



DEPARTAMENTO  
DE COMPUTACION

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - UBA

# Trabajo Práctico 1

SimOil

---

Ingeniería de Software 1  
Primer Cuatrimestre de 2017

**Grupo 3**

| Integrante            | LU     | Correo electrónico   |
|-----------------------|--------|----------------------|
| Benegas, Gonzalo      | 958/12 | gsbenegas@gmail.com  |
| Borgna, Agustín       | 079/15 | aborgna@dc.uba.ar    |
| Lancioni, Gian Franco | 234/15 | glancioni@dc.uba.ar  |
| Levy, Jonas           | 081/12 | jonaslevy5@gmail.com |



Facultad de Ciencias Exactas y Naturales  
Universidad de Buenos Aires  
Ciudad Universitaria - (Pabellón I/Planta Baja)  
Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Rep. Argentina  
Tel/Fax: (54 11) 4576-3359  
<http://www.fcen.uba.ar>

## Índice

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. Requerimientos funcionales</b>   | <b>3</b> |
| 1.1. User Stories - Introducción . . . . .   | 3        |
| 1.2. User Stories . . . . .  | 3        |
| 1.3. Discusión de las User Stories . . . . .   | 4        |
| 1.4. Desarrollo de las User Stories más importantes . . . . .                                      | 7        |
| <b>2. Diseño</b>   | <b>9</b> |
| 2.1. Diseños preliminares . . . . .  | 9        |
| 2.1.1. Diagrama de objetos de las características físicas del yacimiento en el Simulador . . . . . | 9        |
| 2.1.2. Diagrama de clases preliminar, criterios de corte . . . . .                                 | 10       |
| 2.1.3. Diagrama de secuencia de las estrategias de corte . . . . .                                 | 11       |
| 2.2. Diseños finales . . . . .   | 13       |
| 2.2.1. Diagrama de clases definitivo . . . . .   | 13       |
| 2.2.2. Diagramas de secuencia . . . . .  | 17       |

## Introducción

Este trabajo consiste, en una primer etapa, de la planificación del backlog para un simulador de explotaciones petrolíferas para estimar cánones para licitaciones de dichas explotaciones desde el Ministerio de Energía.

El método empleado es a partir de **User Stories**, para lo cual tuvimos que adoptar el rol de product owner basandonos en la famosa regla mnemotécnica *INVEST (Independent, Negotiable, Valuable, Estimatable, Small, Testable)* para determinar dicho backlog.

## 1. Requerimientos funcionales

### 1.1. User Stories - Introducción

Originalmente habíamos definido el backlog pensando en interacciones de input y output que buscaba el usuario del simulador en el ministerio, pero dichas interacciones no tienen (o no es la mejor manera de entenderlo) valor para el usuario.

Por lo tanto pensamos las User Stories partiendo de estrategias y funcionalidades que le interesarían a potenciales expertos del ministerio para que el simulador sea completo. De esta manera, descompusimos las estrategias del equipo de ingeniería en varias ramas y pensamos a qué área o experto del ministerio le interesaría poder usarlas. Esto nos permitió, además, diversificar nuestros potenciales stakeholders y tener una visión más general de los objetivos.

Por ejemplo, a la gente de Geología, que conoce sobre las características físicas de las parcelas (i.e presión, profundidad, tipo de terreno y su resistencia a excavación), le interesaría que el simulador proveya estrategias con distintos criterios de elección de parcelas a perforar para ver cuáles hacen mejor uso de las propiedades de los terrenos del yacimiento mejorando los resultados de la potencial explotación.

Además de lo que son las estrategias y criterios que el simulador provería a los distintos expertos, los mismos deben ser capaces de especificar y configurar el estado actual de la realidad, para que el simulador conozca la situación de mercado actual, las propiedades del yacimiento, los distintos modelos de RIGs que se pueden alquilar, etc.

### 1.2. User Stories

Definimos las siguientes User Stories para un potencial Product Backlog de Scrum, con sus respectivos Story Points (SP) y Business Value (BV). Para los Story Points usamos Fibonacci Scale.

| Nº | Descripción   | BV | SP |
|----|---|----|----|
| 1  | COMO Analista Económico QUIERO que el simulador permita establecer distintos propiedades de mercado actuales PARA poder hacer planificaciones y estimaciones monetarias a futuro realistas              | 9  | 3  |
| 2  | COMO Perito del yacimiento QUIERO poder especificar con suficiente detalle las propiedades físicas de mi yacimiento PARA que la producción de los pozos sea plausible en una potencial explotación real | 9  | 3  |
| 3  | COMO Ing. en Perforaciones QUIERO poder fijar varios modelos alquilables de RIGs con distintas cualidades PARA poder evaluar los distintos desempeños de excavación según modelo.                       | 4  | 3  |
| 4  | COMO Ing. Químico QUIERO quiero poder definir distintos modelos de plantas separadoras PARA poder evaluar los distintos rendimientos de separación de producto  | 4  | 2  |
| 5  | COMO Ing. Hidráulico QUIERO quiero poder definir modelos de tanques de almacenamiento de gas y agua PARA tener una mejor evaluación a la hora de elegir estrategias de almacenamiento de producto       | 4  | 2  |

| Nº | Descripción   | BV | SP |
|----|---|----|----|
| 6  | COMO Geólogo QUIERO evaluar diferentes criterios de elección de parcelas a perforar PARA aprovechar las características físicas de los terrenos del yacimiento                                      | 8  | 5  |
| 7  | COMO Ing. en Perforaciones QUIERO poder elegir estrategias de uso y contratación de RIGs PARA evaluar el <i>tradeoff</i> entre tiempos de excavación y costos                                       | 6  | 8  |
| 8  | COMO Ing. Químico QUIERO elegir tiempos y criterios de construcción de las plantas separadoras PARA conseguir resultados satisfactorios en el balance de costo, tiempo y producción                 | 5  | 8  |
| 9  | COMO Ing. Hidráulico QUIERO planificar la construcción de los tanques de almacenamiento de agua PARA conseguir resultados satisfactorios en el balance de costo, tiempo y producción                | 6  | 8  |
| 10 | COMO Ing. Petroquímico QUIERO planificar la construcción de los tanques de almacenamiento de gas PARA conseguir resultados satisfactorios en el balance de costo, tiempo y producción               | 6  | 8  |
| 11 | COMO Ing. Petrolífero QUIERO administrar la habilitación de pozos PARA controlar la presión día a día, y por lo tanto el volumen extraído de producto   | 9  | 8  |
| 12 | COMO Ing. Petrolífero QUIERO evaluar varias estrategias automáticas de reinyección PARA poder aprovechar al máximo el yacimiento  | 6  | 3  |
| 13 | COMO Analista Económico QUIERO poder elegir criterios de compras de agua PARA tener más opciones a la hora de reinyectar  | 5  | 3  |
| 14 | COMO Analista Económico QUIERO poder elegir criterios de ventas de gas PARA ponderar <i>tradeoff</i> entre el rédito económico de su venta y el almacenamiento para su utilización en reinyecciones | 5  | 3  |
| 15 | COMO Experto de Finanzas QUIERO poder probar distintos criterios de corte de la simulación PARA saber cuándo conviene terminar de explotar el yacimiento  | 4  | 1  |
| 16 | COMO Ing. Petrolífero QUIERO poder conocer la producción de los pozos PARA poder calcular la ganancia de la explotación   | 10 | 3  |

Al buscar expertos de cada área como interesados en funcionalidades, las user stories terminan teniendo múltiples roles de usuario.

### 1.3. Discusión de las User Stories

Siguiendo con lo que decíamos antes, podemos caracterizar las distintas User Stories en dos grandes grupos según la funcionalidad que proveen. Por un lado están las que permiten al simulador representar el estado actual de la realidad, por ejemplo, qué modelos de plantas existen, cómo es el yacimiento a explotar, etc. Por otro lado, están las que definen las distintas estrategias automáticas del simulador (para perforar parcelas, habilitar pozos, reinyectar, etc) que el equipo de ingeniería probará y combinará para evaluar la explotación del yacimiento y llegar a un veredicto.

Una posible alternativa que discutimos en su momento, fue la de separar en dos o más cada una de las stories que tratan de estrategias del equipo de ingeniería y dejar escrita, para cada una, qué estrategia específica (por ejemplo, una para un criterio de corte a los  $N$  días y otra para un criterio de corte dado una cota en la composición del yacimiento) le interesaría que provea el simulador.

Decidimos preservarlas unificadas porque, en caso de ser divididas, surge el hecho de que no serían completamente independientes (una vez realizada una, la implementación de la otra reutiliza mucho de la anterior) haciendo que los Story Points se vuelvan poco significativos.

A continuación explayaremos un poco la idea de cada User Stories y las justificaciones que nos llevaron a esta asignación de business value y story points.

- Asignamos un alto Business Value a **US 1** y **US 2** (especificación del mercado y yacimiento). Nos parece fundamental a la hora de plantear el canon para una licitación tener bien modelado los aspectos particulares del simulador: las características físicas del yacimiento y el estado del mercado petrolífero. Sin ello todo lo que hace la simulación es de poca utilidad analítica. A su vez, su

implementación requiere simplemente tomar input del usuario, y no incluye ningún componente complejo.

**Nota:** Originalmente nuestro criterio para asignar BVs era pensar *qué tan prioritario sería mostrarle al cliente un prototipo con dicha funcionalidad*. En cuyo caso, mostrarle una demo robusta en cuanto a estrategias pero con un contexto económico y físico fijo no resultaba tan negativo. Pero en una versión final sí era indispensable por lo mencionado anteriormente. Por lo que decidimos también adoptar un nuevo criterio de *qué tan útil sigue siendo el simulador sin la funcionalidad*.

- Las **US 3, US 4 y US 5** (especificación de RIGs, plantas y tanques) presentan bastantes similitudes. Todas son bastante simples de implementar, siendo muy parecidas a las dos anteriores, pero además son menos parámetros los que terminan definiendo a estos elementos, por tanto tienen valores de Story Points un poco reducidos (salvo las plantas procesadoras por ser un poco más complejas). Respecto a los Business Value, creemos que el simulador puede funcionar aceptablemente en una primera versión sin esta funcionalidad, por ejemplo si tiene fijos los modelos más usuales de RIGs, plantas y tanques del mercado. Por tanto, los Business Value son algo bajos.

- Para la **US 6** (elección de parcelas a perforar) creemos que el resultado de la elección de las parcelas va a ser algo muy concreto y visual para mostrar al cliente, por lo que tiene un alto business value. Además, es una base importante para el curso de la simulación. También tiene una cantidad moderada de story points porque requiere implementar al menos 2 estrategias.

