



MÉTODOS FORMALES PARA INGENIERÍA DE SOFTWARE

Trabajo Práctico N° 3

Alloy: Modelado Estático y de Dinámica

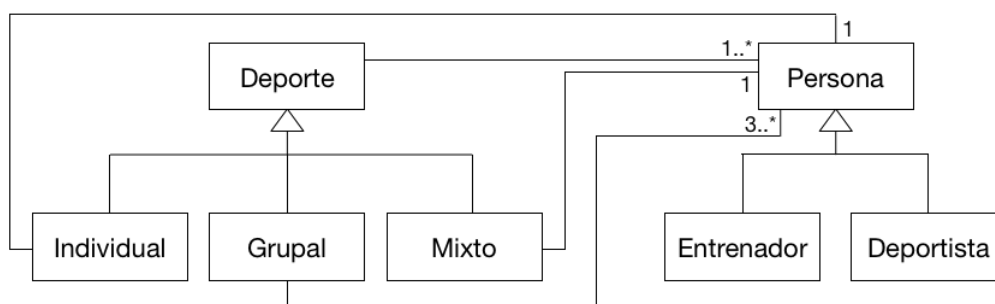
Segundo Cuatrimestre de 2020

IMPORTANTE: Para la resolución de los ejercicios de este trabajo práctico, es imprescindible el uso del *analizador* de Alloy. A tal efecto, deberá definir comandos para generar instancias significativas del modelo y verificar las restricciones impuestas sobre el mismo. De manera similar, deberá verificarse que los predicados y/o funciones definidos siguen el comportamiento esperado de su definición.

Deberá dejarse constancia de los comandos utilizados (es decir, deberán quedar escritos en el archivo .als correspondiente).

Ejercicios

1. Considere el siguiente diagrama, el cual modela información acerca de deportes, sus miembros y sus delegaciones. Todo deporte tiene asociado un grupo de personas, que definen la delegación. Los deportes se clasifican en individuales o grupales, y los grupales pueden ser mixtos o no. Los deportes individuales tienen un único miembro. Los deportes grupales poseen un equipo de tres o más personas, entre entrenadores y deportistas. Además, los deportes mixtos incorporan un coordinador, siendo éste una persona que no necesariamente es entrenador o deportista, el cual vela por la armonía del equipo.

