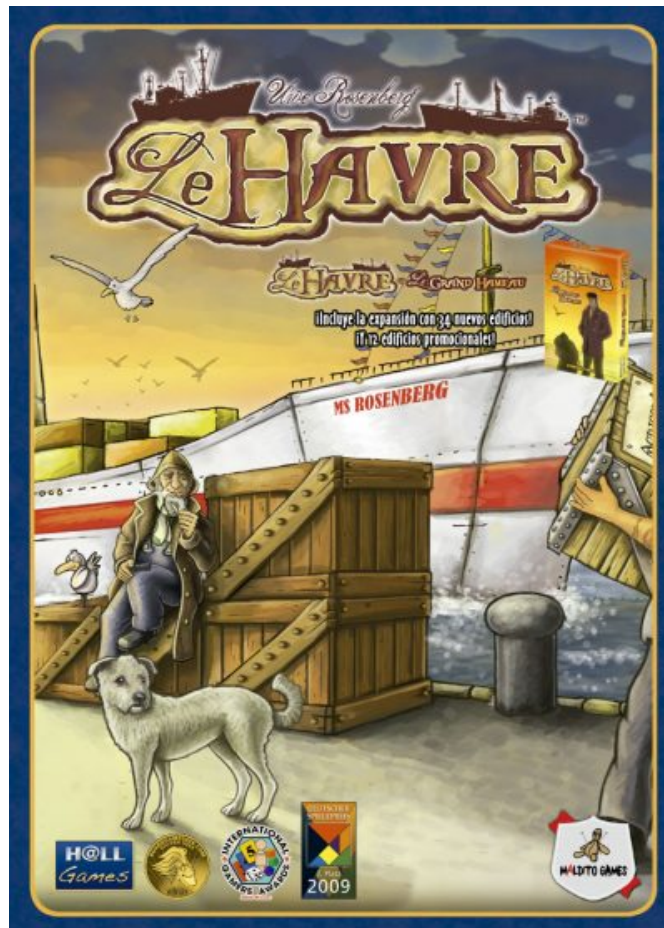


SISTEMA EXPERTO BASADO EN CLIPS

Le Havre



uc3m | Universidad **Carlos III** de Madrid

David Álvarez Perales 100385686 - Gr.: 50 - Campus de Colmenarejo

Ricardo Prieto Álvarez 100386267 - Gr.: 50 - Campus de Colmenarejo

INTRODUCCIÓN	5
MANUAL TÉCNICO	5
Ontología	6
Definición de Conceptos	6
JUGADOR (Clase):	6
RECURSO (Clase):	6
RECURSO_ALIMENTICIO (Subclase de la clase RECURSO):	6
RECURSO_MATERIAL (Subclase de la clase RECURSO):	7
RECURSO_COMIDA (Subclase de la clase RECURSO):	7
RECURSO_ENERGETICO (Subclase de la clase RECURSO):	7
CARTA_RONDA (Clase):	7
CARTA_CONSTRUCCION (Clase):	7
CARTA_BARCO (Subclase de la clase CARTA_CONSTRUCCION):	7
CARTA_EDIFICIO (Subclase de la clase CARTA_CONSTRUCCION):	8
ZONA_OFERTA (Clase):	8
LOSETA (Clase):	8
Definición de Relaciones	8
JUGADOR_LOSETA:	8
TRABAJA_EN:	8
RECURSO_JUGADOR:	8
PROPIETARIO_CARTA:	9
COSTE_CONSTRUCCION_EDIFICIO:	9
COSTE_CONSTRUCCION_BARCO:	9
RECURSO_LOSETA:	9
BONUS_USO_EDIFICIO:	9
CARTA_RONDA_CONSTRUCCION:	9
Reglas	9
Fase 1	10
accion-suministro	10
interes-loseta-dinero	10
interes-loseta-prestamo	10
fin-suministro	11
Fase 2	11

Opción 1 -Tomar bienes de la oferta	11
tomar-bienes-oferta-recursos	11
tomar-bienes-oferta-francos	11
Opción 2 - mover persona para usar edificio	11
mover-trabajador-edificio	11
almacenar-recursos-pagoComida	12
pago-comida-recursos-jugador	12
pago-comida-recursos-tablero	12
pago-comida-dinero-jugador	12
pago-comida-dinero-tablero	12
comprobacion-restaurar-comida	12
restaurar-comida	13
fin-fase-Mover-trabajador	13
pago-comida-dinero-prestamo	13
Acciones sobre edificios	13
construir-edificio	13
edificio-construido	13
construir-barco	14
pago-energia	14
barco-construido	14
accion-edificio-null-recurso	14
accion-edificio-recursos-dinero	15
accion-edificio-recursos-recursos	15
accion-edificio-terminada	15
restaurar-bonus-edificios	15
Comprar o Vender	15
accion-comprar-carta-jugadorPropietario	15
accion-comprar-carta-tablero	15
accion-vender-carta	16
Fin de ronda	16
eleccion-fase-finDeRonda	16
eleccion-fase-cambioTurno	16
fin-de-ronda-edificioEspecial	16
fin-de-ronda-Barco	16
disminucion-pago-comida	16

pago-cosecha	17
ronda-finalizada	17
Cambio de turno	17
cambio-turno	17
Estratégicas	17
Estrategia 1 - Elegir entre tomar bienes de una oferta o mover jugador a un edificio.	17
Estrategia 2 - Elegir una de las zonas de oferta	18
Reglas para restaurar instancias y semáforos	18
restaurar-comida	18
restaurar-bonus-edificios	19
restaurar-cartas-edificios	19
restaurar-cartas-barcos	19
restaurar-costesConstruccionEdificios	19
restaurar-zona-oferta	19
restaurar-semaforo-recurso-pago	19
eliminar-semaforo-restauracion	19
MANUAL DE USUARIO	19
PRUEBAS REALIZADAS	20
Estado inicial habitual	20
Prueba 1 - JUEGO CORTO	20
Con igualdad de condiciones	21
Prueba 2 - CARENIA DE RECURSOS	21
Prueba 3 - POSESIÓN DE LAS CONSTRUCTORAS	21
Sin igualdad de condiciones	22
Prueba 4 - J1 AFORTUNADO/J2 EMPOBRECIDO	22
Prueba 5 - J1 POBRE CON CONSTRUCTORA/J2 AFORTUNADO SIN CONSTRUCTORA	22
CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PERSONALES	22