- Para la **US 7** (estrategias de RIGs) sobre el Business Value, si le presentamos al cliente un simulador donde los pozos se construyen automáticamente, sin costos y sin dificultades pero el resto de las estrategias y decisiones persisten el simulador sigue siendo un producto relativamente útil.

Las estrategias a implementar son complejas; hay muchas cosas a considerar, por ejemplo, la resistencia del suelo, consumo, mínima cantidad de días para alquilarlos, en qué momento, cuántos, etc. Por tanto tiene un valor alto de Story Points.

- Hallamos similitudes entre la **US 8, US 9 y US 10** (construcción de plantas y tanques). Todas requieren implementar varias estrategias que tendrán en cuenta los parámetros de los elementos y su necesidad en función de la producción diaria. Por ello, consideramos un alto valor en Story Points. Con respecto al Business Value, consideramos que es una parte interesante del modelo pero al mismo tiempo se podría realizar una simulación previa asumiendo que las plantas procesadoras y los tanques no son el cuello de botella.

- Sobre la **US 11** (habilitación de pozos) creemos que es fundamental tener las estrategias de habilitación de pozos para el simulador (si esto fuera estático, se perdería gran control sobre la explotación del yacimiento y producción de los pozos día a día), por eso tiene uno de los Business Value más altos. Tiene una dificultad de implementación moderadamente alta, al igual que otras funcionalidades con estrategias múltiples, y son muchas las variables a tener en cuenta en los mismos. Además es aquí donde debe implementarse la extracción de producto en sí. Por eso los Story Points son relativamente altos.

- Creemos que los criterios de reinyección para la **US 12** son sencillos de implementar, por ende sus bajos Story Points. Al igual que otras funcionalidades, no es tan fundamental para tener una buena estimación del canon, dado que puede hacerse “a mano” en un principio. Es decir, cuando crean que es necesaria una reinyección, comenzar de nuevo una simulación con los niveles de composición y presión que crean necesarios.

- Para la **US 14** (compra de agua y venta de gas), son también relativamente sencillos de implementar, ambos tienen que ver un poco con los criterios de reinyección además. Sin embargo, son más sencillos que estos, incluso además se vuelven más fáciles si ya se los tienen implementados a los de reinyección. De modo que los Story Points son bajos también, similares a los criterios de reinyección, pero un poco menos fundamentales que estos últimos, por tanto el Business Value es un poco más bajo.

- En la **US 15** (criterios de corte) también nos parece que la funcionalidad es algo que puede reemplazarse temporalmente mirando los logs para estimar cuándo convenía cortar, por tanto tiene un Business Value bajo. También son muy fáciles de implementar, basta con chequear un par de valores dentro de la simulación, además su resultado es simple también (cortar o no cortar), por eso sus Story Points son bajos.
- La **US 16** tiene el Business Value máximo. Lo primero que quiere ver el usuario al correr una simulación es el balance económico de la explotación. Con respecto a las Story Points, se requiere llevar la cuenta día a día, pero consideramos que esto es algo bastante fácil de implementar.

Resulta interesante hacer énfasis en que las stories con mayor business value no son las que tratan de estrategias provistas sino sobre el contexto real del yacimiento (a nivel económico y físico) y la capacidad de analizar producción y remuneración. Esto se debe, a que desde la perspectiva del cliente, es prioritario que la simulación sea apropiada a la realidad para realizar estimaciones frente a qué tan óptimas son dichas estimaciones. Si el simulador fuera capaz de proveer estrategias óptimas aisladas de un contexto de su interés y sin proveer acceso al conteo de producción, esto no tendría absolutamente ninguna utilidad para el ministerio en su afán de estimar cánones.

## 1.4. Desarrollo de las User Stories más importantes

En esta sección vamos a dar detalles de las descripciones, tareas, criterios de aceptación y estimación de RRHH para las User Stories que consideramos más importantes. Cabe aclarar que éstas podrían no necesariamente ser las que tengan una mayor relación de  $\frac{\text{BusinessValue}}{\text{StoryPoints}}$ .

Si bien tomamos en cuenta este criterio, consideramos que hay otros factores que hacen a una User Story más interesante para ser desarrollada. Tampoco son necesariamente las primeras que deberían ser implementadas para el simulador. Creemos a pesar de todo, que la elección de estas tres para desarrollar da un buen panorama de cómo deberían ser el resto de las User Stories también, dado que la mayoría puede asemejarse bastante con alguna de estas (son representativas del todo de alguna manera).

Ponemos a continuación las 3 User Stories, para cada una indicamos su Business Value y Story Points respectivamente. Las que elegimos fueron la **US 2**, **US 15** y **US 16**.

**US 15 COMO Experto de Finanzas QUIERO poder probar distintos criterios de corte de la simulación PARA saber cuándo conviene terminar de explotar el yacimiento [4/1]**

### Criterios de aceptación:

- Si el usuario elige el corte por límite de composición de petróleo, debe ver una simulación en la que todos los días el porcentaje se mantiene por encima del valor crítico, y el día final queda un porcentaje mayor a tal valor.
- Si el usuario elige el corte fijo al día  $n$ , debe observar una simulación con exactamente  $n$  días desde el comienzo.

### Tareas:

- Definir e implementar el modelo para la clase abstracta de Criterio de Corte (20').
- Implementar la decisión de cortar por límite de composición. (1:20 hs)
- Implementar la decisión de cortar por día prefijado. (40')

**US 16 COMO Ing. Petrolífero QUIERO poder conocer la producción de los pozos PARA poder calcular la ganancia de la explotación [10/3]**

**Criterios de aceptación:**

- Debe quedar registrado en el log cuántos  $m^3$  de producto se extrajeron día a día en cada pozo.
- Debe quedar registrado en el log cuántos  $m^3$  de cada compuesto se van almacenando en tanques y cuánto de petróleo se extrajo.
- Debe quedar registrado en el log cuál es el valor total del emprendimiento hasta el día de la fecha.

**Tareas:**

- Considerar distintas herramientas posibles para logging e añadir la más conveniente al proyecto. (2 hs)
- Agregar funcionalidad global que permita a cualquier objeto loggear la información que necesite. (30')
- Agregar los llamados de logging en la finalización de cada día de simulación. (1 hs)
- Agregar interfaces correspondientes para poder acceder a los datos necesarios a loggear. (1 hs)

**US 2 COMO Perito del yacimiento QUIERO poder especificar con suficiente detalle las propiedades físicas de mi yacimiento PARA que la producción de los pozos sea plausible en una potencial explotación real [9/3]**

**Criterios de aceptación:**

- En base a mediciones reales en el yacimiento virgen que se va a licitar, el perito puede seleccionar la profundidad, resistencia a RIGS y presión inicial de cada parcela.
- También puede ajustar la composición petróleo/agua/gas y volumen inicial del yacimiento según dichas mediciones y la concentración crítica de petróleo para poder seguir funcionando.
- Podrá instanciar los coeficientes *alfa* de las ecuaciones para ajustar el potencial volumen de extracción de cada pozo.

**Tareas:**

- Definir e implementar una interfaz de usuario, ya sea por medio de texto o gráficos. (2:30 hs)
- Parsear y validar los datos ingresados por el usuario. (2 hs)

## 2. Diseño

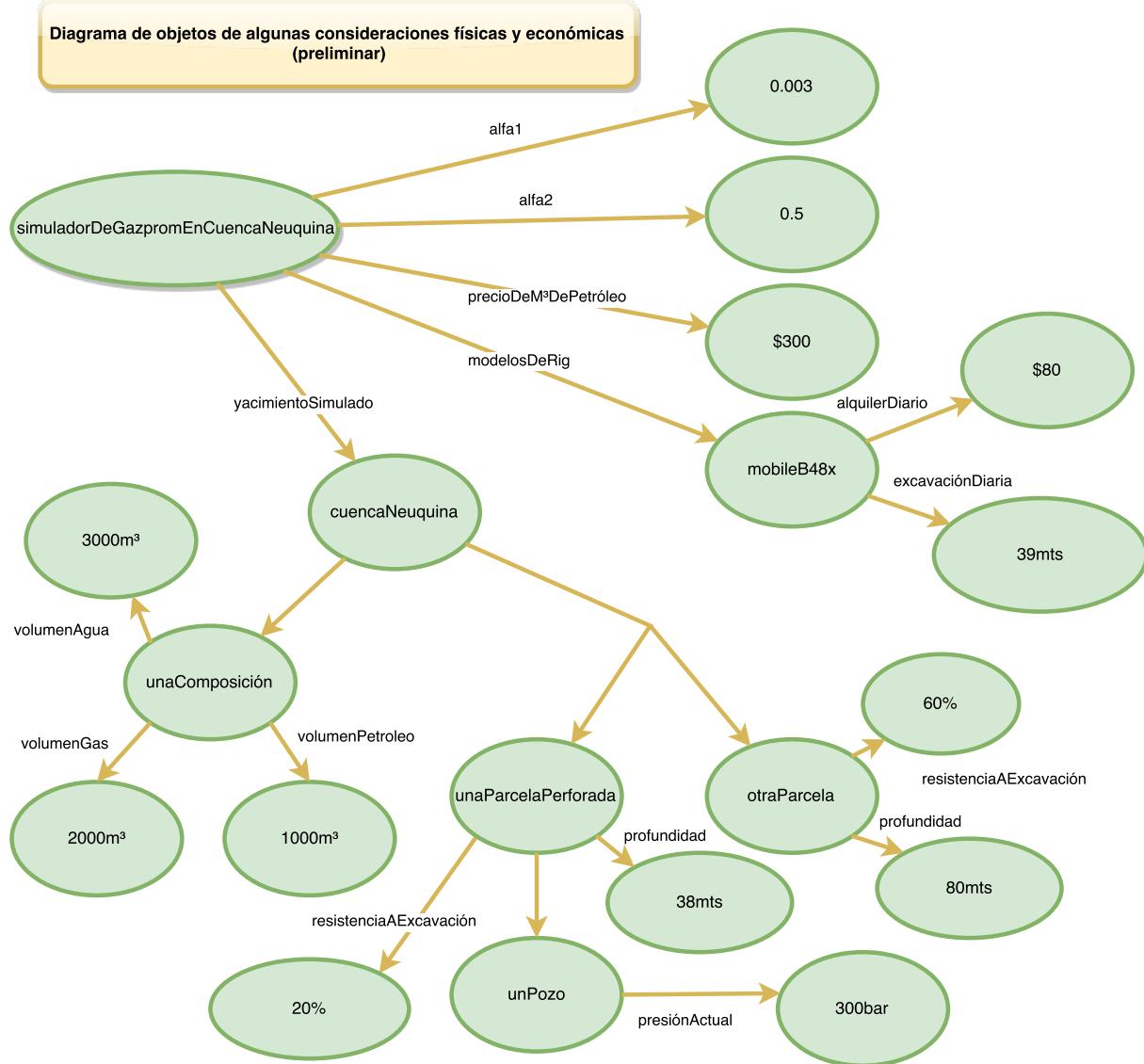
### 2.1. Diseños preliminares

Empezamos exponiendo algunos diseños preliminares que surgieron cuando empezábamos con el trabajo. Los mismos también sirven para dar un panorama de la evolución que fuimos desarrollando sobre los diseños y las decisiones tomadas.

