Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.

Facultad Matemática Física y Computación

Licenciatura en Ciencia de la Computación

Tesis para optar el título de Licenciatura en Ciencia de la Computación

Análisis de La Actividad Competitiva en el Juego de Polo Acuático

Autor: Pascalina Stanislas

Tutor: MSc. Mabel González Castellanos

Lic. Cesar Soto Valero

Consultante: MSc. Alexander de la Celda Brovkina

Santa Clara

2014

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ciencia de la Computación, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la autorización de la Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

_____ _____

Firma del tutor Firma del jefe del Laboratorio

PENSAMIENTO

PENSAMIENTO

"El oído que escucha las amonestaciones de la vida, entre los sabios morara. El que tiene en poco la disciplina menosprecia su alma; Más el que escucha corrección tiene entendimiento. El temor de Jehová es enseñanza y sabiduría; Y a la honra precede la humildad."

Proverbios 15:31-33.

DEDICATORIA

DEDICATORIA

Llegar a este momento en mi vida no fuera posible sin la ayuda, el apoyo y las oraciones constantes de mi familia, pero sin duda no fuera posible sin la influencia y palabras reforzadoras de mi mama Fortuna Nestor-Stanislas. Por lo tanto dedico este trabajo a ella, que para mí es lo menos que puedo hacer para agradecerla.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me ha mantenido siempre especialmente durante todo mi periodo de estudio en Cuba, que me ha mostrado su gracia siempre.

A La Revolución Cubana y a la Universidad Central de Las Villas por la oportunidad y el apoyo en mi desarrollo como profesional.

A mis Padres Fortuna Nestor-Stanislas y Francis Columban Stanislas apoyarme en toda manera posible.

A mis hermanos Dave Nestor y Luther James Stanislas por ser mi inspiración diario para seguir adelante con mis estudios.

A mi esposo Kurt Inglis por compartir conmigo la carga emocional durante mis años de estudio en Cuba y por estar a mi lado en todo momento, en los buenos y en los malos.

A mi familia por su apoyo emocional y financial que facilitaba mi estancia en Cuba.

A mis tutores MSc. Mabel González Castellanos y Lic. Cesar Soto Valero por su apoyo y consejo durante la realización de mi trabajo de diploma.

Al experto de Polo Acuático MSc. Alexander de la Celda Brovkina por su parte en mi desarrollo profesional.

A mis amigos que llego a conocer aquí en Cuba, que fue un placer conocer a ustedes y segura que nunca les olvidaran.

A mi familia cubana, Lourdes, Nelson y su familia, Estrellita, Fidol y su familia por estar siempre preocupados por mí.

RESUMEN

RESUMEN

En el presente trabajo de diploma se aborda el análisis del rendimiento deportivo del jugador en el deporte de Polo Acuático a través de la aplicación de técnicas de minería de datos. Específicamente, se aplica la extracción de reglas de asociación para identificar regularidades que pueden ser útiles en el desarrollo de estrategias tácticas aplicadas durante el entrenamiento.

Haciendo uso de los datos obtenidos durante un juego entre el equipo de Villa Clara y el de Camagüey se construye el conjunto de entrenamiento utilizado para la extracción de las reglas mediante el algoritmo Apriori implementado en WEKA.

Las reglas de asociación obtenidas en su mayoría aportan información relevante según el criterio del experto. Los aspectos principales en los que se obtiene información son: la regularidad de la carga en el ejercicio competitivo y el comportamiento de la efectividad del equipo.

Palabras Clave: Rendimiento Deportivo, Reglas de Asociación, WEKA, Apriori, Polo Acuático.

ABSTRACT

ABSTRACT

This study implements a new approach to the analysis of the athletic performance of each player of Water Polo through the application of data mining techniques. Specific consideration is given to the extraction of association rules which can be used for identifying regularities and patterns applicable in the development of tactical strategies which can be implemented during the training process.

Data generated from a game between the teams Villa Clara and Camaguey was used in the WEKA program, which implements the Apriori algorithm for the extraction of association rules.

The majority of the rules obtained contained relevant information based on the criteria of the Water Polo expert. Relevant information was obtained with reference to two fundamental aspects: the regularity of the load exerted during competitive exercise and the effectiveness of the behavior of the team.

Key Words: Athletic Performance, Association Rules, WEKA, Apriori, Water Polo.

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA EL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA 4

1.1 La resistencia en Polo Acuático 4

1.2 Kinovea 6

1.3 Aprendizaje Automático 9

1.4 Minería de Datos 10

1.4.1 WEKA como una herramienta para la Minería de Datos 11

1.5 Asociación 12

1.5.1 Reglas de asociación 12

1.5.2 Áreas de aplicación 13

1.5.3 Problemas en la aplicación de reglas de asociación 13

1.5.4 Generación de reglas de asociación 13

1.5.5 Algoritmo Apriori 14

1.6 Ejemplos de la aplicación del enfoque de inteligencia artificial al deporte 16

1.6.1 AirFit 16

1.6.2 Sistema de razonamiento basado en casos, para presentación de entrenamientos físicos personalizados en Internet. 17

1.7 Conclusiones parciales 18

CAPÍTULO 2. MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA EN EL JUEGO DE POLO ACUÁTICO 19

2.1. Estructura del juego de Polo Acuático 19

2.2. Modelación de los atributos 20

2.3. Caso de estudio 24

2.4. Generación de reglas en WEKA 26

2.4.1. Caso o muestra 28

2.5. Diseño del sistema 29

2.5.1. Diagrama de casos de uso 29

2.5.2. Diagrama de actividades 29

2.5.3. Diagrama de paquetes 30

2.6. Conclusiones parciales 31

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE REGLAS DE ASOCIACIÓN EN EL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA 32

3.1. Reglas de asociación generadas 32

3.2. Opinión del experto de Polo Acuático sobre utilidad de las reglas generadas... 35

3.3. Guía del software auxiliar para el manejo de los datos de un juego 36

3.4. Conclusiones parciales 41

CONCLUSIONES..... 42

RECOMENDACIONES 43

BIBLIOGRAFÍA..... 44

ANEXOS ……46

ANEXO 1: Trabajando con los datos del partido de Polo Acuático..... 46

ANEXO 2: Generación de las reglas de asociación a partir de los datos del partido de Polo Acuático..... 47