INTRODUCCIÓN

Para la realización de esta práctica se han ido siguiendo una serie de pasos indispensables. Al comienzo del desarrollo del sistema experto basado en clips fue necesaria la identificación del problema a abordar, siendo en este caso la creación de un sistema basado en conocimiento para el juego de mesa Le Havre. A continuación, se trabajó en la adquisición del conocimiento necesario para así plantear el conjunto de conceptos, características, valores y relaciones fundamentales del juego junto con las posibles inferencias y razonamientos que toman los expertos a la hora de jugar.

Para la implementación del sistema se han seguido los pasos recomendados en la asignatura:

- 1) Implementación de la conceptualización de Le Havre en CLIPS.
- 2) Establecimiento de las reglas en CLIPS que representan las acciones fundamentales.
- 3) Codificar en CLIPS las reglas que posibilitan los cambios de turnos y el paso de testigo entre jugadores.
- 4) Generalización de las reglas anteriores.
- 5) Introducir las reglas estratégicas codificadas en CLIPS que plasmen las mejores decisiones encontradas para aumentar las posibilidades de ganar la partida.

(Como aclaración, todo el sistema ha sido desarrollado y probado en un sistema operativo Windows 10)

En este documento se plantean diferentes aspectos acerca de la realización de la práctica, tales como el manual técnico donde se describe el código establecido con CLIPS y la explicación justificada de las reglas y la ontología propuestas. En el manual de usuario se presenta la explicación del uso del programa que se ha realizado y por último, se profundiza en la explicación de las pruebas realizadas para la verificación del funcionamiento correcto junto con su análisis y las conclusiones técnicas finales.

MANUAL TÉCNICO

Para la explicación del manual técnico, se tomarán dos pasos. El primero aclara las distintas decisiones tomadas para la representación de la ontología en CLIPS, justificando el uso de clases, subclases y determinados atributos. El segundo abarca las reglas codificadas que han sido consideradas necesarias para que el sistema funcione de manera correcta.

1. Ontología

Para la definición de los conceptos y de la ontología se ha decidido usar una implementación por clases debido a la necesidad de representar conceptos que comparten atributos entre sí pero además poseen otros diferenciadores, como por ejemplo, los conceptos CARTA_BARCO y CARTA_EDIFICIO, los cuales son subclases de CARTA_CONSTRUCCION. Esto se debe a que CARTA_EDIFICIO Y CARTA_BARCO comparten los mismos atributos que CARTA_CONSTRUCCION pero se diferencian entre sí en la tipología del barco y la tipología de edificio además de la recompensa que aporta el barco no la ofrece el edificio, teniendo este un coste de entrada para su uso.

Si se tiene en cuenta el ejemplo mostrado anteriormente, es justificable el uso de la definición de clases y subclases para representar los conceptos del juego Le Havre debido a la necesidad que surge de la propia característica de los elementos del juego a implementar.

A. Definición de Conceptos

- JUGADOR (Clase):

Se define su id (siendo 1 para el jugador1 y 2 para el jugador2) y la cantidad de dinero que posee.

- RECURSO (Clase):

Se definen diferentes tipos como PESCADO, PESCADOAHUMADO, MADERA, CARBONVEGETAL, COQUE...). Deben ser 16 en total porque representan a los 8 tipos de recursos, donde cada recurso, al ser transformado, pasa a convertirse en otro, por ejemplo, el PESCADO se convierte en PESCADOAHUMADO. Además de esto, la clase RECURSO posee un atributo *valor* que ofrece información acerca del número de francos que proporciona la venta del recurso con la compañía naviera.

- RECURSO_ALIMENTICIO (Subclase de la clase RECURSO):

Es un tipo de recurso concreto perteneciente al conjunto de todos los recursos del juego. Tiene dos tipos, el ganado ó el grano.

- RECURSO_MATERIAL (Subclase de la clase RECURSO):

Para los tipos de recurso LADRILLO, ARCILLA, ACERO, HIERRO, CUERO Y PIELES.

- RECURSO_COMIDA (Subclase de la clase RECURSO):

Este recurso contempla los tipos PESCADO, PESCADOAHUMADO, CARNE Y PAN ya que son los únicos recursos que proporcionan comida. El valor de la comida está indicado en el atributo *comida*. Por último, se utiliza el atributo *comprobado* para ir marcando los recursos de comida que han sido utilizados para el pago del coste de entrada en un edificio.

- RECURSO_ENERGETICO (Subclase de la clase RECURSO):

Esta clase indica cuales son los recursos que proporcionan energía y cuánta cantidad de esta con los atributos *tipo* y *energia*.

- CARTA_RONDA (Clase):

La carta ronda tiene un número de ronda (atributo *numRonda*), un pago de comida (atributo *pagoComida*) que debe efectuar cada jugador y concibe la posibilidad de que haya cosecha o no (atributo *cosecha*) para ese final de ronda.