Mostramos primero un diagrama de objetos, el cual fue de los primeros que planteamos, para tratar de darnos un panorama de cómo queríamos organizar el conocimiento y las responsabilidades.

#### 2.1.1. Diagrama de objetos de las características físicas del yacimiento en el Simulador

Figura 1: Diagrama de objetos preliminar



Por un lado, planteamos que habría un objeto “central” que sería el mismo objeto que representa al simulador. Éste conocería otros como el objeto de un yacimiento, parámetros de configuración, los RIGS que tiene alquilados, plantas disponibles, entre otras cosas. Lo que se muestra en el diagrama es una visión parcial de la idea que teníamos en ese momento.

Surgen otras nociones fundamentales, como por ejemplo que un yacimiento debería conocer otro objeto que representa la composición del mismo, o que las parcelas conocen a sus respectivos pozos en el

caso de tener uno. Tratamos de mantener lo más posible un isomorfismo con la realidad en esta primera iteración.

A esta altura sin embargo, y solo con este diagrama, no queda claro cómo es que se realizaría la ejecución propiamente dicha de la simulación. Tampoco por qué o cómo es que son seleccionadas las parcelas o RIGS para desempeñar tareas.

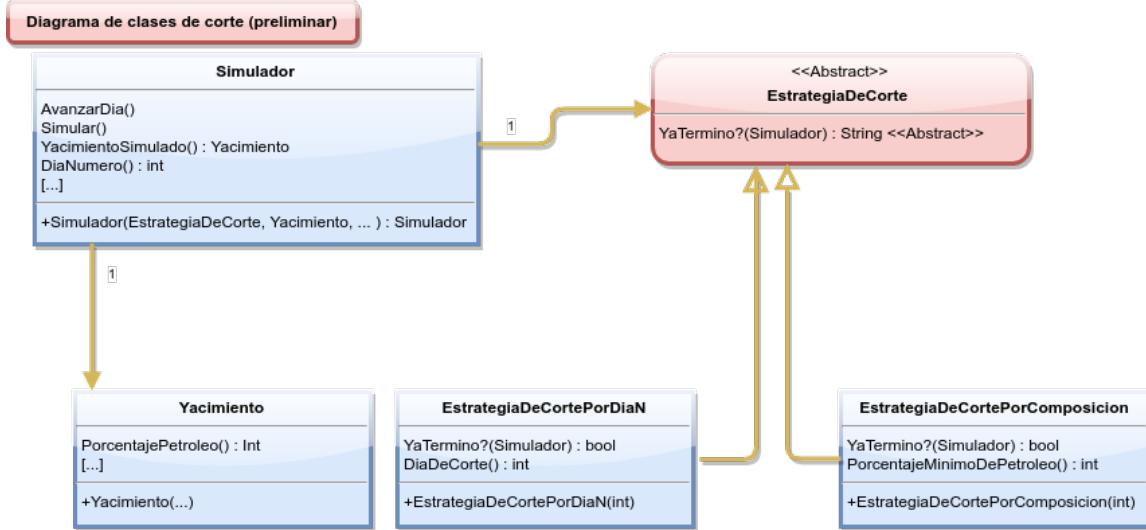
De lo especificado que debe realizar el simulador, se nos dice que es el equipo de ingeniería el responsable de tomar estas decisiones, y que lo hará mediante la elección de estrategias parametrizables para determinar diferentes criterios. Por ejemplo, debe poder elegirse el criterio que determina cuándo se deja de explotar un yacimiento, y este podría ser, por ejemplo, luego de una cantidad de tiempo fijo, o cuando la composición del yacimiento ya no es rentable.

Nos surge entonces naturalmente la idea de representar estos **criterios** como objetos en sí mismo en nuestro diseño. A su vez, vemos que vamos a querer un diseño flexible respecto a cómo pueden ser estos criterios, porque para un criterio podríamos querer tener **muchas diferentes estrategias** (y además no conocemos todas con antelación).

Lo que decidimos entonces fue representar a cada tipo de criterio con una clase correspondiente, así tendremos la clase de los criterios de corte, la clase de los criterios de alquiler de RIGS, y así siguiendo. Además, queremos que quién utilice estos criterios (por ahora, el objeto del simulador) pueda abstraerse de si la estrategia que está utilizando es una u otra. Lo que vamos a hacer es mantener las clases de los criterios como abstractas, implementando una interfaz mínima que debe ofrecer ese criterio, y las distintas estrategias serán subclases de la misma. Veamos un ejemplo.

### 2.1.2. Diagrama de clases preliminar, criterios de corte

Figura 2: Fragmento diagrama de clases preliminar, para criterios de corte

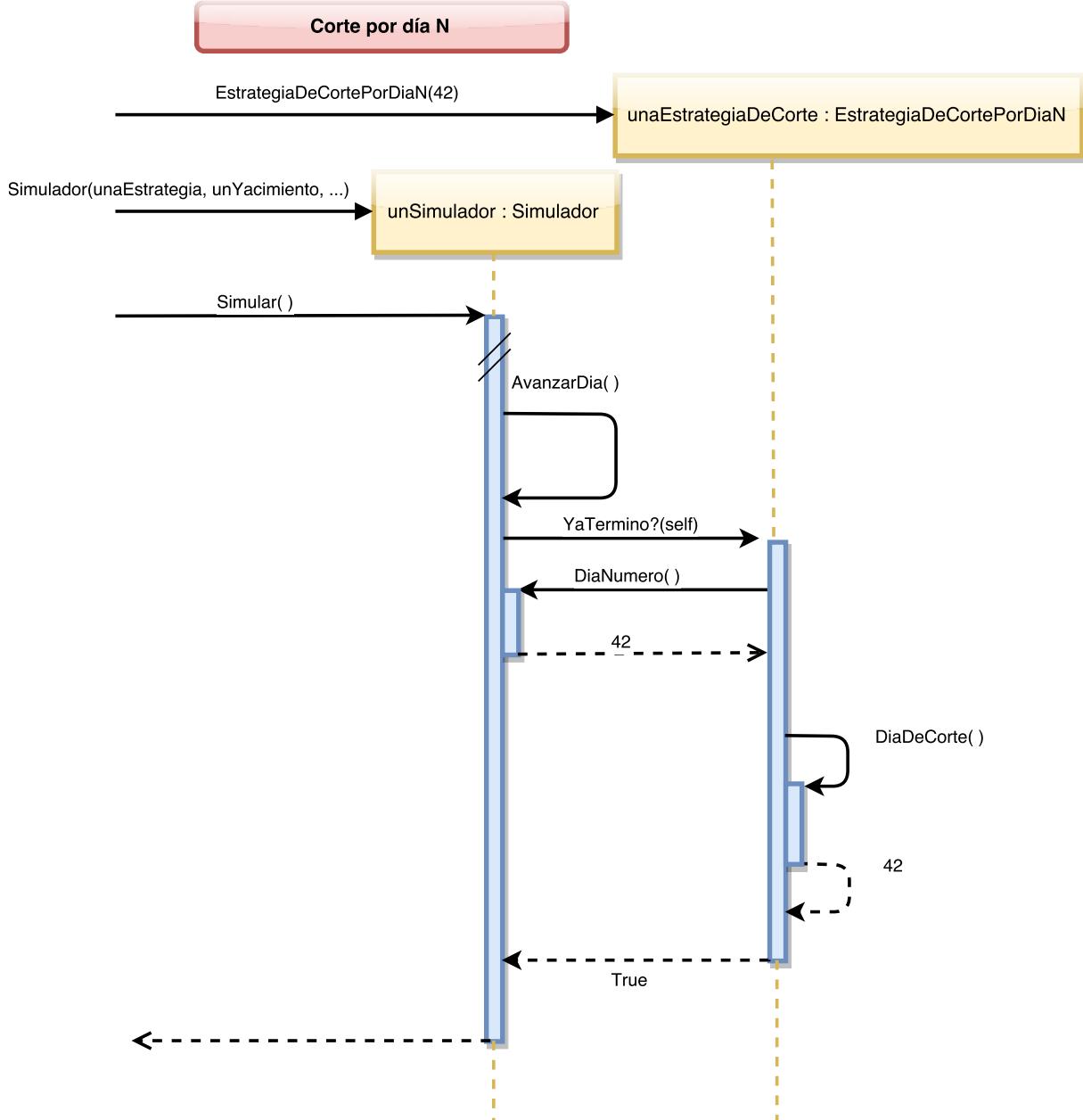


Aquí puede verse la idea de la que hablábamos recién. En el ejemplo, la idea es que todas las estrategias de corte sean polimórficas y puedan responder al mensaje `YaTermino?`, el cual le indicará al simulador si debe cortar con la simulación o no. Sin embargo éste no necesita saber con qué estrategia de corte está tratando. Esto se condice naturalmente con el patrón de diseño *strategy* visto en la materia.

Mostramos a continuación un par de diagramas de secuencia siguiendo el ejemplo de las estrategias de corte, desarrollando cómo podría funcionar cada una.