ANEXO 3: Manejando el sistema de Polo Acuático 53

ANEXO 4: Análisis de las reglas generadas..... 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 Entrenamiento 7
Figura 1. 2 Flechas 7
Figura 1. 3 Video contra video 8
Figura 1. 4 Trayectoria de jugadores en una piscina 8
Figura 1. 5 Árbol de Minería de Datos 11
Figura 1. 6 Método de A priori 14
Figura 1. 7 Método de AprioriGen (L) 15
Figura 1. 8 Algoritmo de AssocRules () 16
Figura 2. 1 Juego efectuado entre los equipos de Villa Clara y Camagüey 25
Figura 2. 2 Procesamiento en WEKA 26
Figura 2. 3 Selección de Especificaciones para el algoritmo Apriori 27
Figura 2. 4 Diagrama de Casos de Uso 29
Figura 2. 5 Diagrama de Actividades 30
Figura 2. 6 Diagrama de Paquetes 31
Figura 3. 1 Distribución de las reglas de asociación generadas 33
Figura 3. 2 Repetición de Las Reglas 34
Figura 3. 3 Menú principal 36
Figura 3. 4 Ventana para definir un juego 37
Figura 3. 5 Anadir Ciclo 38
Figura 3. 6 Anadir Micro-Situación 39
Figura 3. 7 Anadir Fase 39
Figura 3. 8 Ventana donde se guardan los detalles de la micro-situación 39
Figura 3. 9 Tipo de Fase 40
Figura 3. 10 Cargar datos de las acciones 40
Figura 3. 11 Guardar Juego 41

LISTA DE TABLAS

Tabla 2. 1 Estructura de los juegos en Polo Acuático..... 19

Tabla 2. 2 Modelación de los atributos..... 20

Tabla 2. 3 Ejemplo de casos que corresponde al trabajo 29

Tabla 3. 1 Distribución de Resultados 32

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En un partido de **Polo Acuático**, los atletas requieren la realización de esfuerzos en la piscina con el objetivo de ganar al equipo rival. En estudios novedosos se considera la posibilidad de medir la resistencia mostrada por cada jugador con el objetivo de desarrollar habilidades que le permitan emplear las fuerzas de forma eficaz durante los partidos.

En la Facultad U.C.C.F.D "Manuel Fajardo" Villa Clara, los profesores y entrenadores están interesados en aplicar este enfoque en el entrenamiento de sus atletas juveniles del Polo Acuático. Como antecedentes a este trabajo se encuentran: el uso de un software de biomecánica para analizar secuencias de imágenes tomadas durante las competencias y una aplicación que calcula a partir de dichas imágenes las distancias recorridas por los jugadores. Los cálculos finales de velocidad, resistencia e intensidad de los jugadores son visualizados mediante hojas de cálculo. La información obtenida por los entrenadores mediante este proceso resulta limitada y dificulta la posibilidad de generalizar conocimiento útil contenido en los datos del juego. Considerando todo lo anterior se realiza el siguiente planteamiento del problema a resolver.

Planteamiento del problema

Resulta necesario en la planificación del entrenamiento de Polo Acuático efectuar un análisis detallado del rendimiento de cada atleta en el juego. Contar con un análisis preciso, efectuado a partir del desempeño durante los juegos, facilita al entrenador de Polo el diseño de estrategias efectivas para el enfrentamiento con equipos contrarios. Las herramientas utilizadas con este fin en la Facultad U.C.C.F.D. "Manuel Fajardo" Villa Clara aun resultan insuficientes a los entrenadores, dificultando la adopción de estrategias útiles.

Objetivo general

Facilitar la extracción automática de conocimiento, específicamente la obtención de reglas de asociación a partir de los datos obtenidos durante un juego de Polo Acuático, posibilitando la identificación de situaciones del juego que resulten útiles para el entrenamiento individualizado de los polistas juveniles de Villa Clara.

Objetivos Específicos

- Caracterizar los datos obtenidos de los jugadores de Polo Acuático en la Facultad U.C.C.F.D. "Manuel Fajardo" de Villa Clara durante el desarrollo de un juego.
- Implementar una herramienta que posibilite el preprocesamiento de los datos obtenidos a partir de un juego.
- Generar reglas de asociación mediante el uso del algoritmo Apriori implementado en la herramienta WEKA.
- Analizar las reglas generadas.

Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles serán las fuentes de información a consultar que permitan caracterizar los datos de los jugadores de Polo Acuático de Facultad U.C.C.F.D. "Manuel Fajardo" de Villa Clara con el objetivo de desarrollar un sistema inteligente?
- ¿Cómo implementar el preprocesamiento de los datos caracterizados?
- ¿Cómo evaluar las reglas generadas?

Justificación del problema

Es necesario determinar para cada polista, en dependencia del rival que va a enfrentar un entrenamiento justo de forma que este bien preparado y no sobreentrenado. Además, resulta importante identificar relaciones entre las acciones del jugador y situaciones de

interés durante la competición, a partir de lo cual dichas correlaciones resulten útiles durante el entrenamiento individualizado. De esta forma se obtendrá un mejor aprovechamiento de la resistencia de los jugadores durante los partidos de Polo Acuático.

CAPÍTULO 1: HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA EL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA

CAPÍTULO 1. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA EL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA

En este capítulo se exponen los aspectos de la Resistencia que están asociados al entrenamiento de Polo Acuático. También se hace referencia al software de biomecánica que se utiliza para captar los datos iniciales sobre el desempeño de los polistas durante el juego y se explora algunos otros aspectos de utilidad de este software. Se analiza el campo de inteligencia artificial como herramienta para sacar conclusiones útiles de grandes cantidades de información o de bases de conocimiento.

1.1 La resistencia en Polo Acuático

El juego se practica dentro de una piscina, donde se tienen que enfrentar dos equipos y el ganador será el que mayor número de goles anote en un tiempo reglamentado. Es un continuo marcar y desmarcarse, salir en persecución del contrario cuando este intenta eludir la vigilancia a la que se le somete, y al mismo tiempo, escabullirse en cuanto un compañero de equipo entra en posesión de la pelota, para así poderla recibir libremente y contemplar la jugada. Los saques de puerta y de esquina se efectúan de la misma manera que en el Fútbol. El penalti es el castigo de una falta grave cometida en la zona de los cuatros metros de la portería.

El jugador además de dominar las técnicas propias del juego, ha de ser un hombre que pueda desplazarse rápidamente de un extremo a otro de la piscina y que posea una resistencia inagotable. Según la entrevista (Sánchez, 2005), el juego Polo Acuático exige de los jugadores tener **resistencia física**, buenos reflejos y saber nadar bien.

En (Valdés, 2012b) el análisis realizado de estos aspectos, revela la necesidad de elaborar un régimen de entrenamiento para una competencia. Para esto es necesaria la estabilización de los logros e ir superándolos de forma gradual, teniendo en cuenta la estructura funcional y exigencias determinantes de la modalidad deportiva en cuestión.

Se evidencia en (Valdés, 2012a) y (Vázquez, 2003) que la capacidad anaerobio-láctica en el Polo Acuático, aún tratada a partir de ejercicios generales, no agrupa fundamentos técnicos en condiciones especiales que permitan efectuar un adecuado desarrollo del sistema energético que predomina en este deporte.