- CARTA_CONSTRUCCION (Clase):

Posee un identificador que más adelante será utilizado para la generación de hechos simples que marquen el orden de salida de las cartas en el mazo. El hecho simple se encuentra en la base de hechos como *siguiente-carta-mazo-comun <id carta superior> <id siguiente carta>*. La clase también tiene un coste para hacer la compra de la carta, el valor que ofrece la carta en puntos de victoria, si está desplegada en el tablero o no y si ya está construida o no.

- CARTA_BARCO (Subclase de la clase CARTA_CONSTRUCCION):

Tiene un atributo que identifica la tipología a la que pertenece la instancia de la carta. Los posibles valores son MADERA, HIERRO y ACERO. La clase también ofrece el valor de la recompensa en comida que proporciona el barco.

- CARTA_EDIFICIO (Subclase de la clase CARTA_CONSTRUCCION):

Los tipos de edificios son 11 y están especificados en el atributo *tipo* de la clase. Además tiene un coste de uso que es pagado en comida que viene indicado como un valor entero en *costeUso*.

- ZONA_OFERTA (Clase):

La clase representa las diferentes zonas de oferta en el juego con el atributo *nombre*. También se indica la cantidad de recursos ofertados en la zona en *cantidad*.

- LOSETA (Clase):

Puede ser identificada con su atributo *id* e indica si la loseta tiene interés o no a pagar por los jugadores que posean préstamos.

B. Definición de Relaciones

- JUGADOR_LOSETA:

Representa la relación entre un jugador y la loseta en la que se encuentra en un momento determinado usando el id del jugador y el de la loseta.

- TRABAJA_EN:

Simboliza la relación entre el jugador y la carta en la que está posicionado para hacer uso de ella. Para esto se utiliza el identificador del jugador en ese momento y el de la carta en la que está.

- RECURSO_JUGADOR:

Equivale a la relación entre el jugador y el recurso o los recursos que posee. Es decir, si la relación es “el jugador1 tiene 3 recursos de tipo GRANO”, el atributo jugador tendría el valor de 1, el tipo de recurso sería GRANO y la cantidad de recurso estaría indicada en el atributo *cantidadRecurso* con el valor entero de 3.

- PROPIETARIO_CARTA:

Relaciona al jugador con la carta que tiene en posesión por haberla comprado.

- COSTE_CONSTRUCCION_EDIFICIO:

La relación se efectúa mediante el edificio y el recurso necesario para construirla junto con la cantidad correspondiente para ello.

- COSTE_CONSTRUCCION_BARCO:

A diferencia de de la relación COSTE_CONSTRUCCION_EDIFICIO, está relaciona al barco que se quiere construir, el recurso necesario para esto, su cantidad correspondiente y la energía que se consume en la construcción.

- RECURSO_LOSETA:

Relaciona la loseta, usando su id, con el tipo de recurso que manda suministrar y la cantidad de este.

- BONUS_USO_EDIFICIO:

Establece la relación entre la carta, haciendo uso de su identificador, y el recurso por el cual se obtiene una recompensa. Es decir, para el ejemplo del matadero, el jugador gana de recompensa 1 piel por cada dos ganados sacrificados y 1 de carne por cada ganado sacrificado, por lo tanto en este caso, el atributo *recurso* tendrá el valor de GANADO, *recursoRecompensa* será PIELES y *cantidadRecompensa*, 1.

- CARTA_RONDA_CONSTRUCCION:

Esta clase relaciona la ronda en la que se encuentra el juego en un momento concreto y el edificio/barco que se construye asociado a es ronda

2. Reglas

En esta sección se procede a explicar las diferentes reglas incluidas en el sistema pasando por todas las fases involucradas en las rondas del juego Le Havre.

Del conjunto de todas las reglas se encuentran las que representan acciones fundamentales para la ejecución del juego, además de las reglas estratégicas que proporcionan la inteligencia en su conjunto. Este tipo de reglas suponen la elección de ciertos movimientos por parte de los jugadores, como por ejemplo, decidir entre tomar bienes de la zona de oferta o moverse para hacer uso de un edificio.

A. Fase 1

Las reglas de la Fase 1 representan acciones de la propia fase, siendo estas mover el barco del jugador de turno a la loseta correspondiente y realizar el suministro a la zona de oferta. Si hubiera en ese caso una loseta que indicara el pago de interés, este se efectúa.

- *accion-suministro*

Esta regla proporciona al jugador en su turno realizar el suministro obligatorio indicado en la loseta en la que se encuentre para la fase del juego correspondiente a suministro. También tiene en consideración si la loseta exige pagar intereses para el jugador que posea préstamos.

La regla hace uso del hecho simple *semaforoLoseta <si/no>*. Como su propio nombre indica, funciona como un semáforo que activará la ejecución de la regla siempre y cuando el valor de este hecho sea *No*. Por eso mismo, el consecuente de la regla establece en *Si* el valor de dicho semáforo.

- *interes-loseta-dinero*

Esta regla permite al jugador hacer el pago del interés con valor de 1 Franco por poseer uno o varios préstamos teniendo suficiente dinero para hacer frente al gasto. La regla se activa cuando el semáforo *semaforoInteres* que indica que la loseta tiene interés posee el valor de *Si*

- *interes-loseta-prestamo*

Esta regla permite al jugador hacer el pago del interés con valor de 1 Franco por poseer uno o varios préstamos para cuando no tiene suficiente dinero para hacer frente al gasto y necesita hacer uso de un nuevo préstamo. La regla también se activa

cuando el semáforo *semaforoInteres* que indica que la loseta tiene interés posee el valor de *Si*.