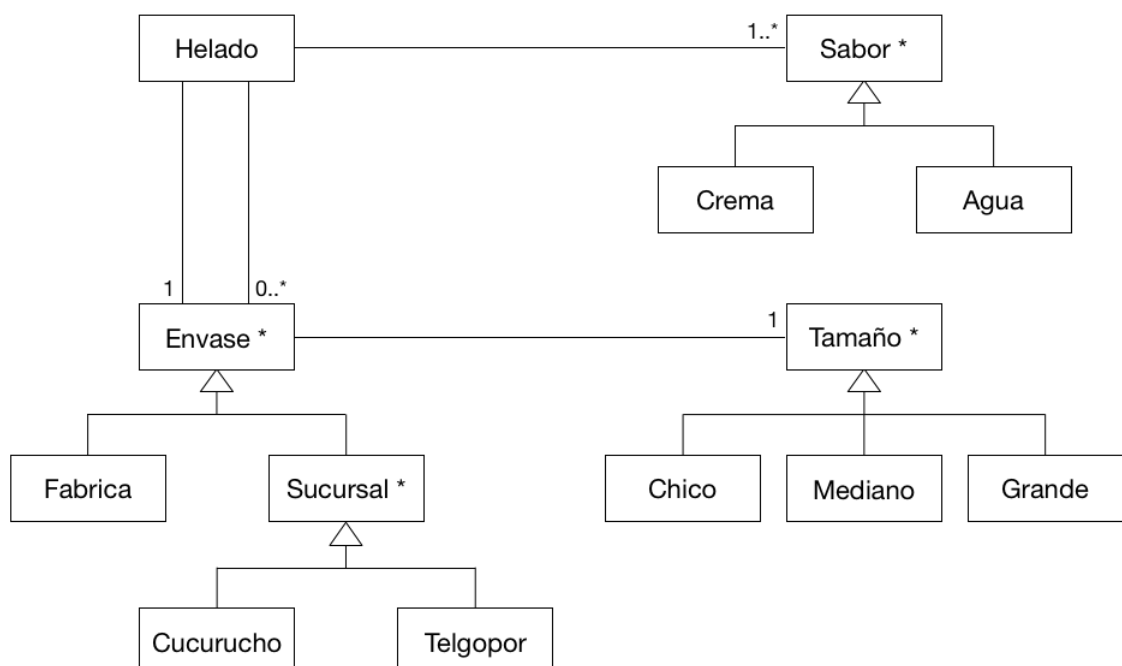


- a) Escriba un modelo en Alloy para representar este dominio respetando, además del diagrama y las condiciones antes mencionadas, las siguientes restricciones:
- Todo miembro de un deporte individual debe ser deportista.
 - El equipo de un deporte grupal no puede tener más de un entrenador, y el resto de los miembros del equipo son sólo deportistas.
 - Una persona no puede cumplir dos roles diferentes dentro del mismo deporte, pero sí en deportes diferentes.

- La delegación de un deporte está conformada por todas las personas vinculadas a ese deporte, cualquiera sea su rol.
- b) Defina predicados y/o funciones para verificar que el modelo admite el siguiente comportamiento:
- Determinar si un deporte posee en su equipo entre 3 y 5 miembros que son sólo deportistas.
 - Obtener el conjunto de personas vinculadas a cualquier deporte que únicamente cumplen rol de entrenador.
 - Agregar un deportista al equipo de un deporte, siempre y cuando el equipo tenga actualmente entre 3 y 5 miembros que son sólo deportistas, posea entrenador, y no se trate de un deporte mixto.
 - Remover de un equipo al entrenador, siempre y cuando el mismo participe en otros 2 deportes como entrenador o deportista.

OBSERVACIONES:

- El modelo de base a definir deberá contener únicamente las signaturas y relaciones indicadas en el diagrama.
 - Puede brindar cualquier otra especificación (hecho, aserción, predicado, función, etc.) adicional que considere necesaria y sea sensata.
2. Considere el siguiente diagrama, el cual modela información acerca de los helados que vende una heladería. Cada helado posee al menos un sabor, y el tipo de todo sabor es *a la crema* o *al agua*. Asimismo, cada helado posee un envase principal (el recipiente en el que se entrega el helado) y, posiblemente, un conjunto de envases adicionales. Los envases corresponden a fábrica (para helados pre-envasados) o a sucursal (para helados servidos en la sucursal), pero no a ambos. En particular, todo envase de sucursal es de telgopor o es un cucurucho comestible, siendo los cucuruchos los únicos utilizables como envases adicionales para helados. Por último, todo envase posee un tamaño, el cual es chico, mediano o grande.



a) Escriba el siguiente modelo en Alloy, correspondiente al dominio antes presentado:

```
sig Helado {  
    sabores: some Sabor,  
    principal: lone Envase,  
    adicionales: set Envase  
}  
  
abstract sig Sabor { }  
  
sig Crema, Agua in Sabor { }  
  
abstract sig Envase { tam: set Tamanio }  
  
sig Fabrica extends Envase { }  
  
abstract sig Sucursal extends Envase { }  
  
sig Cucurucho, Telgopor extends Sucursal { }  
  
abstract sig Tamanio { }  
  
sig Chico, Mediano, Grande extends Tamanio { }
```

El modelo ¿cumple con todas las restricciones especificadas en el diagrama y en su descripción previa? Si su respuesta es negativa, agregue las restricciones necesarias sobre el modelo, sin modificar el modelo de base (i.e., manteniendo las firmas y relaciones definidas).

b) Partiendo del modelo y las restricciones definidas en el inciso anterior, agregue restricciones adicionales para asegurar que el modelo satisface las siguientes condiciones:

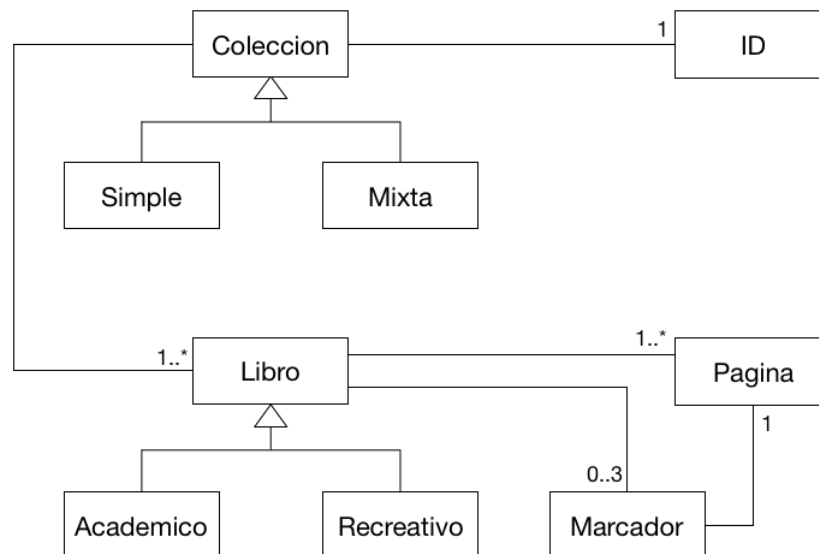
- El helado envasado en fábrica no tiene sabores al agua.
- Los cucuruchos sólo se ofrecen en tamaño mediano o grande.
- El helado servido en cucurucho puede tener hasta dos sabores (mediano) o hasta tres sabores (grande).
- El helado servido en cucurucho no puede contener sabores de distinto tipo (es decir, no puede tener algún sabor al agua y otro a la crema).
- El helado servido en tarro de telgopor puede tener hasta dos sabores (chico), hasta tres sabores (mediano) o hasta cuatro sabores (grande).
- Los únicos helados que pueden tener envases adicionales son aquellos cuyo envase principal es de telgopor.
- La cantidad de envases adicionales de un helado no puede superar la cantidad de sabores del helado.

c) Defina predicados y/o funciones para modelar el siguiente comportamiento:

- Añadir un envase adicional a un helado. Esta acción es posible si el helado está servido en tarro de telgopor y no está al límite de la cantidad de adicionales permitidos. Deberá explicitarse toda pre y post-condición asociada a la acción.
 - Trasvasar un helado envasado en sucursal (cambiar el tipo de su envase principal). Esta acción es posible si el tamaño del envase principal del helado no supera el tamaño del envase nuevo. Además, si se quiere cambiar un envase de telgopor por un cucurucho, el helado no debe poseer adicionales ni sabores de diferente tipo. Por otra parte, si se quiere cambiar un cucurucho por un envase de telgopor, el cucurucho pasa a ser un envase adicional. Deberá explicitarse toda pre y post-condición asociada a la acción.
 - Obtener el conjunto de helados que se pueden trasvasar a un cucurucho mediano.
- d) ¿Es posible trasvasar un helado servido en tarro de telgopor mediano a un cucurucho mediano? Justifique su respuesta brindando la especificación correspondiente en Alloy.
- e) Si su respuesta al inciso anterior fue afirmativa ¿cuántos sabores debe poseer el helado para que sea posible dicho traspaso? Justifique su respuesta brindando la especificación correspondiente en Alloy.

OBSERVACIÓN: Puede brindar cualquier otra especificación (hecho, aserción, predicado, función, etc.) adicional que considere necesaria y sea sensata.

3. Considere el siguiente diagrama, el cual modela información acerca de las colecciones de libros que tiene una biblioteca. En particular, toda colección posee un identificador y está categorizada como simple o mixta, pero no ambas. Por otra parte, un libro puede pertenecer a la categoría recreativo o académico, siendo estas mutuamente excluyentes, pero no necesariamente todo libro está categorizado. Por último, un libro posee un conjunto de páginas y un grupo de hasta tres marcadores, cada uno de los cuales referencia a una página del libro.