A finales de la década del 60 se publican resultados de investigaciones y se introducen los ejercicios encaminados al desarrollo de los sistemas energéticos que permitieron establecer la planificación y dosificación de las cargas tendientes para desarrollar los cuatro componentes del trabajo muscular.

Genéricamente podemos definir la **resistencia** como la capacidad de realizar un esfuerzo de mayor o menor intensidad durante el mayor tiempo posible. Weineck la define como la capacidad psíquica y física que posee un deportista para resistir la fatiga, (Brovkina, 2013).

Según la entrevista realizada por (Brovkina, 2014b) la resistencia es la capacidad de mantener una alta intensidad, durante el mayor tiempo posible.

En (Valdés, 2012c), se analizan los tiempos reales de juego y de pausa, el comportamiento de la frecuencia cardiaca y la lactacidemia durante partidos controlados en el mundial de 1992.

El comportamiento de la frecuencia cardiaca y la lactacidemia durante los partidos que formaron parte del experimento, confirma la variabilidad del desempeño cardiovascular con valores medios de frecuencia cardiaca que oscilan entre 150-170 pulsaciones, alcanzando valores máximos en torno a las 190 - 200 pulsaciones por minuto. El valor de la lactacidemia no es sumamente elevado, pues las acciones aunque de máxima intensidad en muchas ocasiones, no duran lo suficiente en el tiempo como para estimular el sistema alactácido de una manera máxima, sin embargo su papel es sumamente importante pues juega un papel preponderante como soporte del alactácido.

El manejo de esta información científica permitió destacar la misión que le tiene reservada al polista moderno sus posibilidades lactácidas, ya que le es inherente al atleta de este deporte la realización de acciones motrices contenidas en el catálogo de juego. Algunas de dichas acciones son: los pases, las recepciones, las fintas y los tiros, por mencionar algunos, teniendo generalmente antes o después un desplazamiento realizado a alta intensidad en distancias y tiempos variables en el campo de juego, fundamentalmente cuando se juega a balón parado (Brovkina, 2013).

Uno de los principios más importantes del entrenamiento deportivo moderno lo constituye sin lugar a dudas la modelación que enlace las tareas de preparación de los deportistas con las necesidades y particularidades de la competición en su deporte o especialidad deportiva. Es por ello que la imitación y simulación de la realidad construida a partir de elementos específicos, (frenazo, saltos, driblen, cambios de dirección, giros, pase, tiros, pantallas) a través de las acciones simplificadas de juego y concebidas sobre las exigencias de intensidad actuales del polo acuático juvenil, contribuyen al desarrollo de la capacidad láctica.

Es por ello que se infiere que para que el proceso de entrenamiento de los juegos deportivos en general, y en el polo acuático en particular sea efectivo, se respeten las características específicas de la competición, además de tener en cuenta la estructura del trabajo, volumen e intensidad de las cargas, complejidad de las tareas motrices, etc. Sobre la base de este principio se intenta dirigir y organizar el entrenamiento, de tal forma que sus objetivos, métodos, contenidos y procedimientos contribuyan a la simulación de los elementos de la competición.

1.2 Kinovea

Kinovea es un reproductor de videos dirigidos al área deportiva en el cual se puede retardar el video para analizarlos, estudiarlo y hacer comentarios técnicos sobre los atletas. Es libre y de código abierto. En el sitio web (Brovkina, 2014), se demuestra que el trabajo con videos permite enfocar la atención en una acción específica dentro del

video y explorar la moción cuadro por cuadro de forma lenta. Se permite trabajar con cualquier tipo de video así que no es necesario ocuparse de formatos.

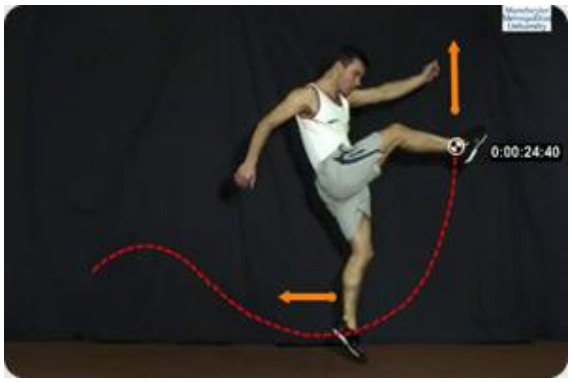


Figura 1. 1 Entrenamiento

Las ventajas que ofrece este software radican en que es una combinación poderosa y simple. Es tan simple para ser útil en el aula y tan poderoso para servir como herramienta en el entrenamiento de atletas para olimpiadas como se puede notar en la Figura 1.1.

Figura 1. 2 Flechas

Una ventaja de amplia utilidad es que permite analizar dos videos lado a lado y sincronizarlos en un evento común como se puede ver en la Figura 1.3.

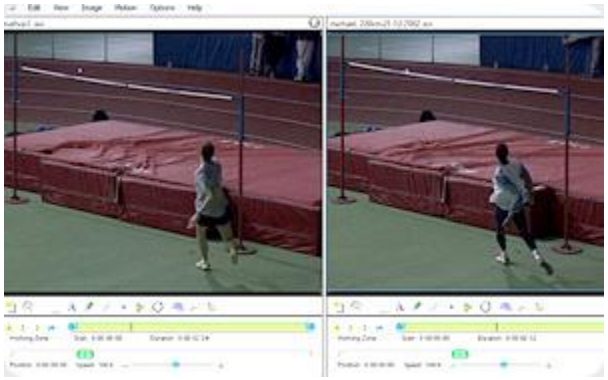


Figura 1. 3 Video contra video

Además el software es útil para medir distancia y tiempo manualmente o puede ser empleado en el rastreo de puntos de forma semi-automatizada y en el chequeo de valores activos o trayectorias. También permite exportar sus resultados a hojas de cálculo para realizar análisis posteriores.

Figura 1. 4 Trayectoria de jugadores en una piscina

Otra ventaja es la posibilidad de enriquecer el video adicionando flechas, descripciones y otros tipos de contenido para determinar posiciones importantes. Por ejemplo puede ser empleado en la determinación de los puntos de inicio y fin de una acción realizada por un jugador de Polo Acuático como se puede notar en la Figura 1.4.

1.3 Aprendizaje Automático

El aprendizaje es algo fundamental de los sistemas naturales y parte integral para su supervivencia. Según (Jimenez, 2002), (Mitchell, 1997) y (Markov) se plantea que el aprendizaje automático estudia cómo construir programas que mejoren automáticamente con la experiencia.

Una de las aplicaciones del aprendizaje automático es en la Minería de Datos, donde se hace uso de datos históricos para la mejora de decisiones, (FIB, 2013), (Carlos, 2013) y (Stefik, 1995). Por ejemplo, datos médicos para la toma de decisiones médicas o en el caso de este trabajo, datos deportivos para las decisiones tácticas en el deporte.