- fin-suministro

Sirve para pasar de la fase de suministro a la fase de decisión entre tomar bienes de la zona de oferta o moverse a un edificio.

B. Fase 2

Las reglas de la Fase 2 corresponden a las acciones principales del juego como tomar bienes de la zona de oferta, moverse a un edificio y comprar o vender un edificio/barco.

a. Opción 1 -Tomar bienes de la oferta

- tomar-bienes-oferta-recursos

Una vez se ha decidido que recurso tomar de la zona de oferta mediante las reglas estratégicas, se comprueba dicho resultado con el semáforo *eleccionOferta* <nombre zona de oferta>. Este hecho activa la ejecución de la regla y se le suma al jugador la cantidad de recursos del tipo elegido en la elección de la zona de oferta que hay en esa misma zona, es decir, si en la zona de oferta de PESCADO hay 5 recursos y el jugador tiene 3 de PESCADO, el resultado es un jugador con 8 recursos de ese tipo.

- tomar-bienes-oferta-francos

Esta regla es similar a la anterior pero dedicada al caso en el que el jugador toma como elección de zona de oferta de Francos.

b. Opción 2 - mover persona para usar edificio

- mover-trabajador-edificio

La regla se activa cuando el jugador decide moverse a un edificio en concreto, para hacer uso de él, en lugar de tomar los bienes de una zona de oferta. Durante la ejecución de esta regla se produce un semáforo *pagoComida* donde se indica la cantidad a pagar como coste de uso.

- almacenar-recursos-pagoComida

Con esta regla que se ejecuta de manera iterativa, se van escogiendo recursos que no han sido comprobados aún hasta ya no haya nada que pagar en comida por entrar al edificio. Con el recurso seleccionado se intenta hacer el pago guardándolo en el hecho *recurso-pago*.

- pago-comida-recursos-jugador

Con esta regla, se efectúa el pago del coste de uso al propietario del edificio, que en este caso en particular, es el jugador contrario.

- pago-comida-recursos-tablero

Al igual que la anterior regla, se efectúa el pago del coste de uso al propietario, que para este caso en particular, es el tablero.

- pago-comida-dinero-jugador

En este caso, el pago se hace mediante Francos. La regla se dispara para cuando hayan sido comprobados todos los recursos comida. Los francos van dirigidos al jugador propietario del edificio.

- pago-comida-dinero-tablero

Esta regla es similar a la anterior pero en este caso, el pago está dirigido al tablero ya que el edificio no es propiedad de ningún jugador.

- comprobacion-restaurar-comida

El objetivo de esta regla es comprobar si el semáforo *restaurarComida* tiene el valor de *No*, es decir, la regla sólo se disparará para este caso y siempre y cuando se hayan comprobado todos los recursos comida. En el consecuente modificará este hecho a *restaurarComida Si*, de tal manera que no se vuelve a disparar esta misma regla y se ejecutará la siguiente.

- restaurar-comida

Si el semáforo *restaurarComida* tiene el valor de *Si*, establece el atributo *comprobado* de la instancia RECURSO_COMIDA a *No*.

- fin-fase-Mover-trabajador

Una vez se ha movido al jugador al edificio correspondiente, se haya pagado el coste de entrada y se hayan restaurado los valores, la fase del juego cambia a ACCIONCARTA.

- pago-comida-dinero-prestamo

El objetivo de la regla es hacer el pago de comida al final de la ronda teniendo en cuenta que el jugador no tiene dinero suficiente para pagar, por lo tanto hará uso de un préstamo. Para esto, todos los recursos comida deben estar comprobados, es decir, el atributo *comprobado* debe ser *Si*.

Mediante el uso del semáforo *pagoComida* y su tercer atributo, el cual indica si el pago procede de un final de ronda (valor *Si* para dicho atributo), se fuerza la ejecución de la regla una vez pasado el final de la ronda. Este semáforo es lanzado desde las reglas de fin de ronda para indicar la comida que debe de pagar cada jugador.

c. Acciones sobre edificios

- construir-edificio

Con esta regla el jugador se sitúa en el edificio CONSTRUCTORA de tal manera que puede poner en pie el edificio que corresponde a la primera carta del mazo común de edificios. Es importante que el semáforo *pagoComida* tenga el valor del segundo atributo a 0, indicando que ya se ha pagado el coste por el uso del edificio.

- edificio-construido

La regla hace posible la construcción del edificio que se encuentra como primera carta del mazo común de edificios. En esta regla se usa el hecho *siguiente-carta-mazo-comun* <carta actual> <siguiente carta> de tal manera que una vez

se construya el edificio, la primera carta del mazo común será la <siguiente carta> que viene indicada en el hecho mencionado.

- construir-barco

Esta regla es equivalente a *construir-edificio*. Las únicas diferencias son la necesidad de que el jugador seleccione un barco en específico para su construcción y que este se encuentre en el edificio ASTILLERO.

Disparará un semáforo llamado *energiaConstruir* que activará la siguiente regla *pago-energia*.

- pago-energia

Debido a la necesidad de consumir energía para la construcción de un barco, es necesario ejecutar esta regla. Como se ha mencionado anteriormente, se hace uso del semáforo *energiaConstruir* para la activación. Esta regla se ejecuta de manera iterativa, pasando por los recursos energéticos del jugador hasta suplir la energía de construcción.

- barco-construido

Esta regla es equivalente a *edificio-construido*. Para que esta regla se dispare, es necesario que el valor de *cantidadEnergia* sea 0, es decir, que en la regla anterior se haya solventado el pago de la energía de construcción del barco, de tal forma que su valor es 0.