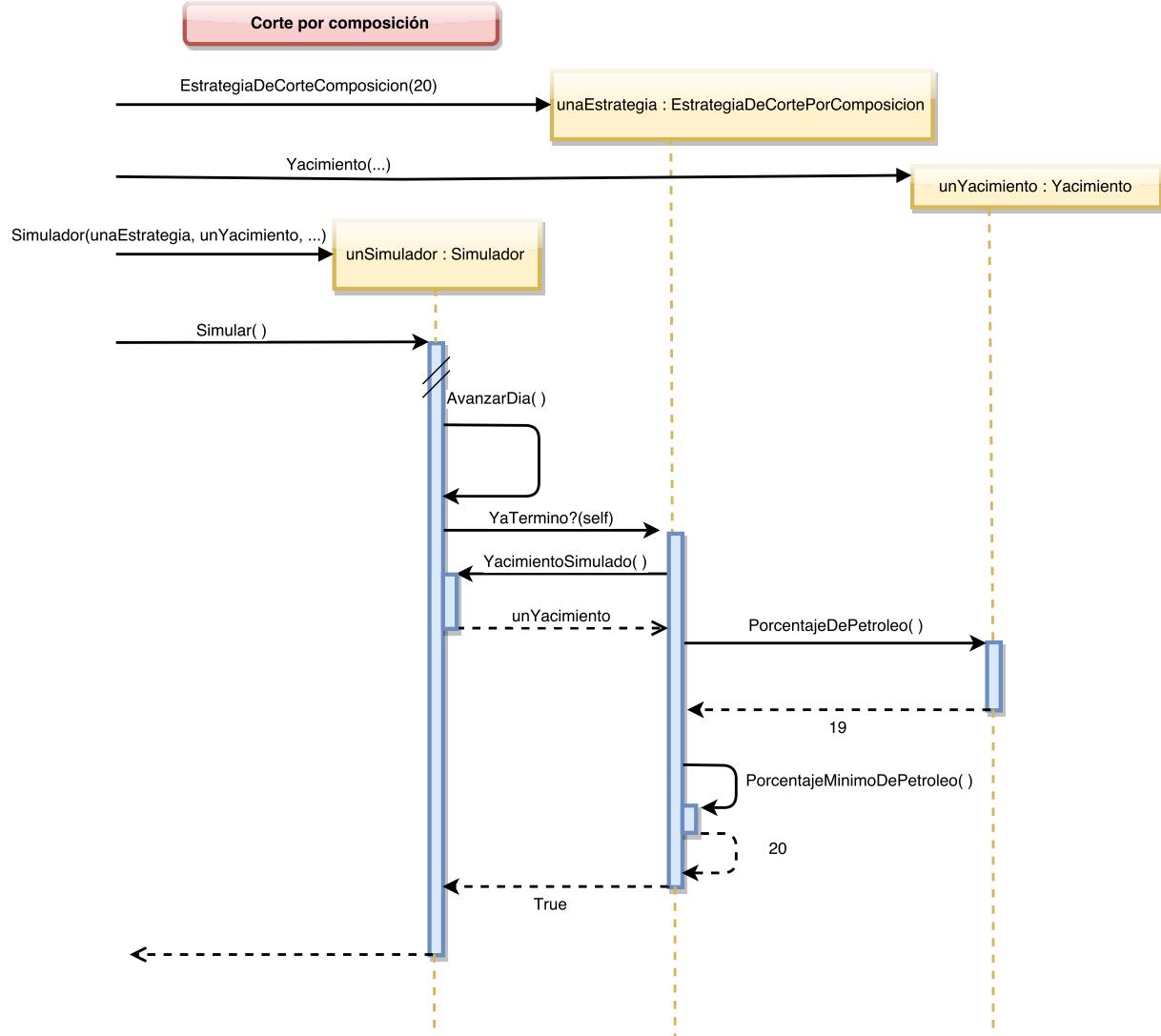
### 2.1.3. Diagrama de secuencia de las estrategias de corte

Figura 3: Criterio de corte por cantidad de días, diseño preliminar



La secuencia comienza con el mensaje `Simular` del simulador. Éste internamente deberá ser responsable de avanzar un día en la simulación, con todo lo que eso conlleva, como la extracción de producto como la construcción de plantas o tanques. Entre esas, también necesita saber si debe terminar con la simulación, para esto le pregunta a su criterio de corte, que en este caso es fijo por cantidad de días, mediante el mensaje `YaTermino?`. El criterio de corte a su vez (como pasará con otros criterios) necesita poder conocer ciertas cosas del estado actual de la simulación, es por esto que dentro del mensaje `YaTermino?` el simulador se lo envía a sí mismo como colaborador. De esta manera luego el criterio de corte puede preguntarle al simulador cuál es el día actual de simulación. Con ese resultado, el criterio hace la comparación con su parámetro y devuelve su respuesta binaria.

Figura 4: Criterio de corte por composición del yacimiento, diseño preliminar



Este otro diagrama se desarrolla de manera similar. La diferencia surge cuando el simulador envía el mensaje `YaTermino?` a su criterio de corte. Nuevamente, el simulador se envía a si mismo como colaborador del mensaje. En este caso, el criterio le pide al simulador por su yacimiento, mediante otro mensaje. Luego con el yacimiento obtiene la concentración de petróleo que hay en el mismo, compara con el valor mínimo aceptable, y devuelve la respuesta binaria.

Podemos ver entonces que mediante el uso de este patrón podemos mantener polimorfismo entre las diferentes estrategias de un mismo criterio, a la vez desacoplando la responsabilidad del simulador de la toma de decisiones del equipo de ingeniería. Por esto, decidimos conservar esta idea en lo que siguió de nuestra solución, que además fue un eje central para la misma.

## 2.2. Diseños finales

### 2.2.1. Diagrama de clases definitivo

Presentamos ahora el diagrama de clases completo y definitivo de nuestra solución. Lo mostramos separado en 3 partes que juntos hacen al total del diagrama.