- a) Escriba el siguiente modelo en Alloy, correspondiente al dominio antes presentado:

```
sig Coleccion {  ident: ID,
                  librosCol: set Libro }

sig ID { }

sig Simple, Mixta in Coleccion { }

sig Libro { paginas: some Pagina,
             marcadores: set Marcador }

sig Marcador { pag: Pagina }

sig Academico, Recreativo in Libro { }

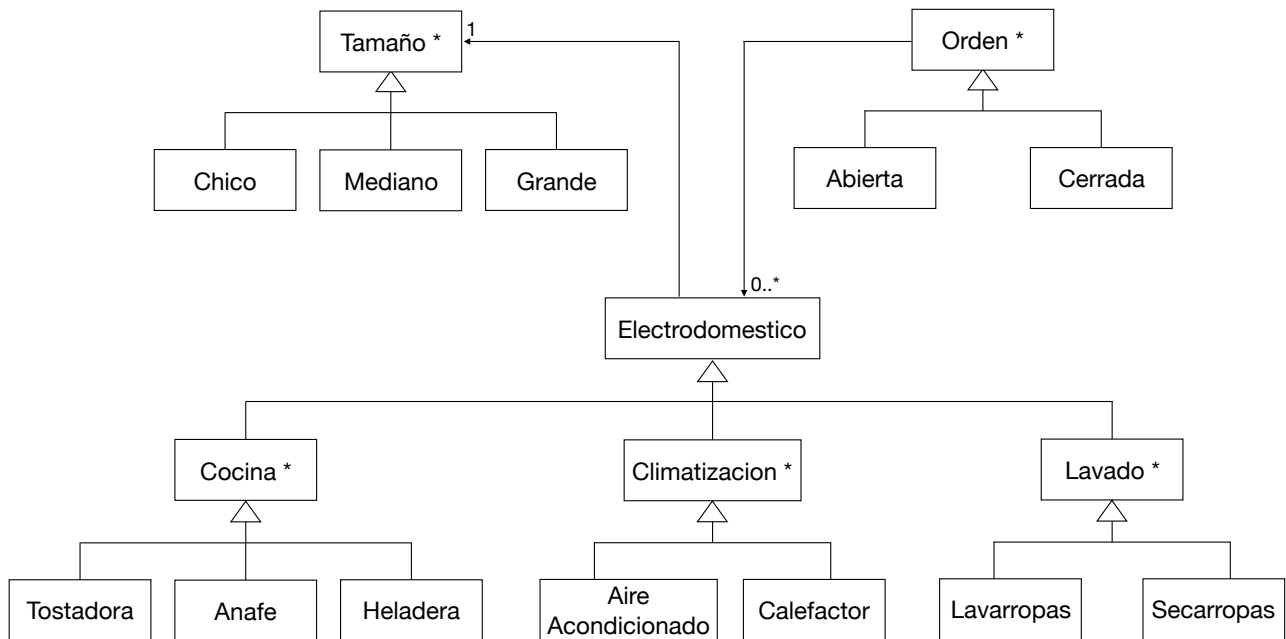
sig Pagina { }
```

El modelo ¿cumple con todas las restricciones especificadas en el diagrama y en su descripción previa? Si su respuesta es negativa, agregue las restricciones necesarias sobre el modelo, sin modificar el modelo de base (i.e., manteniendo las firmas y relaciones definidas).