- accion-edificio-null-recurso

Esta regla establece la acción de usar un edificio que aporta recursos a cambio de nada. Para ello es necesario que el hecho *BONUS_USO_EDIFICIO*, la cual representa la relación entre la carta edificio y su recompensa por el uso, no exija ningún recurso, es decir, el atributo *recurso* sea NULL. Para que la regla se dispare, el bonus no debe haber sido aplicado.

- accion-edificio-recursos-dinero

Con la ejecución de esta regla, el jugador obtendrá dinero (Francos) a cambio de recursos usando un edificio concreto.

- accion-edificio-recursos-recursos

De manera similar a las anteriores, esta regla proporciona recompensa de recursos a cambio de otros recursos.

- accion-edificio-terminada

Una vez todos los bonus de cada edificio hayan sido aplicados, se restaurarán los valores de *bonusAplicado* a *Si* usando la regla *restaurar-bonus-edificios* que se activará a continuación. Para que dicha regla se dispare será necesario el semáforo *restaurarBonus Si* generado por esta regla (*accion-edificio-terminada*).

- restaurar-bonus-edificios

Como se menciona anteriormente, una vez el semáforo *restaurarBonus* tiene el valor *Si*, se restauran los valores del atributo *bonusAplicado* a *No*. Esto quiere decir que ya se ha terminado la acción de recompensa del edificio que decidió usar el jugador de turno.

d. Comprar o Vender

- accion-comprar-carta-jugadorPropietario

Esta regla representa la acción de comprar un edificio o barco para el caso particular en el que este mismo sea propiedad del otro jugador.

- accion-comprar-carta-tablero

Funciona de manera similar a la anterior regla, la única diferencia es el propietario de la carta, siendo en este caso el Tablero, ya que no hay jugador que posea dicho edificio/barco.

- accion-vender-carta

Esta regla representa la acción de efectuar la venta de un edificio o de un barco propiedad del jugador.

e. Fin de ronda

Las reglas de fin de ronda realizan los cambios indicados en las cartas de ronda. Se encargan del pago de la comida y del tipo de edificio/barco que se debe construir.

- eleccion-fase-finDeRonda

Con esta regla se hace efectivo el cambio de fase en el juego a FINDERONDA. Para que esto suceda, el jugador debe de estar colocado en la loseta número 6. Evidentemente, este semáforo en dicho valor hará posible la activación de las reglas de fin de ronda.

- eleccion-fase-cambioTurno

De manera similar a la anterior regla, la fase del juego cambia, pero esta vez a CAMBIOTURNO, activando la regla de cambio de turno más adelante mencionada.

- fin-de-ronda-edificioEspecial

Esta regla corresponde a un caso de fin de ronda donde la carta a desplegar es un edificio especial.

- fin-de-ronda-Barco

Esta regla es similar a la anterior, salvo que, la construcción que propone la carta de ronda es un barco.

- disminucion-pago-comida

Para el caso en el que el jugador de turno posea un barco, esta regla tiene en cuenta la disminución del pago de comida que proporciona este y calcula cuánto va a ser la nueva cantidad de comida a pagar.

- pago-cosecha

Con esta regla se hace posible el pago de cosecha de los jugadores después de la ronda. Esto sólo sucede si la carta de fin de ronda tiene cosecha, es decir, el atributo *cosecha* del hecho CARTA_RONDA tiene un valor de Si.

- ronda-finalizada

Con esta regla se marca el fin de la ronda. Una vez se ha pagado la comida exigida en la carta de final de ronda, se cambia la fase del juego a CAMBIOTURNO, activando en consecuencia la regla *cambio-turno*.

f. Pago de préstamos

- pagar-prestamo

Esta regla se encarga del pago de los préstamos del jugador de turno. Esto es posible para el caso en el que, estando en la ronda de CAMBIOTURNO el jugador tenga más de 5 Francos (el coste de pagar un préstamo). Si se cumple dicha condición, se hace un cálculo del número de préstamos que puede pagar el jugador de turno en función del dinero que posea.

g. Cambio de turno

- cambio-turno

Al cambiar de turno es necesario resetear los valores de los semáforos usados por el jugador del turno anterior. Para esto se utiliza otro semáforo que indica si se ha cambiado el turno o no, este es *cambioTurno Si*. Para esta regla, el jugador actual pasa a la siguiente loseta, se le manda a casa y se cambia el valor de *EsTurnoDe* al id del siguiente jugador.

h. Fin de partida

Por último respecto a las reglas que comprueban el fin de la partida, nos encontramos ante 5. Dos de ellas que se llaman añadir-valores-barcos y añadir-valores-edificios, las cuales suman al dinero del jugador el valor de sus respectivas edificios/barcos en propiedad, y por último las tres reglas del fin de partida para cada caso de final : gana J1, gana J2 y empate.

Para calcular la puntuación se ha seguido la siguiente fórmula

$$\text{puntuación} = (\text{dineroJugador} + \text{valorBarcos} + \text{valorEdicios}) - (\text{totalPrestamos} * 7)$$

C. Estratégicas

En esta sección se contemplan todas las reglas estratégicas involucradas en las decisiones inteligentes del jugador, por ejemplo, elegir entre tomar bienes de la zona de oferta o mover al jugador a un edificio para hacer uso de él.

Estrategia 1 - Elegir entre tomar bienes de una oferta o mover jugador a un edificio.