Para aplicar realmente el aprendizaje automático según (Jimenez, 2002) y (Mitchell, 1997) resulta necesario responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué experiencia?
2. ¿Qué debe aprender?
3. ¿Cómo se representa el conocimiento?
4. ¿Qué algoritmos se utilizan para aprenderlo?
5. ¿Cómo se mide la mejora?

Las respuestas a estas preguntas se pueden encontrar durante el desarrollo de este trabajo. En el artículo (Jimenez, 2002) y (FIB, 2009), se nota que, en la modelación del problema

se toma en cuenta el Aprendizaje como la mejora de alguna tarea mediante la experiencia. Para ello es necesario definir:

1. Tarea (T): Lo que debe aprender.
2. Experiencia (E): La que se tiene en relación a lo que se debe aprender.
3. Rendimiento (R): Medida de la calidad de lo aprendido.

Por lo tanto la medición del aprendizaje según (Jimenez, 2002), (Mitchell, 1997) se basa en que, si un sistema aprende de la experiencia, el rendimiento *R* de la tarea *T* aprendida crece al crecer *E.* En su libro (Russell, 2004) resume el aprendizaje automático como la capacidad para adaptarse a nuevas circunstancias y para detectar y extrapolar patrones.

1.4 Minería de Datos

Las Técnicas de Minería de Datos (TMD) están siendo aplicadas con más frecuencia en áreas orientadas al experto y como consecuencia el desarrollo de aplicaciones para TMD es un problema orientado al dominio. Específicamente para este trabajo, se hace énfasis en la rama de TMD encargada de la obtención de reglas de asociación.

La Minería de Datos definida por (Indurkhya, 1998) y (Shu-Hsien Liao, 2011), permite realizar búsquedas con el objetivo de obtener información de interés, dentro de grandes volúmenes de datos. El crecimiento explosivo de las bases de datos ha impulsado el desarrollo de tecnologías que usen la información y el conocimiento de manera inteligente. Por lo tanto, las TMD han sido un área de investigación importante que aún se encuentra en crecimiento, (Lijia Guo, 2005) y (Shu-Hsien Liao, 2011).

En la Figura 1.5 se muestra el Árbol de Minería de Datos donde se agrupan los distintos métodos de minería de datos basados en dos grupos fundamentales. Atendiendo al propósito de este trabajo, el interés fundamental se enfoca en la rama descriptiva. Dado

que no se realiza ninguna acción predictiva, la solución requiere más bien de la realización de un análisis donde se obtenga información relevante sobre los datos.

1.4.1 WEKA como una herramienta para la Minería de Datos

La herramienta WEKA, acrónimo de *Waikato Environment for Knowledge Analysis,* es un entorno que facilita la aplicación y experimentación de técnicas relevantes de análisis de datos.

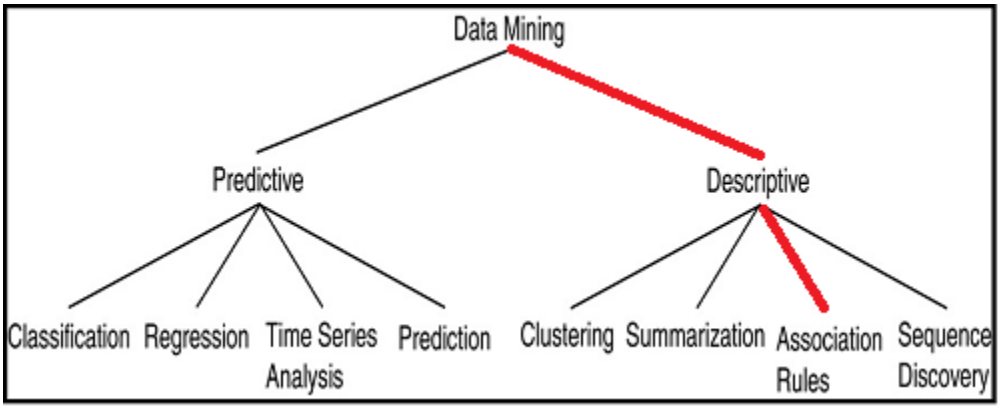


Figura 1. 5 Árbol de Minería de Datos

De estas técnicas se destacan principalmente las provenientes del aprendizaje automático. Para ello únicamente se requiere que los datos a analizar se almacenen con un formato que el entorno de WEKA pueda reconocer. En la versión más reciente de WEKA existen varios formatos que son de utilidad al momento de importar los datos. Entre ellos está el más utilizado conocido como el formato ARFF (*Attribute-Relation File Format*). Puede importar también archivos de formato CSV (*comma-separated values*) como se menciona en (González, 2006) y (González, 2004).

WEKA está compuesta por un conjunto de bibliotecas de JAVA para la extracción de conocimientos desde bases de datos. En (González, 2004) se indica que este conjunto de librerías o paquetes, son de código abierto con diferentes técnicas de preprocesamiento, clasificación, agrupamiento, asociación, y visualización, así como facilidades para su

aplicación y análisis de prestaciones cuando son aplicadas a los datos de entrada seleccionados. Estos paquetes pueden ser integrados en cualquier proyecto de análisis de datos, e incluso pueden extenderse con contribuciones de los usuarios que desarrollen nuevos algoritmos.

Con objeto de facilitar su uso por un mayor número de usuarios, WEKA además incluye una interfaz gráfica de usuario para acceder y configurar las diferentes herramientas integradas. Es un software que ha sido desarrollado bajo licencia GPL (Licencia Pública General), lo cual ha impulsado que sea una de los entornos más utilizados en el área en los últimos años (Orallo, Marzo 2006),(González, 2004) y (González, 2006).

1.5 Asociación

Se confirma en (Jiménez, 2007), que mediante la utilización de algoritmos de asociación es posible realizar la búsqueda automática de reglas que relacionan conjuntos de atributos entre sí. Son algoritmos no supervisados, debido a que no existen relaciones conocidas a priori con las que contrastar la validez de los resultados. La evaluación de las reglas obtenidas consiste en determinar si son estadísticamente significativas. El principal algoritmo de este tipo implementado en WEKA es el algoritmo Apriori, el cual busca reglas entre atributos simbólicos.

1.5.1 Reglas de asociación

Las reglas de asociación son similares a las reglas de clasificación pero pueden predecir cualquier atributo o combinación de atributos. No suelen utilizarse todas juntas ya que diferentes grupos muestran distintas regularidades del conjunto de datos. Su aplicación está en que permiten descubrir combinaciones de pares atributo-valor que ocurren con frecuencia en un grupo de datos (González, 2009).