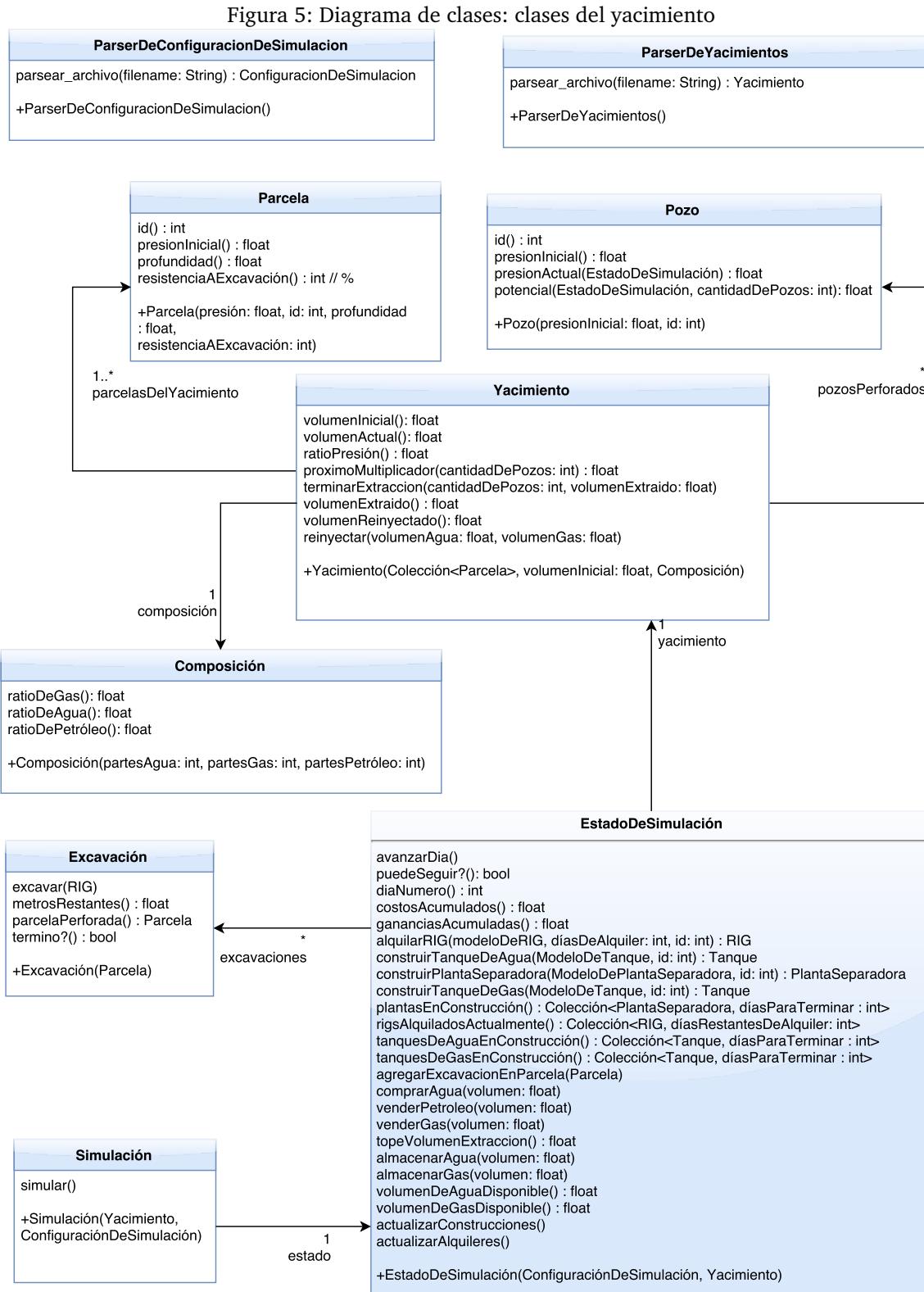


Figura 6: Diagrama de clases: clases de tanques, plantas separadoras y RIGS

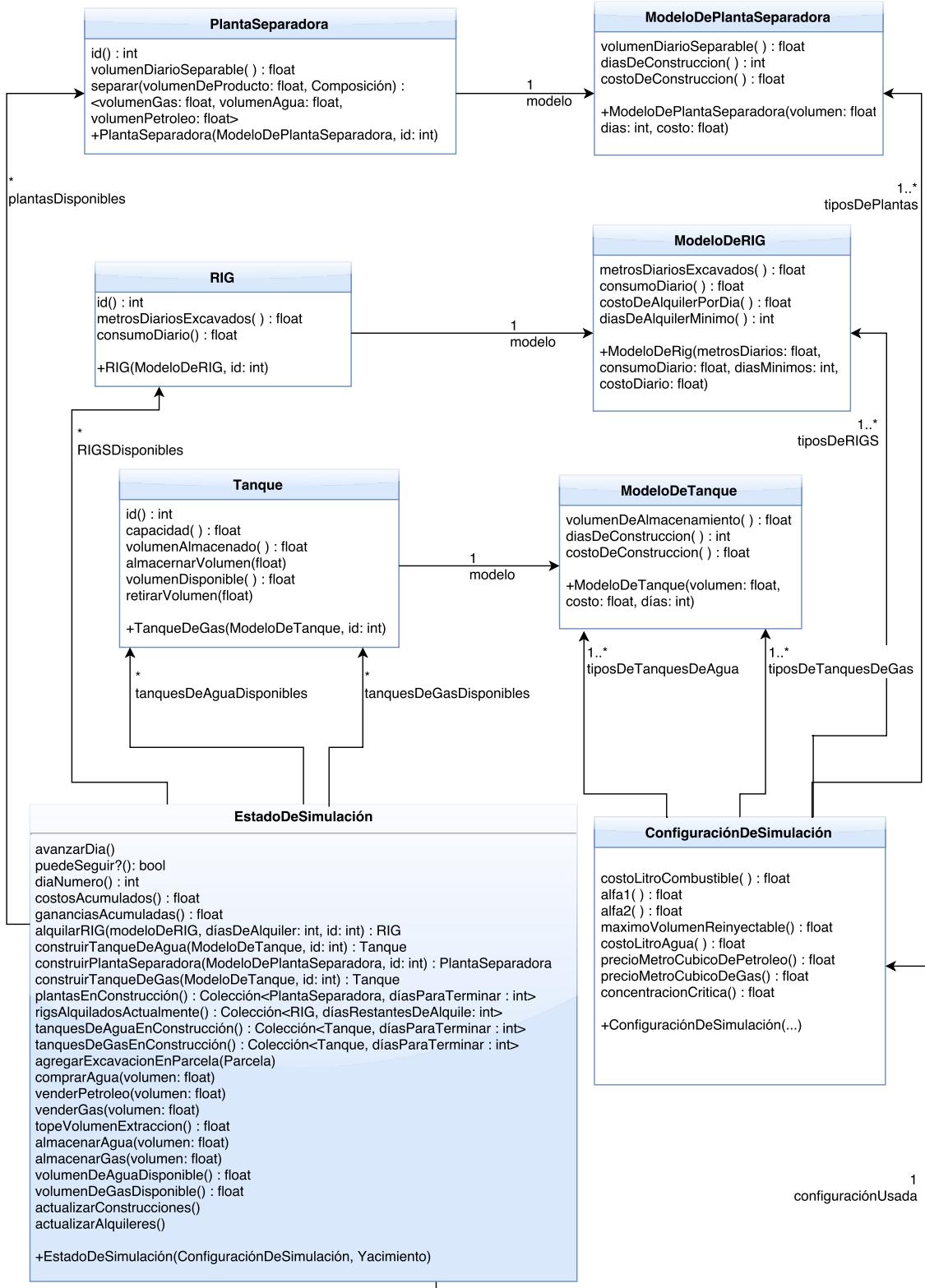
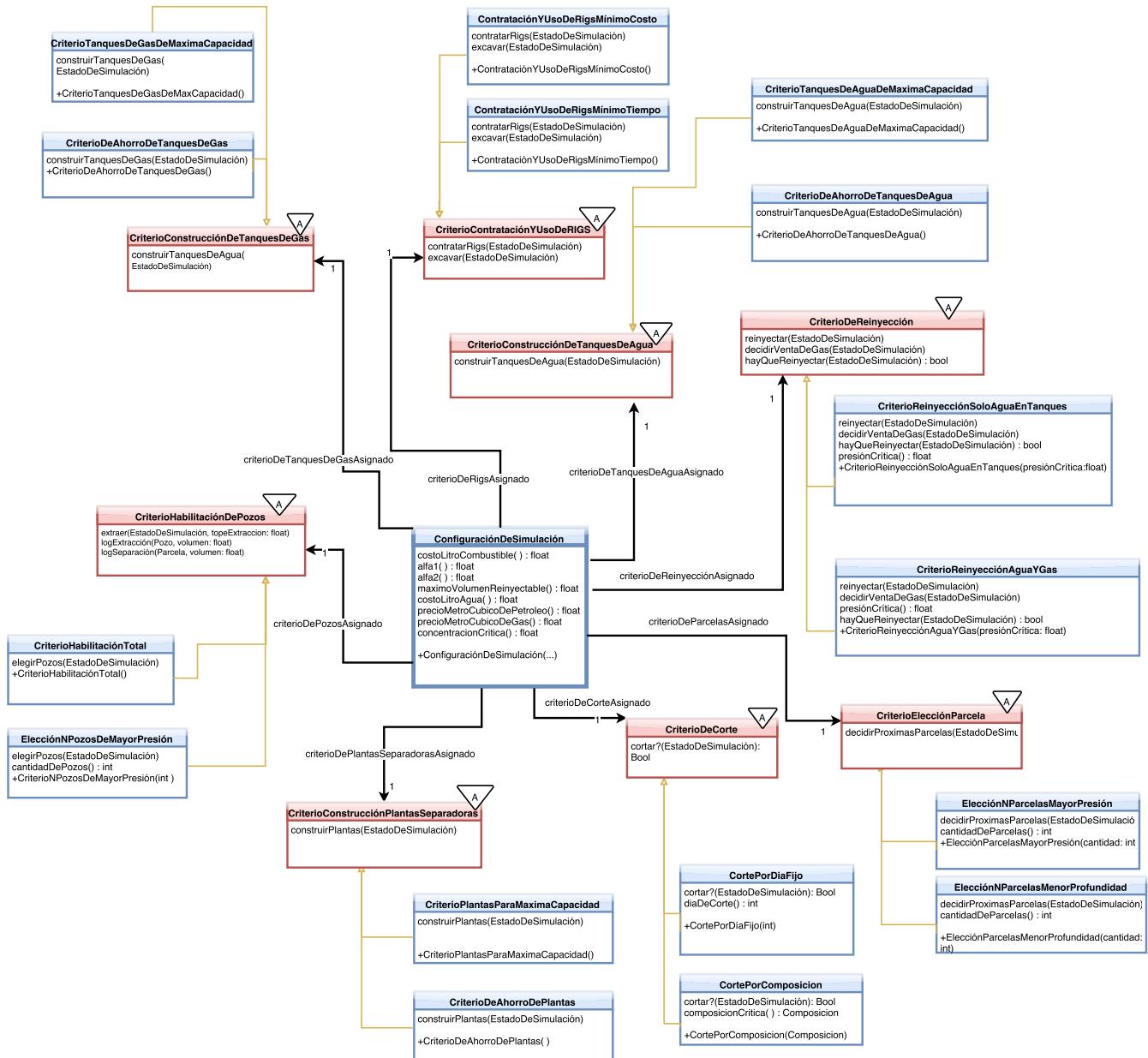


Figura 7: Diagrama de clases: clases de criterios del grupo de ingeniería



Pueden apreciarse algunas diferencias entre el diagrama completo y las primeras ideas planteadas.

Por ejemplo, ahora el simulador no es el objeto central sino que simplemente es un cliente del EstadoDeSimulación, el cual sí ocupa dicho lugar central.

Si bien se sigue con la idea de delegar decisiones a las clases de los criterios, el estado ahora no las conoce de primera mano, sino que estas son conocidas por una clase intermedia que representa la configuración de la simulación.

Dicha clase actúa como un repositorio de los parámetros ingresados a la simulación. De esta manera el único eje de cambio del estado refiere a aspectos propios de la logística del día a día de la simulación (responder a alquileres, construcciones, ventas, etc), significando mayor cohesión.

Los assets (o recursos) de la simulación conocen un modelo y es a él a quien delegan los mensajes referentes a sus cualidades “de fábrica”. Es responsabilidad de los criterios ir contando los números de id de sus construcciones y alquileres. Una alternativa a esto era consultarlos a la clase estado o que esta se encargara de ir contando cuando se le envían los mensajes de alquiler y construcción, pero nos pareció que no violaba la esencia de los criterios que se encargaran ellos mismos.

Decidimos que modelar los tanques de agua y gas con una única clase, dado que es en su finalidad

donde difieren. Responden a los mismos mensajes de la misma manera. Esto se asemeja a la realidad donde cisternas son utilizadas para almacenar diversos componentes.

En un principio habíamos asociado cada pozo a su respectiva parcela, dado que en el mundo real *los pozos están en las parcelas*, pero en el contexto de la simulación dicha asociación no aporta información y es irrelevante.

Si bien podríamos haber hecho que la presión actual de un pozo fuera algo conocido por el mismo en todo momento y sea modificado día a día, decidimos que sea relativa al estado de la simulación. Esto se hace aprovechando el espíritu recursivo de las fórmulas de presión donde continuamente se multiplican valores sobre la presión inicial, dichos valores no dependen del pozo.

Por lo tanto, el yacimiento conoce su *ratioPresión* que representa las *capas de multiplicación* de la fórmula recursiva, es decir, conserva el producto de todas las actualizaciones anteriores. Cuando se llama a *presiónActual* de un pozo dado un estado, se multiplica la presión inicial por el ratio. Y día a día únicamente se actualiza el ratio multiplicándolo por  $e^{-\beta_i}$  con  $\beta_i$  definida como está en el enunciado.

Esto nos permite, en particular, que los pozos tengan esencia inmutable y que su presión esté ligada a un momento en particular de la simulación.

La clase excavación representa parcelas en estado de perforación. Día a día se actualizan los metros restantes hasta que llegan a 0, se anula la excavación y se agrega un nuevo pozo al yacimiento.

Si bien no aporta información por ser una clase conocida por todos, existe tácitamente una clase logging que aporta el mensaje *info* necesario para que el sistema pueda declarar, cuando haga falta, las acciones que se realizan.

En total, estos son todas las decisiones del equipo de ingeniería para las cuales desarrollamos **criterios** en forma de clases abstractas:

- Elección de parcelas para excavación de pozos
- Contratación de RIGS
- Habilitación de pozos para extracción de producto
- Construcción de plantas separadoras de producto
- Construcción de tanques de agua
- Construcción de tanques de gas
- Reinyección
- Corte de explotación

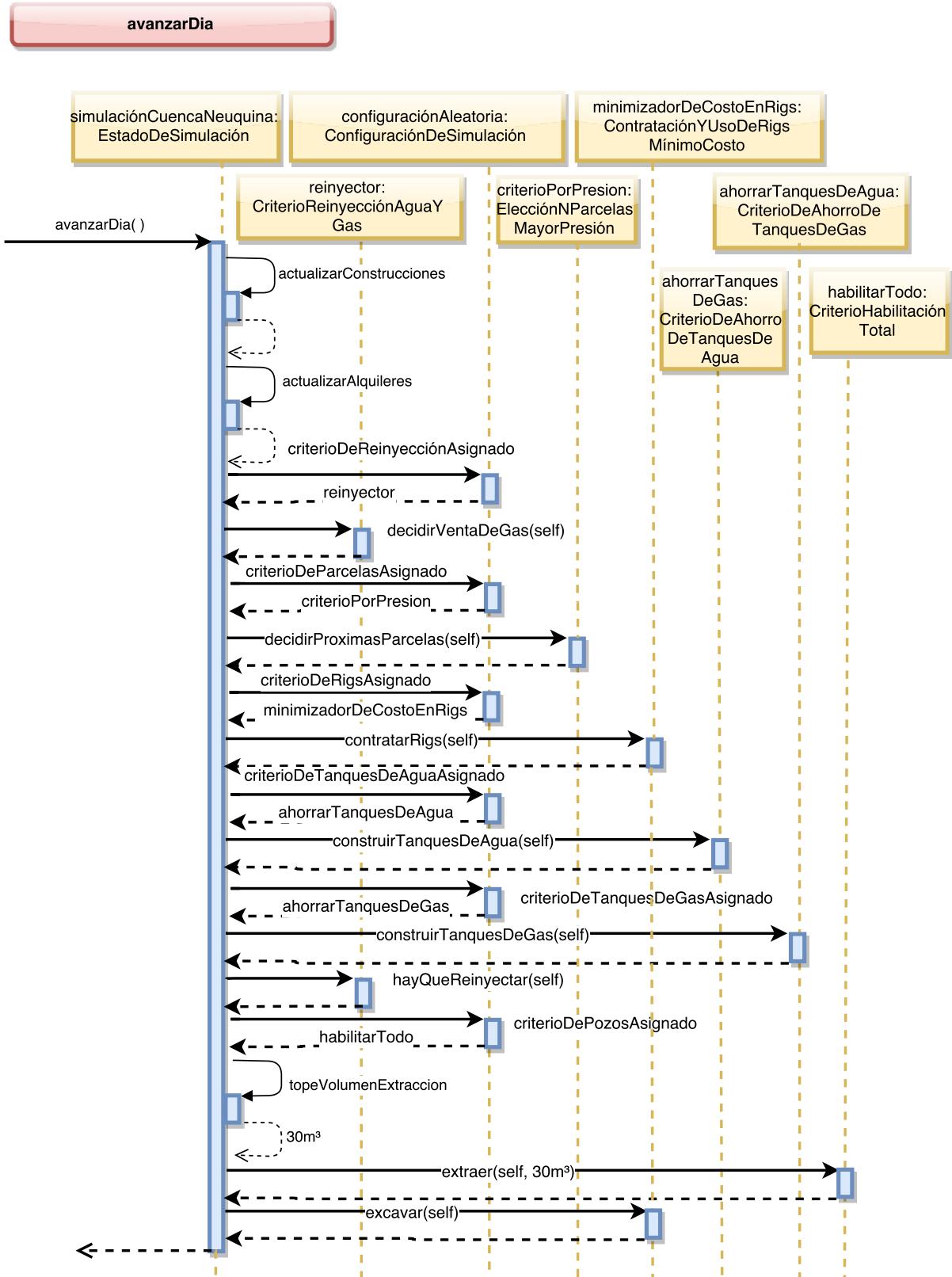
Para cada uno de estos items, existe una clase correspondiente en nuestro modelo, cada una con un par de alternativas de estrategias.