Esta estrategia está conformada por un conjunto de reglas que establecen una comparación entre los edificios seleccionando un edificio inicial como posible edificio destino. Para dicha comprobación se tiene en cuenta el coste de entrada del edificio, el coste que surge de las acciones llevadas a cabo en el mismo edificio y el gasto de energía si fuera el caso de un barco. Si la decisión ha sido mover jugador a un edificio, se conserva el id de dicho edificio como elección, adquiriendo la estrategia necesaria para seleccionar un edificio concreto al que moverse.

- seleccionar-edificio
- almacenar-comida-comprobacion
- comprobar-comida
- fallo-comprobar-comida
- comprobar-recursos-accion
- comprobar-recursos-accion-null
- fallo-comprobar-recursos-accion
- comprobar-constructora
- fallo-constructora
- comprobar-astillero
- fallo-astillero-recursos
- comprobar-energia-construir-barco
- fallo-astillero-energia

Una vez hecha la comprobación, se activará una de las dos reglas siguientes encargadas de seleccionar la opción 1 (elegir oferta) o la opción 2 (elegir edificio).

- elegir-oferta
- elegir-edificio

Estrategia 2 - Elegir una de las zonas de oferta

Para esta estrategia de selección de la zona de oferta se tiene en cuenta dos casos. Como se quiere la zona de oferta con mayor número de recursos, el resultado de la elección será evidentemente dicha zona, pero, puede haber situaciones en las que el número de recursos de

una zona de oferta posible, comparada con otra zona de oferta, sea el mismo, en este caso, se priorizará escoger la zona de recursos de tipo comida. Además, a igualdad de cantidades, la zona de Francos ha sido considerada como mejor opción ya que, el pago de la comida puede ser realizado en esta misma unidad monetaria.

- elegir-zona-oferta-mayor
- elegir-zona-oferta-igualdadRecursos

Estrategia 3 - Decisión de compra de edificio/barco

En esta estrategia se define como el jugador decide ejecutar la compra de un edificio o barco. Para ello, es necesario el uso de la fase de juego NEGOCIACION. Para una compra efectiva, el dinero del jugador de turno debe ser mayor que la comida a pagar exigida en el final de la ronda. Sólo se podrán comprar edificios que, estando desplegados, se encuentren contruidos. Para el caso de los barcos, sólo será imprescindible su despliegue.

- eleccion-edificio-comprar
- eleccion-barco-comprar
- accion-comprar-carta-jugadorPropietario
- accion-comprar-carta-tablero
- comprobacion-restaurar-cartas

Estrategia 4 - Decisión de venta de edificio/barco

Con esta estrategia el jugador es capaz de decidir efectuar la venta de un edificio o barco. De la misma manera que en la estrategia anterior, es necesario el uso de la fase de juego NEGOCIACION. Para que la venta sea efectiva, el dinero del jugador de turno debe ser menor que la comida a pagar exigida en el final de la ronda. Sólo se podrán vender edificios que, estando desplegados y contruidos, son propiedad del jugador. Para el caso de los barcos, sólo será imprescindible su despliegue.

- eleccion-edificio-vender
- eleccion-barco-vender
- accion-vender-carta

fin-ronda-negociacion

Esta regla marca el fin de la fase de NEGOCIACION, la cual es imprescindible para las acciones de compraventa entre los jugadores. y la establece a FINDETURNO.

D. Reglas para restaurar instancias y semáforos

Estas reglas son necesarias para poder establecer los valores de los atributos de las instancias y de los semáforos a su valor inicial, es decir, restaurarlos.

- restaurar-comida

Establece a 'no comprobados' los recursos comida.

- restaurar-bonus-edificios

Establece a los bonus de los edificios como no aplicados.

- restaurar-cartas-edificios

Restablece a no comprobadas las cartas edificio.

- restaurar-cartas-barcos

Similar a la regla anterior pero aplicada a barcos.

- restaurar-costesConstruccionEdificios

Equivalente a la regla anterior pero aplicada a la instancia de la relación que representa los costes de construcción de un edificio.

- restaurar-zona-oferta

Similar a la regla anterior, cambia las zonas de oferta a no comprobadas.

- restaurar-semaforo-recurso-pago

Restaura el semáforo recurso-pago a NULL.

- eliminar-semaforo-restauracion

Saca de la base de hechos el semáforo que activa las reglas anteriores.

MANUAL DE USUARIO

Para el uso del sistema experto es fundamental la instalación del intérprete del lenguaje CLIPS. Una vez se encuentra ya instalado, es necesario establecer un directorio donde estarán guardados los ficheros del proyecto. Para conseguir esto, se debe clicar en la pestaña de 'Environment' dentro de la interfaz del IDE de CLIPS. A continuación, pinchar en 'set directory', buscar la carpeta objetivo y darle a 'aceptar'.

Después de haber establecido el entorno de ejecución para el IDE, se cargarán los ficheros con los nombres 'ontologia.clp' y 'reglas.clp'. Por último, se desarrollarán una serie de archivos de prueba con el objetivo de evaluar el funcionamiento del sistema y se cargarán en el entorno de CLIPS. Para hacer la carga de los ficheros se utiliza el comando *load* en el intérprete de comandos, de tal manera que, si por ejemplo se escribe (load test.clp), se habrá tomado el archivo con nombre test.clp del directorio previamente establecido.

A partir de aquí, se llama al comando *reset* y seguidamente a *run*. Una vez ejecutado el código, se almacenará un archivo con nombre *salida-prueba-X.txt*, siendo X el número de la prueba realizada. En este fichero se podrán ver representados todos los print implementados en el código, facilitando así el entendimiento de la línea de ejecución de reglas que ha tenido el sistema.

