de planta y servicio como son las torres de refrigeración, las calderas y los intercambiadores de calor.

#### **1.5.1.3. De refrigeración**

La planta de producción UREALITY tiene sistemas de enfriamiento, concretamente torres de enfriamiento e intercambiadores de calor que necesitan suministro constante de agua para mantener las operaciones a las determinadas temperaturas.



#### **1.5.1.4. Contra incendios**

El agua contra incendios proviene del agua de red y se utiliza para el correcto funcionamiento de los equipos antiincendios de la planta. Será almacenada en una balsa contra incendios y contendrá la cantidad necesaria para abastecer los equipos antiincendios durante cierto tiempo de autonomía requerido de acuerdo con las normativas. Dicha balsa tiene una capacidad de reserva de 1420 m<sup>3</sup> de agua, y solo se utilizará en caso de emergencia.

#### **1.5.2. Electricidad**

Las necesidades de electricidad de la planta de producción UREALITY dependen de los siguientes factores: de la capacidad de producción, la tecnología utilizada y los procesos y equipos auxiliares.

La electricidad es utilizada en toda la planta; ya que todos los equipos requieren electricidad para poder funcionar.

Los compresores, las bombas, el reactor, el granulador, las torres de enfriamiento, la planta de tratamiento de aguas, las calderas, la instrumentación, el control, la iluminación entre muchos otros, son los principales consumidores de la electricidad de la planta.

Para la planta UREALITY, la compañía eléctrica escogida ha sido Endesa, ya que es la compañía con mejor eléctrico. La tarifa elegida ha sido una 6.1TD, teniendo en cuenta que la planta necesita una tensión de 20 kV y estas tarifas proporcionan una tensión de hasta 30 kV sin límite de potencia, sin embargo, se necesita una estación transformadora, ya que los equipos operan a una tensión de 230V.

#### **1.5.3. Aire**

Las necesidades de aire comprimido de la planta de producción UREALITY dependen de la cantidad de instrumentación para controlar el proceso de producción de urea y sulfato de amonio.

#### **1.5.4. Gas natural**

Las necesidades de gas natural también dependen de la capacidad de producción, la tecnología utilizada y los procesos auxiliares de la planta.

El gas natural se utiliza en la zona de servicios para las calderas de vapor, las cuales suministran el calor necesario a ciertos equipos de la planta como es el caso del *stripper*, *Scrubber*, evaporadores, etc.

La compañía que suministra el gas para la planta también se ha escogido Endesa, para tener la electricidad y gas en una misma compañía. Con una tarifa RLTB.6 que es la de mayor consumo debido a las necesidades de la planta y proporciona una presión de entrada a la planta de hasta 4 bares, además de ser una tarifa fija, es decir, que el precio no depende del precio de mercado.

### 1.6. Constitución de la planta

La planta de producción de urea granulada UREALITY es una instalación compleja y altamente organizada que se divide en varias áreas especializadas, cada una con funciones específicas y cruciales para la operación global. Cada área desempeña un papel vital para asegurar que la producción de urea se lleve a cabo de manera eficiente, segura y conforme a los estándares de calidad y ambientales más estrictos.

En la figura 1.6. se puede observar cada una de las áreas que incluye UREALITY.