Para los criterios que deciden construcciones, excavaciones o alquileres, decidimos implementar estrategias que decidan únicamente el primer día todo lo necesario para el resto de la explotación. Siendo criterios *dummy* el resto de los días.

En la sección siguiente mostramos y explicamos algunos diagramas de secuencia de distintas partes del simulador, para entender mejor el funcionamiento interno del mismo y cómo nuestro diseño queda implementado finalmente.

### 2.2.2. Diagramas de secuencia

## Diagrama de avanzarDia



La dinámica de la simulación está centrada en el mensaje `avanzarDia` del `EstadoDeSimulación`. Durante dicho mensaje, el estado se encarga de iniciar colaboraciones con todos los criterios para que se encarguen de hacer todos los cambios necesarios para desarrollar las funcionalidades del simulador (por

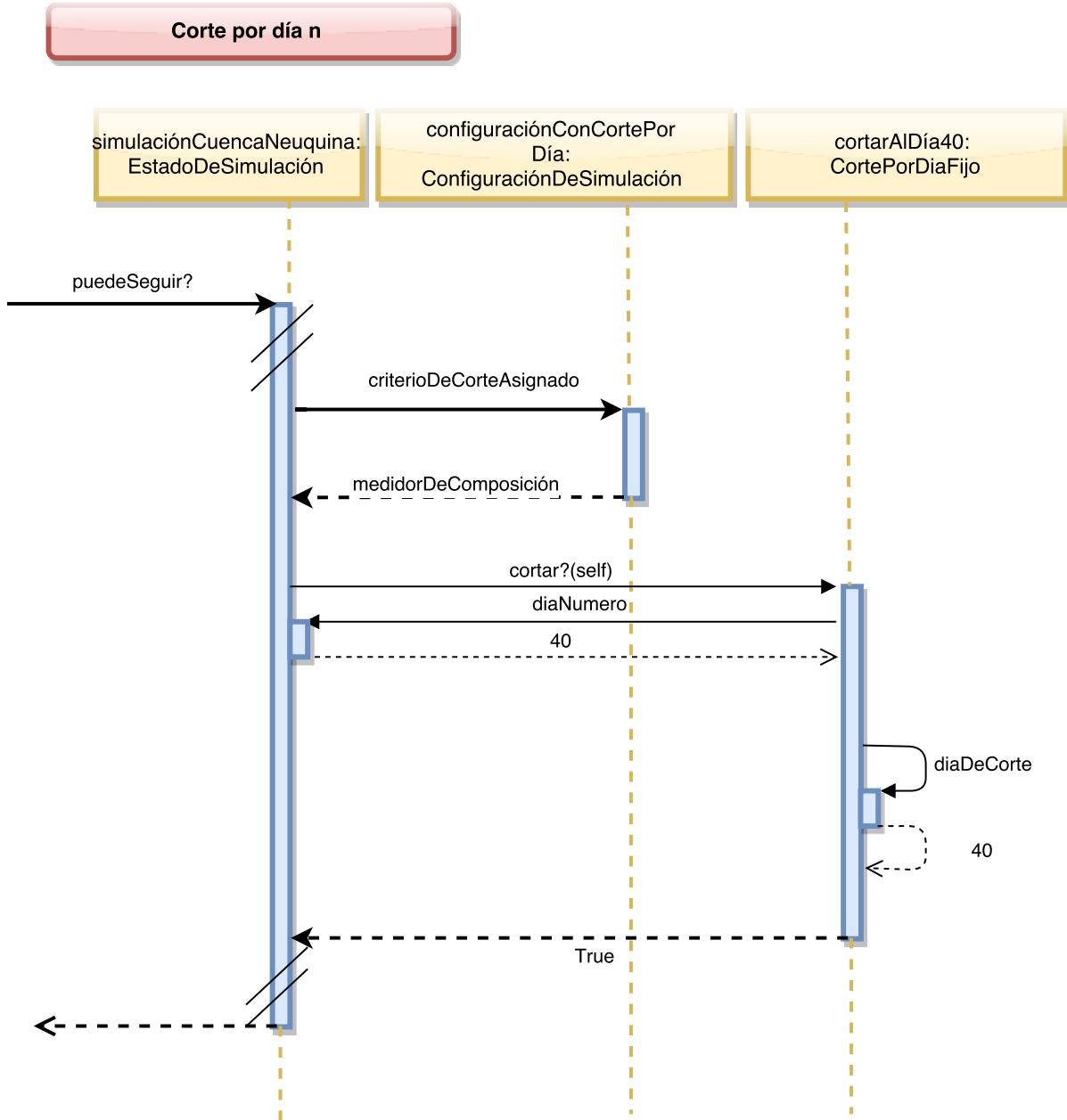
ejemplo, empezar excavaciones, construcciones, habilitar pozos para extraer producto).

De esta manera, el estado se encarga únicamente de actualizar el día y los tiempos restantes de las construcciones y alquileres (y haciendo lo necesario en caso de que terminen). Los demás cambios en el sistema los comandan los criterios elegidos, en conocimiento del estado. Esto tiene sentido, dado que son las decisiones del día a día del equipo de ingeniería las que determinan el flujo y resultado de la simulación.

### Diagrama de secuencia de distintos tipos de criterios

A continuación detallaremos con diagramas de secuencia algunas de las decisiones y colaboraciones que realizan los criterios definidos.

#### Diagrama de criterio de corte



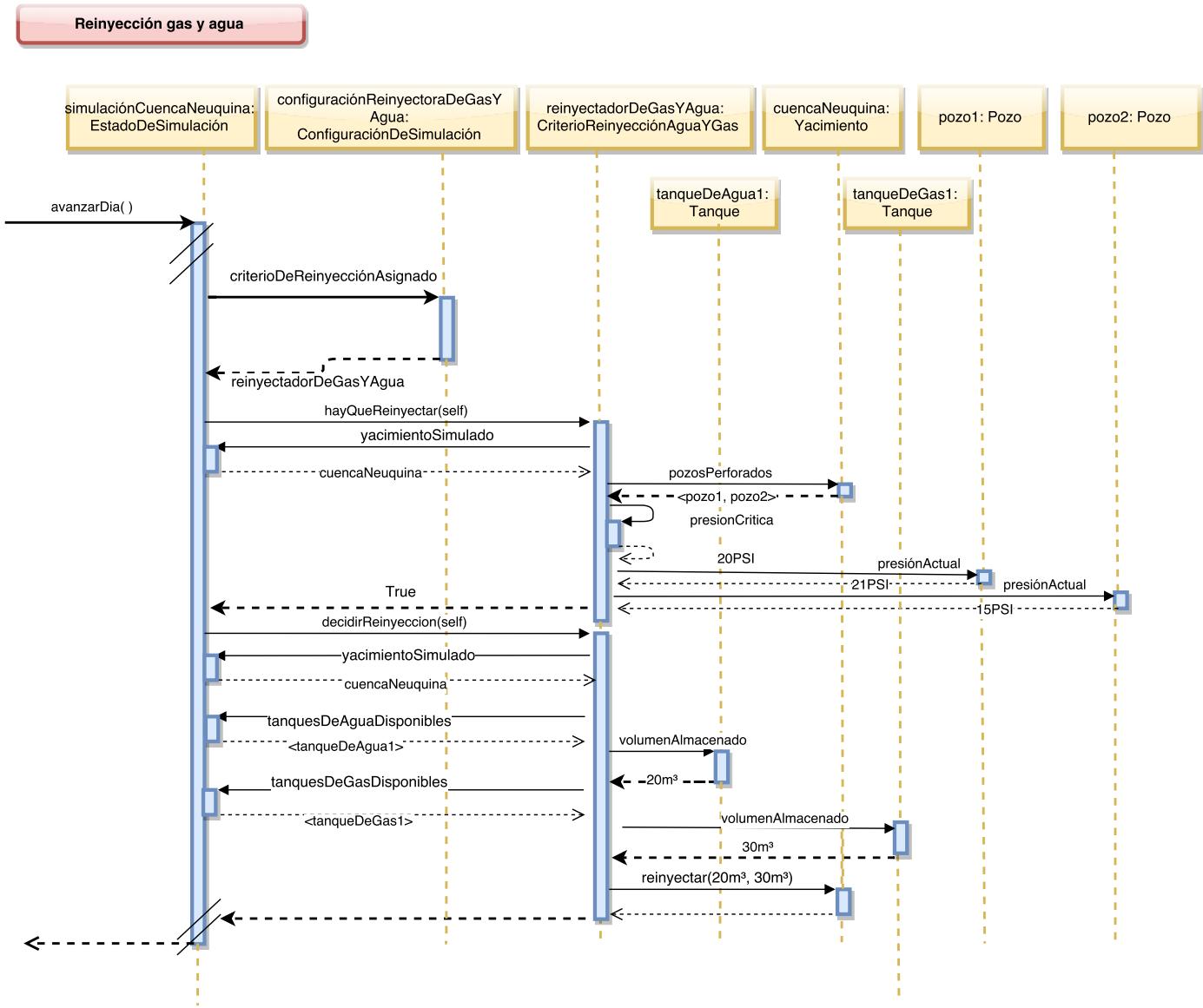
Durante la simulación, la clase Simulación se encarga constantemente de preguntarle al estado si debe continuar la simulación, mediante el mensaje `puedeSeguir?`. En caso de retornar `True`, la simulación le envía el mensaje `avanzarDía` al estado.