PRUEBAS REALIZADAS

En este apartado se mencionan las pruebas realizadas para la evaluación del sistema y se plasmarán los resultados que emergen de la ejecución en los ficheros *salida-prueba-X.txt*.

Las pruebas están estructuradas de tal forma que una de ellas establezcan un estado inicial habitual para una partida normal. En segundo lugar, se presentan dos pruebas donde los dos jugadores se encuentran en la mayor igualdad de condiciones posible y por último, tres casos donde uno de los jugadores tiene una ventaja sobre el otro.

- Estado inicial habitual
 - Prueba 1 - **JUEGO CORTO**

Para este caso de estudio, se han distribuido los recursos de la siguiente forma :

- Recursos iniciales J1: 5 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Recursos iniciales J2: 5 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Edificios construidos: Las dos Constructoras, una con coste de entrada de 1 de comida y la otra sin coste de entrada
- Zonas de ofertas Iniciales: 3 Francos / 3 pescados / 3 maderas / 2 arcillas / 1 hierro / 1 grano / 1 ganado

Los resultados indican un funcionamiento correcto del sistema. En los primeros turnos, los jugadores deciden realizar la acción de tomar los bienes de las zonas de oferta. Para los siguientes turnos, se mueven para hacer uso de los edificios y proceden a la construcción de otros. Los jugadores también ejecutan la acción de comprar edificios, siendo en este caso, el más popular, la constructora 1. También se debe destacar la acción de venta tomada por el jugador 1 en su turno inicial de la ronda 1, ya que, después de haber construido la PESQUERIA y haber comprado la carta de la constructora por 4 Francos, efectuó la venta de dicha PESQUERIA por 5 Francos.

- Con igualdad de condiciones
 - Prueba 2 - **CARENCIA DE RECURSOS**

Para este caso de estudio, se han distribuido los recursos forzando desde un inicio una carencia de estos para los jugadores 1 y 2, y para las zonas de oferta. De esta manera, los jugadores tendrán que suministrar, con los recursos indicados en las losetas, las zonas correspondientes.

- Recursos iniciales J1: 0 Francos / 0 pescados / 0 maderas / 0 arcillas / 0 acero / 0 carbones / 0 pieles / 0 ganado
- Recursos iniciales J2: 0 Francos / 0 pescados / 0 maderas / 0 arcillas / 0 acero / 0 carbones / 0 pieles / 0 ganado
- Edificios construidos: Las dos Constructoras, una con coste de entrada de 1 de comida y la otra sin coste de entrada
- Zonas de ofertas Iniciales: 0 Francos / 0 pescados / 0 maderas / 0 arcillas / 0 hierro / 0 grano / 0 ganado

En este caso, los resultados también indican un funcionamiento correcto del sistema. En comparación con la prueba anterior, donde los jugadores poseían dinero y recursos iniciales, debido a la carencia de riqueza por ambos jugadores, gastan un número mayor de turnos en abastecerse de las zonas de oferta, tomando repetidamente esta acción. No es hasta el final de la ronda 2 donde el jugador 2 decide moverse al edificio MINA. los jugadores deciden realizar la acción de tomar los bienes de las zonas de oferta. A causa de una dificultad para abastecerse debido a las limitaciones impuestas en el estudio, los jugadores no llegan a tomar la decisión de comprar un edificio o barco, por ende, no se produce ninguna venta de este. A lo largo de la partida los jugadores también piden diferente número de préstamos para solventar su falta de liquidez.

○ Prueba 3 - **POSESIÓN DE LAS CONSTRUCTORAS**

Este caso de estudio es similar al de la Prueba 1, sin embargo, esta vez ambos jugadores tienen en su posesión un edificio del tipo Constructora. Además, cada jugador tiene un total de 0 Francos.

- Recursos iniciales J1: 0 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Recursos iniciales J2: 0 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Edificio en propiedad de J1: Constructora 1
- Edificio en propiedad de J2: Constructora 2
- Edificios construidos: Las dos Constructoras, una con coste de entrada de 1 de comida y la otra sin coste de entrada.
- Zonas de ofertas Iniciales: 3 Francos / 3 pescados / 3 maderas / 2 arcillas / 1 hierro / 1 grano / 1 ganado

Este caso resulta similar a los anteriores. El jugador 1 tarda más que el jugador 2 en moverse a un edificio. Como el jugador 1 no tiene Francos, desde el inicio toma la decisión de vender un edificio que posee, la constructora 1. Más adelante, en esa misma ronda, el jugador vuelve a comprar la constructora pero vende a cambio la PESQUERIA. Ambos jugadores piden préstamos para poder hacer el pago de la comida.

- Sin igualdad de condiciones
 - Prueba 4 - *J1 EMPOBRECIDO/J2 AFORTUNADO*

Para esta prueba, uno de los dos jugadores tiene recursos iniciales en cantidades similares que en el caso del Juego Corto de la Prueba 1, sin embargo, el otro jugador sufrirá una carencia de estos, al igual que en la Prueba 2.

- Recursos iniciales J1: 0 Francos / 0 pescados / 0 maderas / 0 arcillas / 0 acero / 0 carbones / 0 pieles / 0 ganado
- Recursos iniciales J2: 5 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Edificios construidos: Las dos Constructoras, una con coste de entrada de 1 de comida y la otra sin coste de entrada
- Zonas de ofertas Iniciales: 3 Francos / 3 pescados / 3 maderas / 2 arcillas / 1 hierro / 1 grano / 1 ganado

Al igual que los demás casos, las decisiones se toman según las reglas estratégicas establecidas y el sistema funciona correctamente. A pesar de que el jugador 1 inicia sin recursos ni dinero, paga 1 préstamo de los que tenía en posesión y finalmente este queda con 0 Francos en su propiedad, a diferencia del jugador 2, el cual posee 3.