1.5.2 Áreas de aplicación

Las reglas de asociación son aplicables en el análisis de la cesta de la compra, por ejemplo. En general generan patrones de transacciones que permiten identificar clientes con patrones de comportamiento común a los que se les puede realizar ofertas personalizadas.

1.5.3 Problemas en la aplicación de reglas de asociación

Una de las dificultades más frecuentes en la aplicación de reglas de asociación es la generación de un elevado número de reglas, incluso para conjuntos de datos pequeños, debido a que el consecuente puede contener cualquier combinación de pares atributo-valor. Para la generación eficiente de reglas de asociación se buscan combinaciones de pares atributo-valor con suficiente soporte y reglas con suficiente confianza.

El soporte es la probabilidad de que una instancia contiene la relación *a implica b* ($a \rightarrow b$) y la confianza es la probabilidad condicional (dado en por ciento) de que una regla que contenga *a* también contiene *b*.

1.5.4 Generación de reglas de asociación

Para la generación de las reglas de asociación, se recurre a una estructura intermedia, denominada conjunto de ítems. Un ítem se define como un par atributo-valor. Un *k*-ítem es el conjunto de pares atributo-valor donde el número de ítems es *k*. La generación de un *k*-ítem se realiza en base a un soporte mínimo.

En la aplicación de reglas de asociación existe una condición necesaria donde, para que un k-ítem tenga soporte mínimo todos sus (*k*-1)-ítem deben tenerlo. En (Markel, 2008) se hace referencia a un conjunto de medidas para la calificación de una regla que incluyen la confianza y el soporte.

```
Apriori ()
    L_l = encontrar l intemsets frecuentes (D)
    Para (k= 2; L_k−16= Null++)
            % generar y podar k-itemsets candidatos
            C_k− =AprioriGen (L_k−−1)
            Para Todo instancias t∈D
                    C_t =subconjunto (C_k, t)
            Para Todo candidato c∈C_t
                    c.count+ +
            L_k = {c∈C_k| c.count≥minsup}
    Devuelve U_k L_k
```

Figura 1. 6 Método de A priori

1.5.5 Algoritmo Apriori

El algoritmo Apriori definido en (Morales, 2009) tiene una estructura tal que se generan todos los k-ítem con un elemento y luego se usan estos para generar los de dos elementos, y así sucesivamente.

Se toman todos los posibles pares que cumplen con las medidas mínimas de soporte. Esto permite ir eliminando posibles combinaciones ya que no todas se tienen que considerar.

Como paso último se genera las reglas revisando que cumplan con el criterio mínimo de confianza.

AprioriGen (L)

Inserta en el conjunto C_k *todos los ítems: p.item1, p.item2,. . ., p.itemk−1, q.itemk−1 del conjunto p, q∈L*

Donde *p.item1=q.item1, p.item2=q.item2,. . ., p.itemk−1< q.itemk−1*

%–Podar conjuntos de ítems de t, unos (k-1)-subconjuntos de los candidato c que no pertenece a L

%– A (k-1) conjunto de ítems que no son frecuentes no puede ser un subconjunto

%– un k-conjunto de ítems frecuentes, y sea quitado después

Para Todo *itemsets o conjunto de ítems* $c \in C_k$

Para Todo *(k-1)-subconjuntos de s de c* ***hacer***

Si *(s no pertenece a* L_k *−1) entonces*

Quitar *c de* C_k

Figura 1. 7 Método de AprioriGen (L)

El método ***AprioriGen (L)*** en la Figura 1.7 hace una pasada por la base de datos, para cada conjunto de ítems de diferente tamaño. El esfuerzo computacional depende principalmente de la cobertura mínima requerida, y se lleva prácticamente todo en el primer paso.

El proceso de iteración del primer paso va considerando los súper-conjuntos en cada nivel. Si un conjunto no pasa la prueba de soporte, ninguno de sus súper-conjuntos la pasan, (Morales, 2009) (Kumar, 2006) y (Caruan, 2012).

Una vez que tenemos los conjuntos de ítems, generar las reglas es relativamente sencillo y para ello se hace uso del método ***AssocRules ()*** que se muestra en la Figura 1.8 y forma parte del algoritmo Apriori. Este método funciona de forma tal que para cada conjunto de ítems, genera todos sus subconjuntos.

AssocRules ()

Para Todo *grande conjunto de ítems* l_k, $k \geq 2$

GenRules (l_k, l_k)

GenRules (l_k, a_m) – *Genera todas las reglas validas del estilo* $a \rightarrow (l_k - a)$, *Para Todo* $a \subset a_m\}$

$A = \{(m-1)$ *−itemsets* $a_m - 1 | a_m - 1 \subset a_m\}$

ParaTodo $a_m - 1 \in A$

conf =soporte (l_k) */suporte* $(a_m - 1)$

Si *(conf ≥minconf) entonces*

Salida *regla* $a_m - 1 \rightarrow (l_k - a_m - 1)$ *con confianza conf, suporte= soporte* (l_k)

Si $(m-1>1)$ *then*

GenRules $(l_k, a_m - 1)$ – *Generar reglas con subconjuntos de* $a_m - 1$ *como antecedentes*

Figura 1. 8 Algoritmo de AssocRules ()

En el paso siguiente para cada uno de los subconjuntos que son del primer conjunto *l (conjunto grande de ítems)*, genera una regla de la forma: s ⇒ (*l*−*s*) (s es un subconjunto de *l*), si: el soporte de *l* dividido por el soporte de *s* es mayor o igual que el nivel de confianza que se está considerando ((soporte (*l*)/soporte(*s*)) ≥ nivel confianza).

Todas las reglas generadas tienen un soporte igual o mayor que el soporte mínimo.

1.6 Ejemplos de la aplicación del enfoque de inteligencia artificial al deporte

Para demostrar la aplicación de inteligencia artificial en el área del deporte se cuenta con los ejemplos de AIRFIT y el Sistema de Razonamiento Basado en Casos, para presentación de entrenamientos físicos personalizados en Internet.

1.6.1 AirFit

En su publicación (Orallo, Marzo 2006, AirFit 2014) presenta un nuevo concepto que ayuda a la práctica de la actividad física en instalaciones deportivas. Se hace posible a través de una inversión en TIC (Tecnologías de Información de Comunicación) en la que el conjunto interdisciplinario de promotores de T*echnological Sport Company* reúne la

experiencia suficiente como para encontrar la solución tecnológica a una necesidad detectada en el sector deportivo. AirFit es un cerebro que genera programas de actividad física saludables, flexibles y personalizados para el usuario en cada instalación deportiva. AirFit como definió en la entrevista (Orallo, Marzo 2006) ofrece la obtención de programas de actividad física generados automáticamente por el Sistema Experto. Estos programas se obtienen de forma inmediata y se ajustan a las necesidades del usuario y de la instalación deportiva gracias a los datos obtenidos de la entrevista inicial, prescribiendo actividad física de manera acorde con su nivel, preferencias, objetivos y demás características del usuario.