- b) Partiendo del modelo y las restricciones definidas en el inciso anterior, agregue restricciones adicionales para asegurar que el modelo satisface las siguientes condiciones:
- Una colección simple no puede contener libros de distinta categoría (ni tampoco mezclar libros categorizados con no categorizados).
 - Dos colecciones de diferente tipo no pueden compartir su identificador.
 - Dos libros de diferente categoría no pueden compartir páginas.
- c) Defina predicados y/o funciones para modelar el siguiente comportamiento:
- Agregar un libro a una colección de la biblioteca. En general, esta acción es posible siempre y cuando el libro no pertenezca a una colección con distinto identificador. Adicionalmente, si se lo quiere agregar a una colección mixta, la colección resultante (luego de agregarlo) no debe poseer más de dos categorías de libros, considerándose también a “no categorizado” como una categoría.
 - Marcar una página de un libro. Como requisito general, la página que sea desea marcar no debe estar referenciada por otro marcador del libro. Luego, dicha acción es posible siempre que el libro posea menos de tres marcadores. Por otra parte, si todos los marcadores del libro se encuentran ocupados, se reemplaza uno de los marcadores antiguos.
 - Obtener el conjunto de páginas que se encuentran marcadas en libros recreativos pertenecientes a colecciones mixtas de la biblioteca.
- d) Especifique comandos en Alloy para verificar el correcto funcionamiento (considerando todos los casos de éxito y al menos un caso de no éxito) de los predicados y/o funciones definidos en el inciso anterior.

OBSERVACIÓN: Puede brindar cualquier otra especificación (hecho, aserción, predicado, función, etc.) adicional que considere necesaria y sea sensata.

4. Considere el siguiente diagrama, el cual modela información acerca de una casa de venta de electrodomésticos. En particular, la casa de electrodomésticos maneja órdenes de compra de electrodomésticos, las cuales pueden albergar un máximo de 6 ítems. Cada electrodoméstico pertenece a una de las siguientes categorías: cocina, climatización, lavado. Dentro de los artefactos de cocina se encuentra la tostadora, el anafe y la heladera. Por otra parte, los artefactos de climatización incluyen únicamente aire acondicionado y calefactor. Finalmente, los artefactos de lavado son lavarropas o secarropas. Asimismo, cada electrodoméstico posee un tamaño (chico, mediano o grande). Con respecto a las órdenes de compra, las mismas están abiertas o cerradas.



- a) Escriba un modelo en Alloy para representar este dominio respetando las relaciones indicadas en el diagrama y las condiciones antes mencionadas.

Además, el modelo deberá respetar las siguientes restricciones:

- Sólo pueden declararse como abstractas aquellas signaturas denotadas con *.
- Los electrodomésticos de climatización sólo se fabrican en tamaño grande.
- Los electrodomésticos de lavado se ofrecen en tamaño mediano o grande.
- Las tostadoras son de tamaño chico.
- Los anafes pueden ser chicos o medianos.
- Las heladeras se encuentran disponibles en tamaño mediano o grande.
- Una orden de compra no puede contener más de dos electrodomésticos de climatización.
- Los electrodomésticos de cocina no pueden comprarse junto con los de lavado.

b) Defina predicados y/o funciones para modelar el siguiente comportamiento:

- Remover un electrodoméstico de una orden. Esta acción es posible siempre y cuando la orden se encuentre abierta. Además, luego de remover el electrodoméstico indicado, la orden resultante deberá albergar una cantidad de electrodomésticos chicos que no supere la suma de la cantidad de electrodomésticos de los otros tamaños. Por último, si el electrodoméstico a remover es de tamaño chico, la orden resultante deberá contener como máximo electrodomésticos de dos categorías.
 - Obtener el conjunto de electrodomésticos que pueden ser removidos (de manera individual) de una orden dada.
- c) Especifique comandos en Alloy para verificar el correcto funcionamiento de los predicados y/o funciones solicitados en el inciso anterior.

OBSERVACIÓN: Puede brindar cualquier predicado o función adicional que considere necesario.