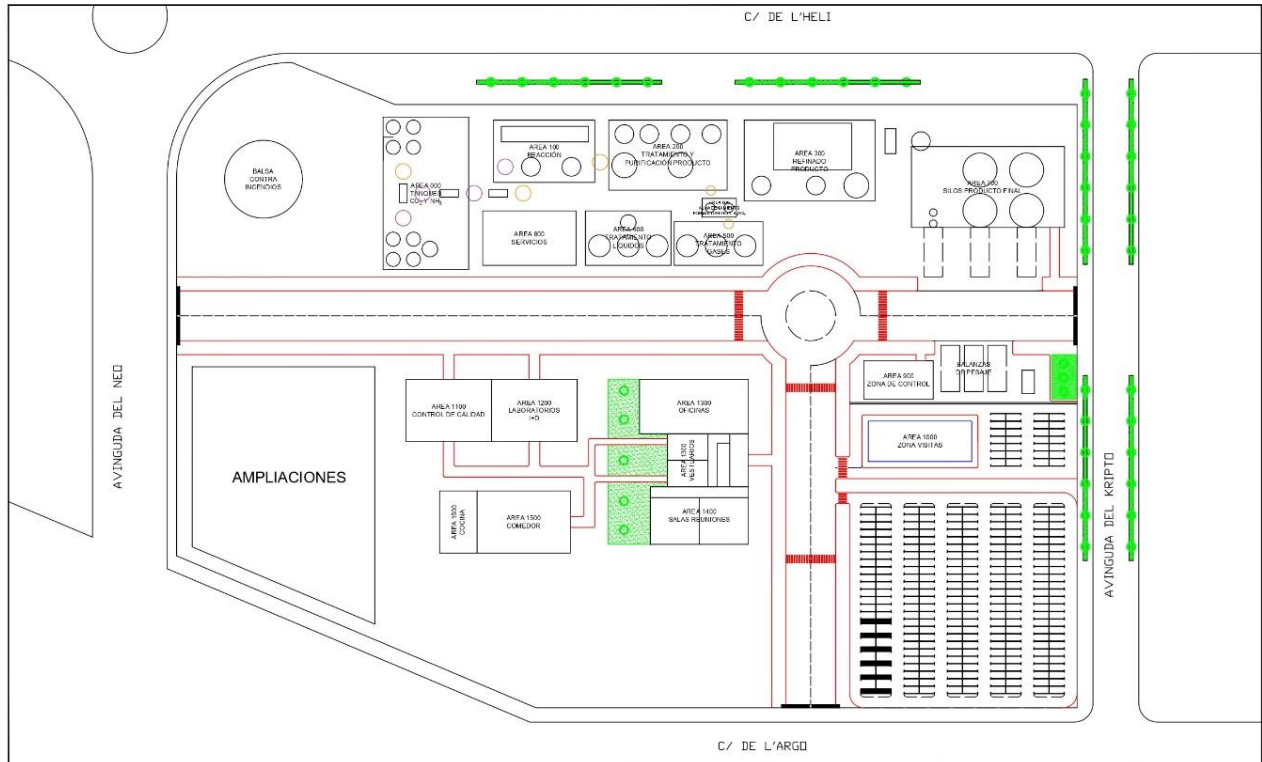


Figura 1.6. Áreas de UREALITY.

A continuación, se nombran las diferentes áreas dentro del proceso global de la producción de urea granulada.

- **Área 000:** Tanques de dióxido de carbono y amoníaco.
- **Área 100:** Reacción.
- **Área 200:** Tratamiento y purificación del producto.
- **Área 300:** Refinado del producto.
- **Área 400:** Tratamiento de líquidos.
- **Área 500:** Tratamiento de gases.
- **Área 600:** Almacenamiento de formaldehído y ácido sulfúrico.
- **Área 700:** Silos de producto final.
- **Área 800:** Servicios.
- **Área 900:** Zona de control.
- **Área 1000:** Zona visitas.
- **Área 1100:** Control de calidad.
- **Área 1200:** Laboratorios de investigación y desarrollo (I+D).
- **Área 1300:** Oficinas y vestuarios.
- **Área 1400:** Salas de reuniones.
- **Área 1500:** Comedor y cocina.

### **1.7. Plantilla de trabajadores**

En UREALITY, a parte del proceso e instalaciones de la planta de producción, es importante tener una plantilla de trabajadores eficiente para poder llevar a cabo correctamente el proceso de producción en la planta y todo lo que conlleva la empresa.

Es por eso por lo que en la siguiente tabla 1.13. se mostrará el puesto de empleo y cuántas vacantes son necesarias.

*Tabla 1.13. Plantilla de trabajadores y puestos de UREALITY.*

Departamento	Función	Personal
Dirección	Director	1
Ingeniería	Encargado de departamento	1
	Técnicos	4
Investigación y desarrollo	Encargado de departamento	1
	Técnicos	5
Producción	Encargado de departamento	1
	Operarios	30
Mantenimiento	Encargado de mantenimiento	1
	Operarios	14
Limpieza	Empleados de limpieza	2
Calidad	Encargado de departamento	1
	Personal de laboratorio	5
Seguridad y medio ambiente	Encargado de departamento	1
	Operarios	2
Recursos humanos	Encargado de departamento	1
	Personal de recursos humanos	4
Administración	Encargado de departamento	1
	Administrativos	4
Finanzas	Encargado de departamento	1
	Comerciales y personal de finanzas	4

## 1.8. Planificación temporal

Para realizar correctamente este proyecto de la planta de producción de urea granulada, se realiza la planificación de la construcción de dicha planta mediante la planificación temporal.

Se especifican a continuación las tareas que se deben realizar para llevar a cabo la construcción del proyecto y de la planta.

Tabla 1.14. Planificación temporal de la construcción de la planta.