1.6.2 Sistema de razonamiento basado en casos, para presentación de entrenamientos físicos personalizados en Internet.

Este ejemplo está definido en (Jenal, 2006), como un proyecto que consiste en el desarrollo de un sistema experto que asesora a los usuarios sobre entrenamientos físicos personalizados que resulten adecuados para cada condición física y cada objetivo de entrenamiento. El sistema hace uso de razonamiento basado en casos (CBR) siendo el dominio de conocimiento el entrenamiento médico-deportivo. Los casos describen tanto las características de los usuarios, como los entrenamientos que les corresponden. Los entrenamientos completos están formados secuenciando apropiadamente unidades de entrenamiento individuales. Los usuarios acceden al sistema por medio de una interfaz Web que permite tanto consultar la realización de ejercicios individuales como la obtención de un entrenamiento personalizado. La presentación que se muestra a los usuarios incluye, además de la explicación de cada unidad de entrenamiento, modelos que ejemplarizan las distintas posiciones que debe adoptar el cuerpo para ejecutar un ejercicio correctamente. Esos modelos consisten en representaciones humanoides creadas con programas de diseño gráfico de 2D y 3D.

1.7 Conclusiones parciales

En el Polo Acuático al igual que en otros deportes se revela la necesidad de elaborar un régimen de entrenamiento para las competencias. Resulta de gran utilidad para los entrenadores analizar la actividad de los jugadores juveniles de Polo Acuático de manera que sea factible procesar la información obtenida durante un juego. La forma en que los profesores de la Facultad U.C.C.F.D "Manuel Fajardo" Villa Clara procesan la información obtenida durante un juego aún brinda resultados limitados. Existen aplicaciones computacionales para asistir a la planificación de entrenamientos deportivos. Por otra parte los algoritmos de extracción automática de reglas constituyen una solución factible cuando se precisa descubrir relaciones subyacentes entre atributos.

CAPÍTULO 2: MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA EN EL JUEGO DE POLO ACUÁTICO

CAPÍTULO 2. MODELACIÓN COMPUTACIONAL DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA EN EL JUEGO DE POLO ACUÁTICO

En este capítulo se realiza la modelación computacional de los datos relacionados con el análisis de la actividad competitiva en el juego de Polo Acuático. Con este fin se definen los atributos que caracterizan el problema así como sus dominios correspondientes. Además, se especifican los atributos finales que son tomados en cuenta para la extracción de las reglas de asociación.

2.1 Estructura del juego de Polo Acuático

Con el propósito de modelar el objeto de estudio es imprescindible definir correctamente la estructura del juego. La estructura de un juego de Polo Acuático está definida en la Tabla 2.1, donde se muestra que un partido está compuesto por periodos, ciclos, micro-situaciones y acciones.

Estructura	Dimensiones	Indicadores
Niveles en que se manifiesta la actividad competitiva	Partido	De dos periodos
		De tres periodos
		De cuatro periodos
	Periodo	Único
		Combinado
	Ciclo	Único
		Combinado
	Micro-situación	Comienzan y terminan en pausas reglamentarias logrando a notar gol.
		Comienzan y terminan en pausas reglamentarias sin finalización de ataque.
		Comienzan en pausas reglamentarias y terminan en tiro finalizando ataque
		Comienzan en tiro a puerta y terminan en pausas reglamentarias logrando a notar gol.
		Comienzan en tiro a puerta y terminan en pausas reglamentarias sin finalización de ataque.
		Comienzan y terminan en tiro a puerta finalizando ataque
	Fases	Ataque
		Defensa
	Acción	Estática
		Desplazamiento

Tabla 2. 1 Estructura de los juegos en Polo Acuático

En un partido se efectúan normalmente un total de cuatro periodos o tiempos. Cada uno de estos periodos se divide en ciclos, donde un ciclo empieza y termina con una pausa indicada por el árbitro. El ciclo está formado por micro-situaciones, y cada micro-situación por fases, que pueden ser de ataque o de defensa.

Tipo	Inicio	Final	Logros	Estado
1	Pausas reglamentarias	Pausas Reglamentarias	G	Favorable
2	Pausas reglamentarias	Pausas reglamentarias	SFA	Neutro
3	Pausas reglamentarias	Tiro a Puerta	CFA	No-Favorable
4	Tiro a Puerta	Pausas reglamentarias	G	Favorable
5	Tiro a Puerta	Pausas reglamentarias	SFA	Neutro
6	Tiro a Puerta	Tiro a Puerta	CFA	No-Favorable

Tabla 2. 2 Modelación de los atributos

La micro-situación a su vez puede ser clasificada en seis tipos diferentes de acuerdo de la forma en que se comienza y se termina. La Tabla 2.2 muestra las especificaciones de cada clasificación. Los logros obtenidos al finalizar la micro-situación se dividen en tres estados: gol (G), sin finalización de ataque (SFA) y con finalización de ataque (CFA). Cada micro-situación en dependencia de sus características es evaluada por el experto según la información que se muestra en la columna denominada estado.

La información que brinda cada micro-situación es de suma importancia a los entrenadores ya que a partir de esta se realiza el análisis de las acciones realizadas. El bloque o componente básico de la micro-situación es la acción que realiza el jugador. A partir de este bloque básico del juego de Polo Acuático se desea encontrar relaciones que permitan a los entrenadores encontrar información útil.

2.2 Modelación de los atributos

Como parte de la modelación de los atributos se hace necesario definir el dominio de cada uno en dependencia de su naturaleza.

Se entiende por dominio el conjunto de valores de un mismo tipo, el cual puede ser continuo o nominal como está expresado en (Sánchez, 2005). Un dominio continuo es un conjunto infinito de valores reales y un domino nominal es un conjunto finito de valores discretos. Para el propósito de este trabajo, el dominio de los atributos presentes en el problema es una combinación de valores discretos y nominales.

En este trabajo se consideran como atributos los siguientes: *nombre del juego, tipo de juego, posición, cuarto de juego, ciclo, micro-situación, fase, distancia, tiempo, velocidad, intensidad,* y *desempeño.* A continuación se define cada uno de manera detallada incluyendo el dominio en el cual toman sus valores.

Nombre de Juego: Es un valor nominal que se usa como identificador del juego.

Tipo de Juego: Valor nominal que toma uno de los valores del conjunto siguiente {F-F, F-M, F-D, M-M, M-D, D-D}. El tipo de juego define el tipo de enfrentamiento y la fortaleza de cada uno de los equipos involucrados la cual puede ser: Fuerte (F), Medio (M) o Débil (D).

Cuarto del Juego: Tiene valor nominal dentro el rango siguiente: {1, 2, 3, 4}. Cada juego tiene cuatro periodos de juego.