Para el estado poder responder a esto, compara la proporción de petróleo en el yacimiento con el umbral mínimo permitido, y además utiliza su criterio de corte. Los criterios de corte solo están obligados a responder el mensaje `cortar?`.

Este diagrama presenta un escenario en el cual el estado recibe el mensaje `puedeSeguir?`. En este caso, el criterio de corte por día fijo, en particular, 40. Por lo tanto el criterio decide que es necesario cortar.

En el caso de un corte únicamente por composición, el criterio compararía a su vez también su propia composición crítica con la composición actual del yacimiento.

### Diagrama de criterio de reinyección



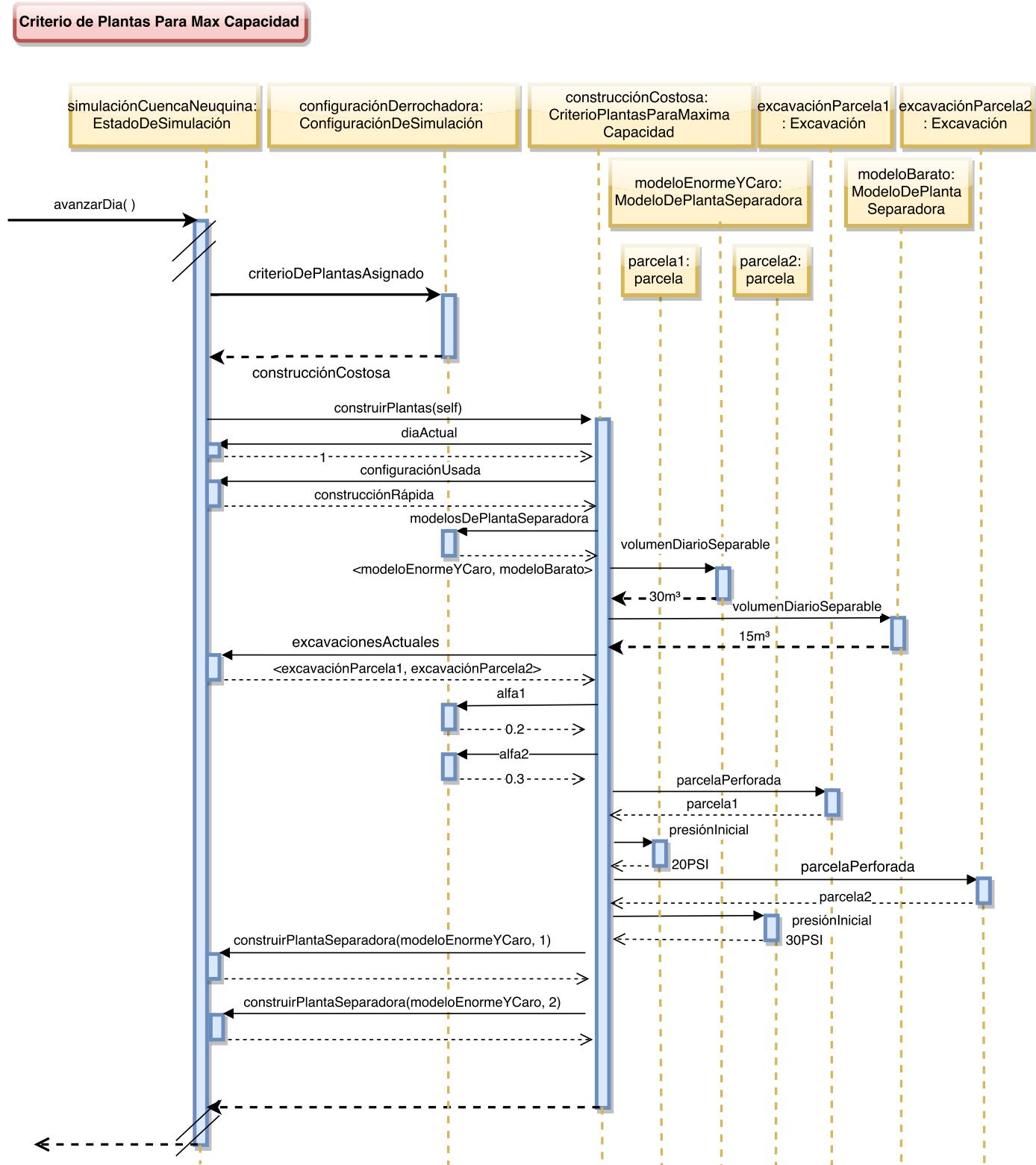
Dentro de avanzarDía del estado de simulación, se utiliza el criterio de reinyección seleccionado. Los criterios de reinyección deben saber responder a 3 mensajes: decidirVentaGas, hayQueReinyectar y reinyectar.

El escenario de la reinyección trata de una simulación configurada para reinyectar tanto gas como agua almacenada (nunca compra). Como el criterio reinyecta todo el agua y gas disponibles en tanques, al contar con un único tanque de cada tipo reinyecta su volumen almacenado.

El criterio decide reinyectar al recibir el mensaje hayQueReinyectar al notar que existe al menos un pozo con presión menor que la presión umbral seteada.

Si bien al momento de reinyectar usa todo el gas, el criterio implementa el mensaje venderGas de modo que guarde la mitad para las reinyecciones. En el caso del criterio de reinyección de solo agua almacenada, el gas es vendido en su totalidad, y las colaboraciones para reinyectar son las mismas pero obviando la consulta a tanques de gas.

## Diagrama de criterio de construcción de plantas



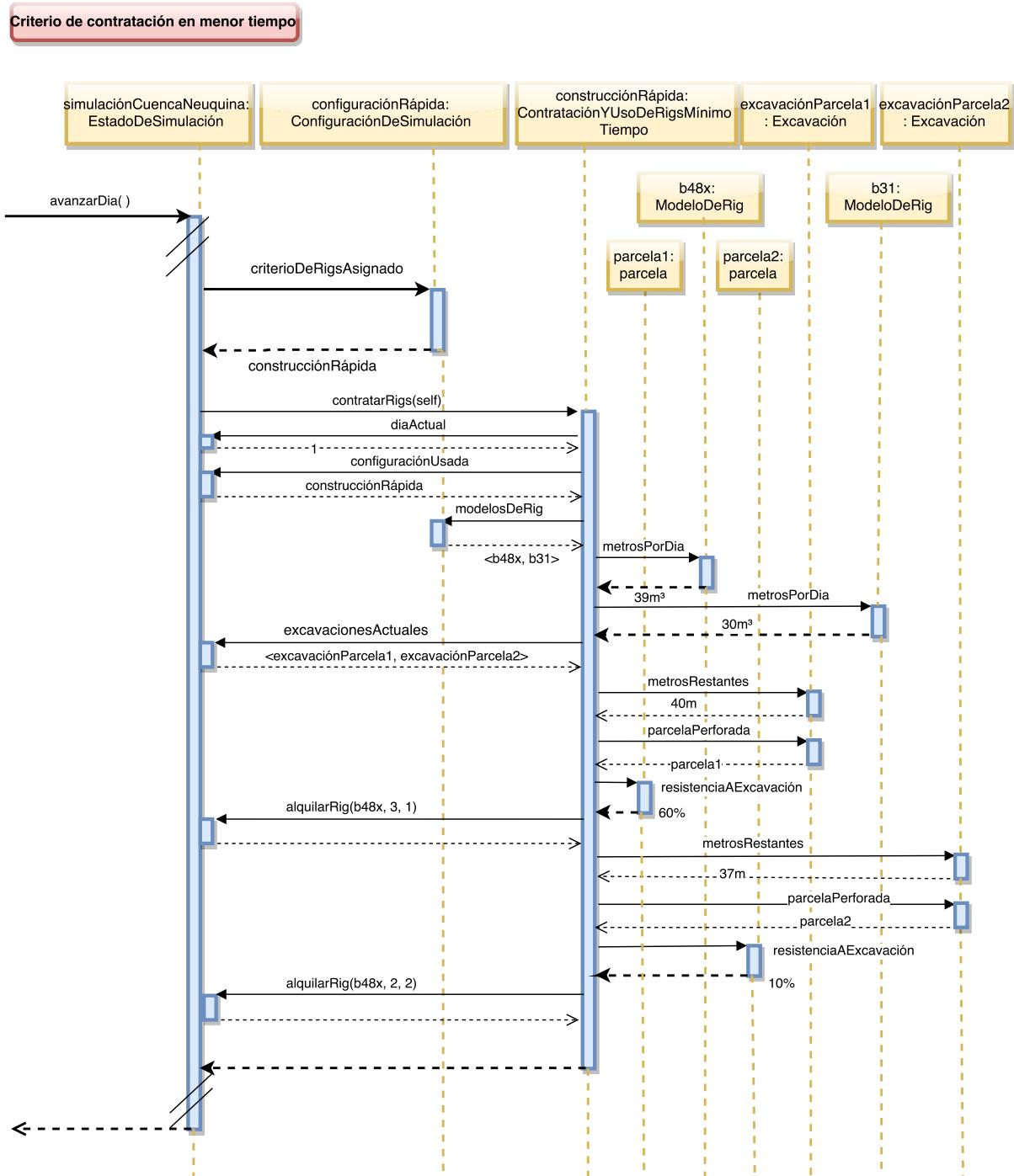
En este diagrama el estado le delega al criterio constructor de plantas de la configuración la construcción de las mismas. Por tratarse de un criterio para máxima capacidad, el criterio calcula y construye la cantidad de plantas del modelo con mayor volumen diario separable necesarias para soportar el volumen extraído en todos los pozos en excavación el primer día de su funcionamiento. En este caso el criterio construye dos plantas del modelo más grande (también más costoso, como sería de esperar) tras haber consultado la presión inicial de las parcelas excavadas y los coeficientes de la configuración para calcular

el volumen extraíble al primer día.

El criterio de ahorro hace lo mismo pero solamente construye considerando la mitad de todo el producto extraíble el primer día de todos los pozos. Además se elige la planta con mayor ratio performance/costo en vez de la de mayor volumen diario separable.