Nº de tarea	Tarea	Duración (Días)	Jerarquía
1	Ingeniería básica	60	0:1
2	Obtención de licencias de obra	150	0:2
3	Ingeniería de detalle	120	1:3
4	Demanda de equipos	120	3:4
5	Limpieza y preparación del terreno	30	2:5
6	Excavaciones y cimentación	60	5:6
7	Aceras y viales	50	6:7
8	Aparcamientos	10	6:8
9	Instalación de suministros	30	6:9
10	Edificación de oficinas y áreas personales	90	9:10
11	Edificación de laboratorios y taller	90	9:10
12	Instalación de equipos	90	4,9:12
13	Calibrado de equipos	30	12:13
14	Instalación de soportes, escaleras y puertas	35	12:14
15	Red de tuberías de proceso	60	12:15
16	Conexión de tuberías de proceso	30	13,15:16
17	Red de tuberías de servicio	60	12:17
18	Conexión de tuberías de servicio	30	13,17:18
19	Depósito contra incendios	30	9:19
20	Construcción área de almacenamiento	60	9:20
21	Construcción área de carga y descarga	60	9:21
22	Instalación de red eléctrica	45	10:22
23	Conexión a la red eléctrica	30	13,22:23
24	Instalación de instrumentación	40	13,15,17:24
25	Conexión de instrumentación	40	24:25
26	Aislamiento de equipos	30	25:26
27	Recubrimiento de tuberías	30	25:27
28	Prueba de equipos	30	24,25:28
29	Pintura de la planta	30	28:29
30	Limpieza de la planta	15	29:30

## 1.9. Bibliografía

- [1] *Leading fertilizer know-how - Urea: Urea solution per day.* (s/f). Scribd. <https://es.scribd.com/document/508005532/TKIS-Urea>
- [2] ThyssenKrupp-ThyssenKrupp Industrial Solutions AG. (s/f). *Leading Fertilizer know-how - Urea.* <https://www.thyssenkrupp-industrial-solutions.com/thyssenkrupp-fertilizer-technology/en/products-and-services/uft-fluid-bed-granulation>
- [3] De forma perlada y granulada, L. U. es el F. N. M. U. en la A. P. su A. C. de N. S. E. N., La naturaleza, la P. es U. en F. y. la S. se E. P. A. al S. L. U. se E. en, & De manufactura, P. T. P. F. al R. D. de C. C. A. a. U. E. T. y. P. D. su P. (s/f). *Biuret en Fertilizantes y Suelos.* Com.mx. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/192-Biuret-en-Fertilizantes-y-Suelo.pdf>
- [4] Ficha técnica ácido sulfúrico
- [5] Ficha técnica amoníaco
- [6] Ficha técnica carbamato de amonio
- [7] Ficha técnica dióxido de carbono
- [8] Ficha técnica formaldehído
- [9] Ficha técnica sulfato de amonio
- [10] Ficha técnica urea
- [11] *Inici ICGC.* (s/f). Icgcat. <https://www.icgc.cat/ca/>
- [12] *Transportes - Territori - Àrea Metropolitana de Barcelona.* (s/f). Territori. <https://www.amb.cat/s/es/web/territori/infraestructures-metropolitanes/sobre-infraestructures/transports.html>
- [13] Wikipedia contributors. (s/f-a). *Ácido sulfúrico.* Wikipedia, The Free Encyclopedia. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%81cido\\_sulf%C3%BArico&oldid=159809382](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%81cido_sulf%C3%BArico&oldid=159809382)
- [14] Wikipedia contributors. (s/f-b). *Amoníaco.* Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Amon%C3%ADaco&oldid=158775707>

[15] Wikipedia contributors. (s/f-c). *Biuret*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Biuret&oldid=159964372>

[16] Wikipedia contributors. (s/f-d). *Carbamato de amonio*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Carbamato\\_de\\_amonio&oldid=158804954](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Carbamato_de_amonio&oldid=158804954)

[17] Wikipedia contributors. (s/f-e). *Dióxido de carbono*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Di%C3%B3xido\\_de\\_carbono&oldid=160225622](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Di%C3%B3xido_de_carbono&oldid=160225622)

[18] Wikipedia contributors. (s/f-f). *Formaldehído*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Formaldeh%C3%ADdo&oldid=158161155>

[19] Wikipedia contributors. (s/f-g). *Sulfato de amonio*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sulfato\\_de\\_amonio&oldid=154155166](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sulfato_de_amonio&oldid=154155166)

[20] Wikipedia contributors. (s/f-h). *Urea*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Urea&oldid=159786886>

[21] (S/f). Igme.es. <https://info.igme.es/cartografiadigital/datos/magna50/memorias/MMagna0448C.pdf>