Posición: El atributo posición es un atributo nominal que tiene valores dentro del rango {Derecho, Izquierdo, Lateral-Derecho, Lateral-Izquierdo, Portero, Central}. El atributo posición indica la posición que ocupa el jugador de Polo Acuático en el juego que se está analizando.

Ciclo: Este atributo es numérico y se define dentro del rango {1,…, 100}. El atributo ciclo indica el ciclo que se está jugando dentro del cuarto actual. Tiene como valores posibles del 1 al 100 porque la cantidad de ciclos dentro de un juego no tiene un número definido pero a la misma vez no puede ser mayor que 100. En este caso 100 representa un número lo suficientemente grande.

Micro-Situación: Un atributo nominal que puede tomar los valores indicados, {Tipo-1, Tipo-2, Tipo-3, Tipo-4, Tipo-5, Tipo-6}. Una micro-situación se caracteriza por una secuencia de acciones. Existen seis tipos diferentes y están definidas detalladamente en la Tabla 2.2. Cada tipo se diferencia en la forma de inicio y fin de la micro-situación. Así como están definidos por el experto en (Brovkina, 2014b), las pausas reglamentaria puede ser de inicio (Saque de Inicio, Saque de córner, Saque del centro, Time out, Tiro a puerta) o de final (Gol, Time out, Final tiempo, Penalti, acción de córner, Tiro a puerta).

Fase: Atributo nominal de tipo binario el cual puede tomar como valores posibles {Ataque, Defensa}. Una fase del juego es una secuencia de acciones que tiene el efecto de defensa o de ataque, en dependencia de las acciones realizadas.

Acción: Los valores nominales que corresponden a este atributo son los siguientes {d, bd, bid, a, bia, ba, b, bmd, bma, bi}. Los significados son los siguientes: defensa (d), bicicleta defensa (bd), bicicleta intensa defensa (bid), ataque (a), bicicleta intensa ataque (bia), bicicleta ataque (ba), bicicleta (b), bicicleta movimiento defensa (bmd), bicicleta movimiento ataque (bma), bicicleta intensa (bi). De forma general estos atributos pueden clasificarse en estáticos o dinámicos. Un ejemplo de una acción estática es la bicicleta y una acción dinámica es la defensa.

Cantidad de Jugadores: Es un atributo nominal que representa la cantidad de jugadores de ambos equipos que intervienen en la realización de una acción. Todos los valores posibles para este dominio incluyen todas las combinaciones, considerando un máximo de seis jugadores y un mínimo de uno, implicados en cada acción. En los juegos generalmente no se presentan todas las combinaciones posibles por tanto solo se definen las que estén presentes en el juego. Siempre es un conjunto finito y por ejemplo para el juego que se está analizando, como caso de estudio en este trabajo, se definen los valores siguientes: {6-6,5-5,6-5,5-6,4-4,2-3,3-3,2-2,4-3,3-2}.

Tiempo(s): Este atributo se define como un atributo continuo. El atributo tiempo representa el tiempo en segundos (s) que dura una acción ya sea de defensa o de ataque.

Distancia (m): Este atributo se define como un atributo continuo. Este atributo mide en metros (m) la distancia que nada el jugador durante la realización de una acción. Mide desde que se empieza hasta que se termina esta acción.

Velocidad (m/s): Este atributo también se define como un atributo continuo. Representa la velocidad (cantidad de metros por segundos) que alcanza el jugador durante la realización de la acción correspondiente.

Intensidad: Es un atributo con valores numéricos reales lo cual indica al experto de Polo Acuático el esfuerzo con que se ha sido desarrollada la acción.

Desempeño: El atributo desempeño toma valores de tipo nominal los cuales pueden ser: {Alto, Medio, Bajo}. Estos valores son estimados a partir de un conjunto de reglas que se muestran a continuación para calcular el desempeño. Las reglas utilizan específicamente la intensidad para determinar el valor de desempeño que le corresponde.

Si Intensidad <= 50, desempeño es bajo

Si Intensidad >50, desempeño es medio

Si Intensidad > 75, desempeño es alto

Estado: Atributo nominal que tiene valores del conjunto {Favorable, No-Favorable, Neutro}. El atributo estado se refiere al estado de la micro-situación que se define a partir del tipo de la misma como quedó definido en la Tabla 2.2.

Si el Tipo de Micro-Situación es 1 o 4, el Estado es Favorable

Si el Tipo de Micro-Situación es 2 o 5, el Estado es Neutro

Si el Tipo de Micro-Situación es 3 o 6, el Estado es No-Favorable

2.3 Caso de estudio

El juego seleccionado como caso de estudio es un partido desarrollado en el año 2013, entre los equipos de Villa Clara y de Camagüey, con resultados de 9-2, ganado por Villa Clara. En la Figura 2.1 se muestra un fragmento en forma de árbol del juego en cuestión. En esta figura es posible observar cómo las acciones se corresponden en las hojas del árbol siendo el bloque principal donde se concentra el análisis a realizar.

Es importante notar que en el caso de estudio se analiza un solo juego, de Villa Clara contra Camagüey. Se ha seleccionado como rival específicamente el equipo de Camagüey dado que, en el periodo, este equipo es el equipo más fuerte contra el cual se puede competir y por tanto es un buen equipo para efectuar el análisis. Obtener un buen resultado frente a este equipo eleva las posibilidades de ganar frente a otros rivales de menor calidad competitiva.

Todos los atributos definidos en el epígrafe anterior brindan información con cierto nivel de detalle. Mientras más detalles se requieren sobre la acción más atributos se toman en cuenta. Finalmente se decidió realizar la minería de datos considerando las acciones como las instancias del problema. Los rasgos tomados en consideración de cada acción son: Cuarto, Ciclo, Fase, Jugadores, Acción, Tiempo, Distancia, Desempeño, Estado.

Para el propósito de este análisis, específicamente para realizar la generación de las reglas de asociación es importante notar que solo analizamos nueve atributos.