- Prueba 5 - *J1 POBRE CON CONSTRUCTORA/J2 AFORTUNADO SIN CONSTRUCTORA*

Esta última prueba es una mezcla de las anteriores, de tal manera que, ahora es el jugador 2 quien tiene los recursos que se le establecieron en la Prueba 1, sin embargo no tiene ningún edificio en su posesión. El jugador 1 ahora sufrirá la carencia de recursos de la Prueba 2 pero poseerá un edificio de tipo Constructora.

- Recursos iniciales J1: 0 Francos / 0 pescados / 0 maderas / 0 arcillas / 0 acero / 0 carbones / 0 pieles / 0 ganado
- Recursos iniciales J2: 5 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Edificio en propiedad de J1: Constructora 2
- Edificio en propiedad de J2: Ninguno
- Edificios construidos: Las dos Constructoras, una con coste de entrada de 1 de comida y la otra sin coste de entrada.
- Zonas de ofertas Iniciales: 3 Francos / 3 pescados / 3 maderas / 2 arcillas / 1 hierro / 1 grano / 1 ganado

En esta situación, el jugador 2 se mueve al edificio constructora 2 en su primer turno de la primera ronda, pagando 1 de comida al jugador 1 dado que es el propietario de dicho edificio. Es interesante observar como el jugador 2 aprovecha a comprar la otra constructora vendiendo la PESQUERIA, de tal forma que en este punto, ambos poseen un edificio. El jugador 1 también aprovecha a usar la Constructora 1, ya que no tiene que pagar nada por su uso al ser suya. Al final, el jugador 2 compra la constructora 2 al jugador 1 y vende la constructora 1. En cuanto a préstamos, ambos jugadores piden varios de estos pero ninguno los paga durante la partida. (es diferente pagar un préstamo que pagar el interés de un préstamo. El primer gasto sirve para deshacerse de de ellos, el segundo es un interés obligado por algunas losetas del juego).

○ Prueba 6 - *JUEGO CORTO CON PAGO DE PRÉSTAMOS*

Para este caso de estudio, se han distribuido los recursos de la forma que el jugador 1 comienza con 50 francos, sin embargo, posee desde un inicio 10 préstamos.

- Recursos iniciales J1: 50 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Recursos iniciales J2: 5 Francos / 2 pescados / 2 maderas / 2 arcillas / 2 acero / 2 carbones / 2 pieles / 1 ganado
- Número de préstamos iniciales J1: 10
- Número de préstamos iniciales J2: 0
- Edificios construidos: Las dos Constructoras, una con coste de entrada de 1 de comida y la otra sin coste de entrada
- Zonas de ofertas Iniciales: 3 Francos / 3 pescados / 3 maderas / 2 arcillas / 1 hierro / 1 grano / 1 ganado

Esta prueba nos resultó interesante incluirla ya que ilustra de una manera clara como los jugadores son capaces de tomar la decisión de afrontar el pago de los préstamos cuando poseen una elevada solvencia. En este ejemplo, el jugador 1 tiene 50 Francos desde un inicio, pero, también posee 10 préstamos, entonces, después de haber hecho la compra de la Constructora 1 por 4 Francos, se ha quedado con 46. A partir de aquí, como tiene más de 5 Francos en su “bolsillo” (lo que cuesta pagar un préstamo), efectúa el pago de 9 préstamos, es decir, $46\text{Fr}/5 = 9.2 \Rightarrow 9$.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PERSONALES

Durante el desarrollo de la ontología del problema, se obtuvieron bastantes atributos y conceptos necesarios para el desarrollo en CLIPS, sin embargo, una gran mayoría de estos fue elaborado sobre la marcha a medida que se iba afrontando el proyecto.

Las acciones del juego han sido incluidas prácticamente en su totalidad, siendo el número de instancias de hechos, que representan los elementos del juego, las que han sufrido mayores cambios y restricciones.

En cuanto a los problemas encontrados durante el ejercicio de la práctica, hemos sido conscientes del alto nivel de prueba y error involucrado y el uso extenso de semáforos para el control de la ejecución de las reglas, lo que empeora en gran medida la claridad de estas mismas. La complejidad de las reglas estratégicas y el número de éstas aumenta abundantemente cuanto más inteligencia se le añade al razonamiento perseguido para la toma de decisiones en el juego.

Uno de los inconvenientes detectados en el proceso ha sido la falta de experiencia propia en el juego de mesa causado por una falta de uso reiterado del mismo. Es evidente que si nos dedicáramos a experimentar jugando con Le Havre durante un periodo de tiempo mucho más amplio, las reglas estratégicas habrían tomado direcciones diferentes.

El uso del lenguaje CLIPS nos ha obligado a limitar algunas de las características del juego, omitiendo componentes de este, número de jugadores en la partida, atributos de algunas cartas, etc.

Con respecto a la depuración de los problemas surgidos durante la elaboración del código y el testeo, este ha sido altamente árduo, siendo la única manera que conocemos el uso de las ventanas Agenda, Facts e Instances para hacer el seguimiento de las reglas activadas y los hechos introducidos o eliminados de la base de hechos.

La realización de este proyecto ha aportado un conocimiento más amplio de muchos aspectos, desde la identificación de un problema y su conceptualización hasta la implementación directa de éste, dando lugar a retos a los que hacer frente, como la clara

diferencia entre lo que se teoriza en papel para abordar el problema y el desarrollo funcional del sistema final.