5. Considere el siguiente modelo en Alloy, el cual modela la existencia de recipientes de diferentes colores (rojo, azul o verde) que pueden albergar líquido en función de su capacidad máxima en mililitros (ml).

```
sig Recipiente {
    colorRecip: one Color,
    capacidadMax: one ContenidoML,
    cantLiquido: one ContenidoML
}

abstract sig Color { }

one sig Verde, Rojo, Azul extends Color { }

abstract sig ContenidoML { }

one sig Cero, Veinticinco, Cincuenta, Setentaycinco, Cien extends ContenidoML { }
```

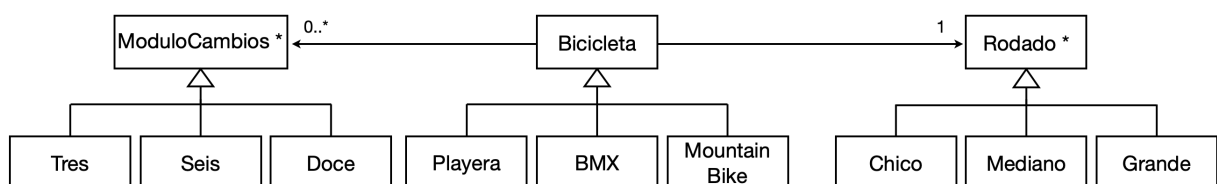
Resuelva los siguientes incisos:

- a) Añada al modelo (únicamente) la restricción necesaria para capturar la siguiente intuición,
sin modificar el modelo de base (definición de firmas y relaciones provista):
la capacidad máxima de cada recipiente es 75 ml o 100 ml.
- b) ¿Es posible que exista un recipiente cuyo contenido (cantidad de líquido actual) supere su capacidad máxima? Justifique su respuesta brindando el correspondiente comando en Alloy.
- c) ¿Es posible que existan dos (o más) recipientes con el mismo color y la misma cantidad de líquido? Justifique su respuesta brindando el correspondiente comando en Alloy.

- d) Defina un predicado que dados tres contenidos determine si el tercero equivale a la suma de los dos primeros, en tanto la suma no supere los 100 ml.
- e) Especifique comandos en Alloy para verificar el correcto funcionamiento del predicado solicitado en el inciso anterior.
- f) Defina una función que dados dos contenidos permita obtener el contenido resultante de sumar los dos primeros, en tanto la suma no supere los 100 ml.
- g) Especifique comandos en Alloy para verificar el correcto funcionamiento de la función solicitada en el inciso anterior.
- h) Defina un predicado que modele el comportamiento de añadir contenido (superior a 0 ml) a un recipiente. Esta acción será factible siempre y cuando el añadido no provoque un rebalse (es decir, el contenido final no deberá superar la capacidad máxima del recipiente). Además, luego del añadido, no deberán existir dos recipientes del mismo color que posean el mismo nivel de contenido.
- i) Especifique comandos en Alloy para verificar el correcto funcionamiento (considerando al menos dos casos de éxito y un caso de no éxito) del predicado solicitado en el inciso anterior. Para el caso de no éxito, indique qué características tiene el comando definido, mencionando los motivos que hacen que no sea posible realizar el añadido.

OBSERVACIONES:

- Puede brindar cualquier predicado o función adicional que considere necesario.
 - Se recomienda utilizar el evaluador para complementar la verificación.
6. Considere el siguiente diagrama, el cual modela información acerca de las bicicletas que vende un negocio. Cada bicicleta posee un rodado, el cual es chico, mediano o grande. Asimismo, cada bicicleta posee uno de los siguientes tipos: playera, BMX o mountain bike. Por último, algunas bicicletas tienen módulos de cambios (cada uno de los cuales puede tener distinta cantidad de cambios).



- a) Escriba un modelo en Alloy para representar este dominio respetando las relaciones indicadas en el diagrama y las condiciones antes mencionadas.