Las mismas colaboraciones se efectúan en los criterios de tanques (tanto para agua como para gas) salvo que se aplica la composición crítica al producto del primer día. De esta manera, se preparan tanques para la mayor cantidad de producto, pero considerando la composición más diluida posible (se asume que todo lo que no sea petróleo en la composición crítica es agua o gas según el tipo de tanque construido) lo que aporta una cota máxima al volumen de cada elemento almacenable por día.

## Diagrama de criterio de contratación y asignación de RIGS



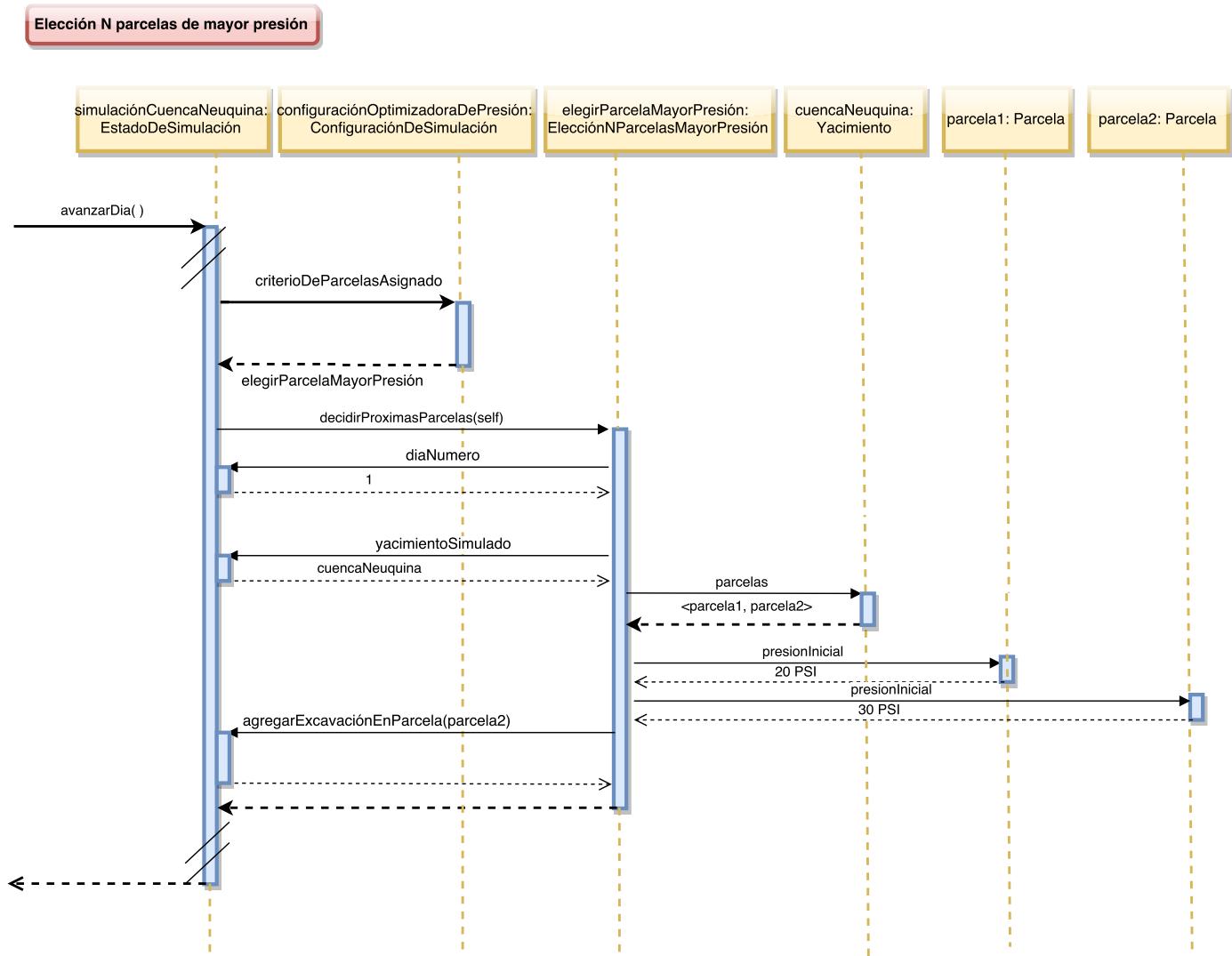
Al igual que el criterio de construcción de plantas, el criterio de contratación se encarga de hacer todas las contrataciones necesarias el primer día. El resto de los días no contrata.

Sabiendo el modelo de rig con más poder de excavación, el criterio de mínimo tiempo calcula cuántos días se necesitan para terminar de excavar todas las parcelas con este tipo de rig. De esta manera, las excavaciones terminan en el menor tiempo posible (aunque posiblemente alquilando los rigs más costosos).

El mismo criterio luego responde al mensaje excavar simplemente asignando cualquiera de estos rigs con máximo poder de excavación a cada excavación existente (por la manera en que se contrata, siempre hay tantos rigs como excavaciones).

En la versión de mínimo costo, se usa un único rig con menor costo final (es decir, ponderando consumo de combustible, costo de alquiler y días mínimos de alquiler) para realizar todas las excavaciones, aumentando tiempo pero también disminuyendo costos.

### Diagrama de elección de parcelas

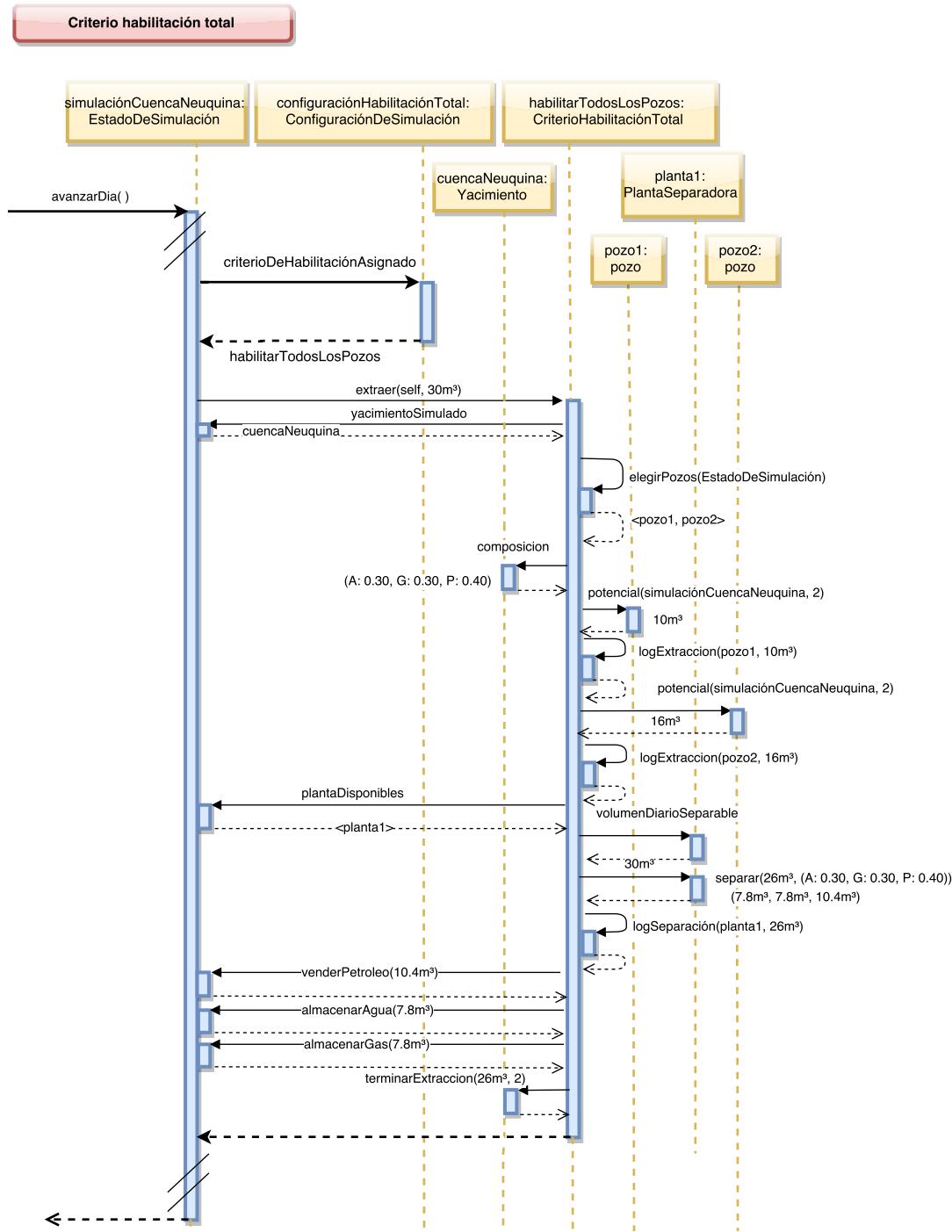


Cuando el estado de simulación llama al mensaje de decisión de las próximas parcelas a excavar el primer día, el criterio se encarga de consultar por el yacimiento simulado y, luego, por las parcelas que tiene. En el escenario del diagrama el criterio elige por mayor presión y la cantidad de parcelas elegibles prefijadas es 1, por lo tanto elige de las dos parcelas del yacimiento la parcela 2, que tiene mayor presión.

En el caso del criterio que escoge N parcelas por profundidad, en lugar de preguntar por la presión inicial pregunta por la profundidad y escoge las N menores.

Dado que el criterio elige el primer día la cantidad necesaria para el desarrollo de la explotación, el resto de los días no realiza nada en particular al recibir el mensaje.

### Diagrama de habilitación y extracción de pozos



Cuando el estado envía el mensaje `extraer` al criterio de habilitación de pozos este último consulta al primero por el yacimiento simulado para conocer su composición (lo conoce porque se envía como self junto con el tope de volumen extraible).

El tope de volumen el estado lo calcula sabiendo tanto el volumen separable (conocimiento que consigue de sus plantas) y almacenable tanto de agua y gas (conocimiento que consigue de sus tanques y de la composición del yacimiento) de modo que todo lo extraído sea tanto separable como almacenable (ni el gas ni el agua se pueden tirar).

También se autoenvía el mensaje `elegirPozos` (el cual a diferencia de `extraer` es implementado por cada

criterio en particular) para saber cuáles son los pozos que tiene que iterar consultando por su potencial volumen. Por ser un criterio de habilitación total, elige los únicos dos pozos de la explotación. Si fuera la versión de N pozos de mayor presión, por ejemplo con  $N=1$ , hubiera elegido el pozo de los dos que mayor presión tuviera.

Luego, conociendo las plantas del estado, se iteran para separar el total del producto extraído y finalmente indicándole al estado que venda el petróleo extraído y que almacene la cantidad de agua y gas extraída.

Finalmente el criterio le indica al yacimiento que termine la extracción actualizando las presiones según la cantidad de pozos que se habilitó y el volumen que se extrajo.