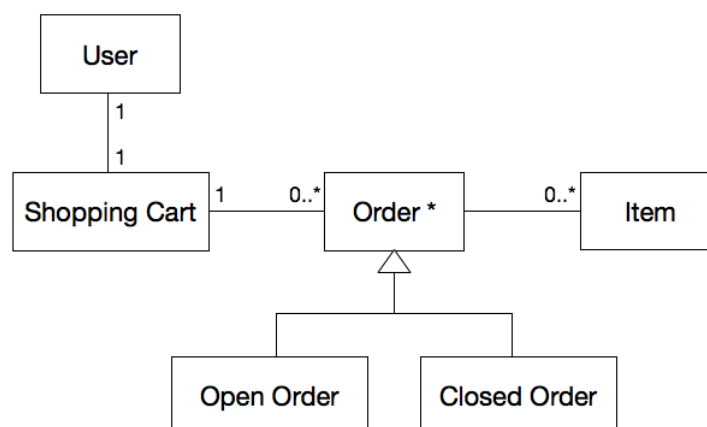
Además, el modelo deberá respetar las siguientes restricciones:

- Únicamente pueden declararse como abstractas aquellas signaturas denotadas con *.
- Las bicicletas BMX no poseen cambios.
- Las bicicletas playeras pueden tener cambios.
- Las bicicletas mountain bike tienen cambios.

Escriba un modelo en Alloy para representar este dominio, añadiendo las restricciones que considere necesarias. Asimismo, deberá definir un conjunto de restricciones que permitan verificar que el modelo admite el siguiente comportamiento:

- Una computadora puede enviar (añadir) al almacenamiento un mensaje para sí misma o para una computadora vecina.
- Una computadora puede recibir (retirar) del almacenamiento un mensaje que la tenga como destinataria.
- Una computadora puede consultar al almacenamiento (sin retirar) todos los mensajes que la tengan como destinataria.
- Una computadora puede consultar al almacenamiento (sin retirar) todos los mensajes que la tengan como destinataria y que hayan sido enviados por una de sus computadoras vecinas.
- Una computadora puede recibir (retirar) del almacenamiento todos los mensajes que la tengan como destinataria y que hayan sido enviados por una de sus computadoras vecinas.
- Una computadora puede recibir (retirar) del almacenamiento todos los mensajes que la tengan como destinataria.
- Agregar una computadora al conjunto de computadoras autorizadas de un almacenamiento.
- Remover una computadora del conjunto de computadoras autorizadas de un almacenamiento. Dicha computadora puede ser removida únicamente si el almacenamiento no posee mensajes que la tengan como destinataria.
- Remover una computadora del conjunto de computadoras autorizadas de un almacenamiento. Al remover dicha computadora, el almacenamiento mantiene todos los mensajes que la tengan como destinataria.
- Remover una computadora del conjunto de computadoras autorizadas de un almacenamiento. Al remover dicha computadora, el almacenamiento elimina todos los mensajes que la tengan como destinataria.

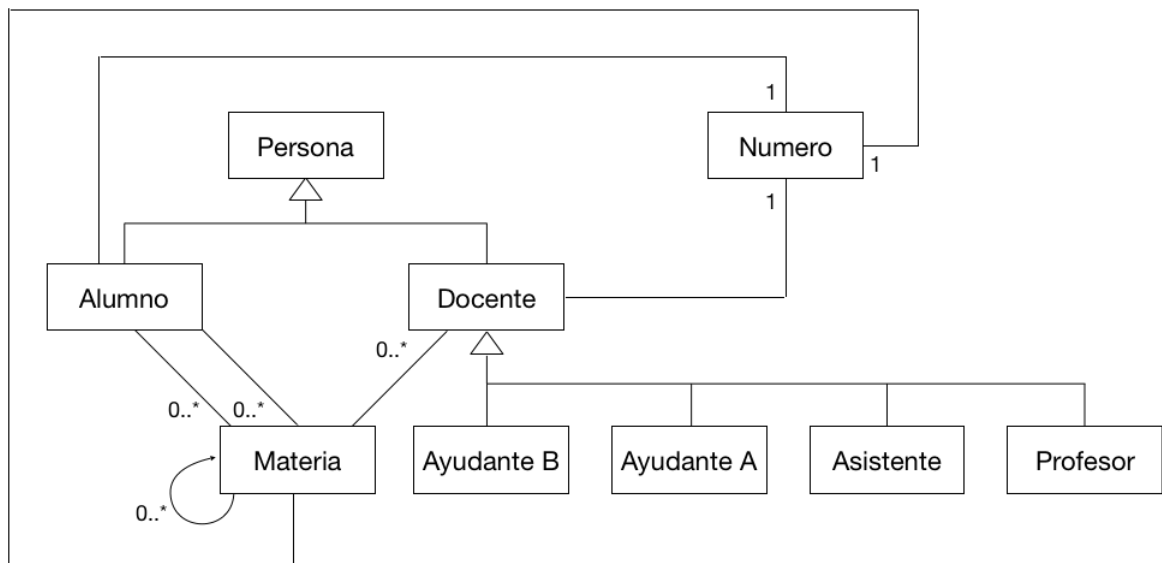
8. Considere el siguiente diagrama de clases, el cual modela un sistema en el que usuarios pueden hacer uso de carritos de compras para efectuar diversas órdenes con el objetivo de comprar ítems:



Escriba un modelo en Alloy para representar este dominio, añadiendo las restricciones que considere necesarias. Asimismo, deberá definir un conjunto de restricciones que permitan verificar que el modelo admite el siguiente comportamiento:

- Añadir un ítem a una orden.
- Remover un ítem de una orden.
- Añadir una nueva orden para un usuario.
- Remover una orden de un usuario.
- Cerrar una orden de un usuario.
- Despachar el carrito de compras de un usuario.

9. Considere el siguiente diagrama de clases, el cual corresponde a una abstracción parcial del funcionamiento de una universidad en relación al manejo de alumnos y docentes de materias. Una persona puede ser alumno o docente universitario. En particular, los docentes universitarios poseen un número de legajo y se clasifican en las siguientes categorías: “ayudante B”, “ayudante A”, “asistente” o “profesor”, donde la primera de ellas corresponde a *ayudantes alumnos*. Cada materia posee un código y un conjunto de docentes que se encuentran a cargo del dictado de la misma. Asimismo, una materia tiene asociado un conjunto de materias correlativas. Cada alumno posee un número de libreta universitaria, una historia académica (conjunto de materias que tiene aprobadas), y el conjunto de materias en las que se encuentra inscripto.



- a) Escriba un modelo en Alloy para representar este dominio respetando, además del diagrama y las condiciones antes mencionadas, las siguientes restricciones:
- Un alumno puede estar inscripto como máximo en 2 materias.
 - Los alumnos no deberían estar inscriptos en materias que no tienen docentes asociados.
- b) Analice qué situaciones se consideran “sensatas”, y qué situaciones no deberían ocurrir en instancias del modelo definido. Añadir al modelo las restricciones correspondientes a cada una de dichas situaciones. A modo de ejemplo: ¿tiene sentido que exista un docente que no posea categoría? ¿tiene sentido que haya solapamiento

entre las categorías docentes? ¿tiene sentido que dos alumnos compartan el mismo número de libreta universitaria?.

c) Defina un conjunto de predicados y/o funciones para verificar que el modelo admite el siguiente comportamiento, estableciendo las pre y post condiciones necesarias en cada caso:

- Obtener el listado de docentes que dictan una materia.
- Obtener el listado de alumnos que cumplen con los requisitos de correlatividad para cursar una determinada materia.
- Determinar si es posible añadir un docente al plantel de una materia dada.
- Determinar si un alumno puede inscribirse en una determinada materia.
- Determinar si un alumno puede desinscribirse de una determinada materia.
- Agregar una materia aprobada al historial académico de un alumno.

OBSERVACIONES: Puede brindar cualquier otra especificación (hecho, aserción, predicado, función, etc.) adicional que considere necesaria y sea sensata. Además, puede asumir que el proceso de conformación del plantel docente de las materias ocurre con anterioridad al período en el que se habilita la inscripción a materias por parte de los alumnos (es decir, que cuando un alumno se intenta inscribir en una materia el plantel docente de dicha materia ya está establecido).