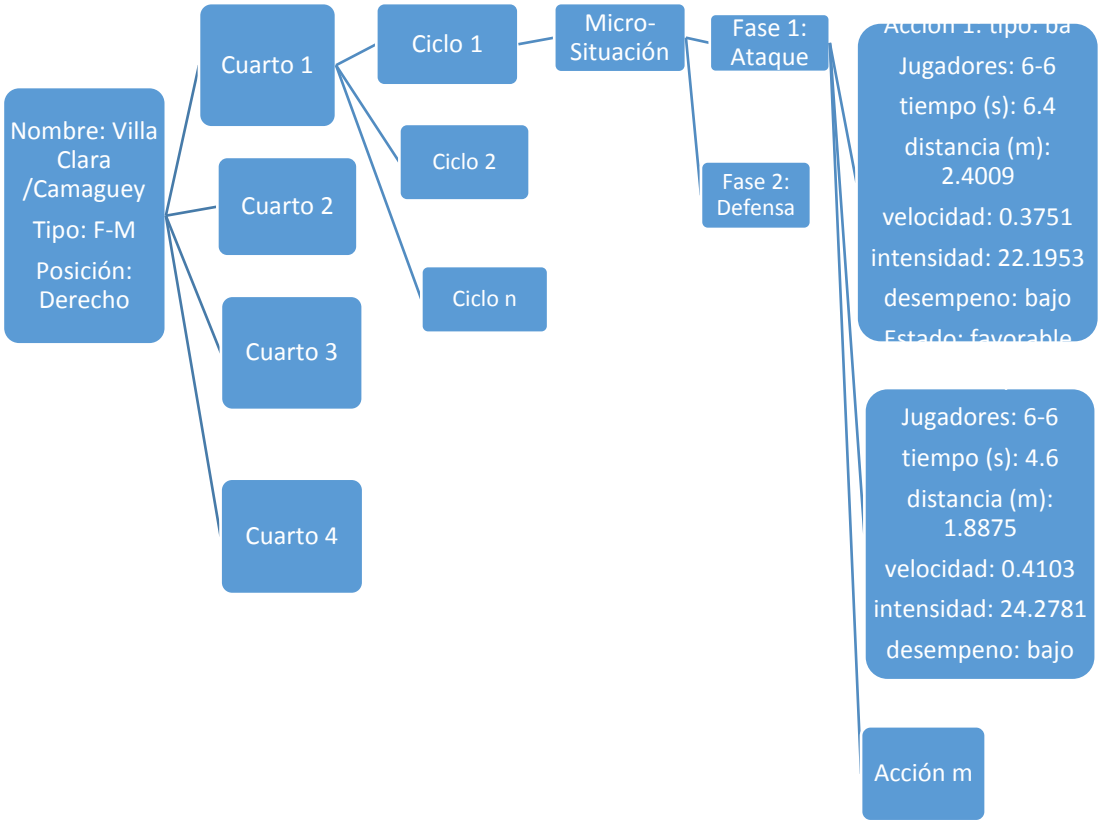


Figura 2. 1 Juego efectuado entre los equipos de Villa Clara y Camagüey

Se obvian en el análisis los atributos velocidad e intensidad porque son calculados a partir de otros atributos (tiempo, distancia). Además se eliminan los atributos nombre de juego, posición y tipo de juego porque esta información se repite en cada tupla de datos, considerando que estamos realizando el análisis a partir de un único juego real de Villa Clara contra Camagüey. Dado que a partir de la micro-situación se deduce el estado de la misma, el análisis se realiza empleado el tipo o el estado de la micro-situación pero nunca ambos de manera simultánea.

2.4 Generación de reglas en WEKA

A partir de los datos obtenidos sobre el juego se procede a la aplicación del algoritmo Apriori, el cual permite generar reglas relevantes basándose en el rasgo objetivo y demás atributos que forman parte del estudio.

En la Figura 2.2 se pueden visualizar los datos cargados en el ambiente WEKA. Dado que se desea aplicar el algoritmo Apriori para la extracción de reglas, existe el requerimiento para este algoritmo que todos los atributos deben ser discretos. Por tanto se procede a la discretización de los atributos: tiempo y distancia. Para lograr esto se aplica el filtro no-supervisado *Discretize* para atributos numéricos.

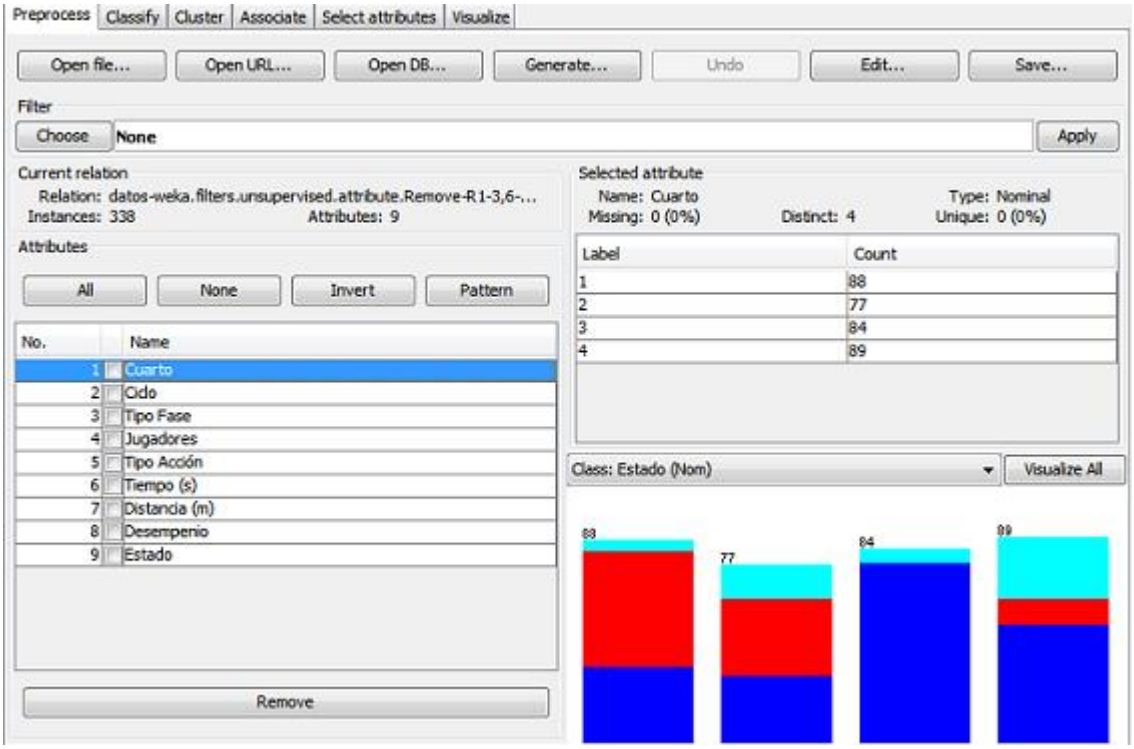


Figura 2. 2 Procesamiento en WEKA

El caso de estudio cuenta con un total de 338 instancias o acciones. Para la generación de reglas se trabaja con un soporte mínimo de 0.1 y un nivel de confianza de 0.9. La selección de las especificaciones que se establecen en el uso del algoritmo Apriori se

puede ver en la Figura 2.3. Es importante notar que la cantidad máxima de reglas que se puede generar con esta especificación es 100. Como el atributo **car** se define como FALSE se generan reglas de asociación de forma general y no con un atributo clase determinado. Esto es importante ya que para este problema no tenemos un atributo clase definido.

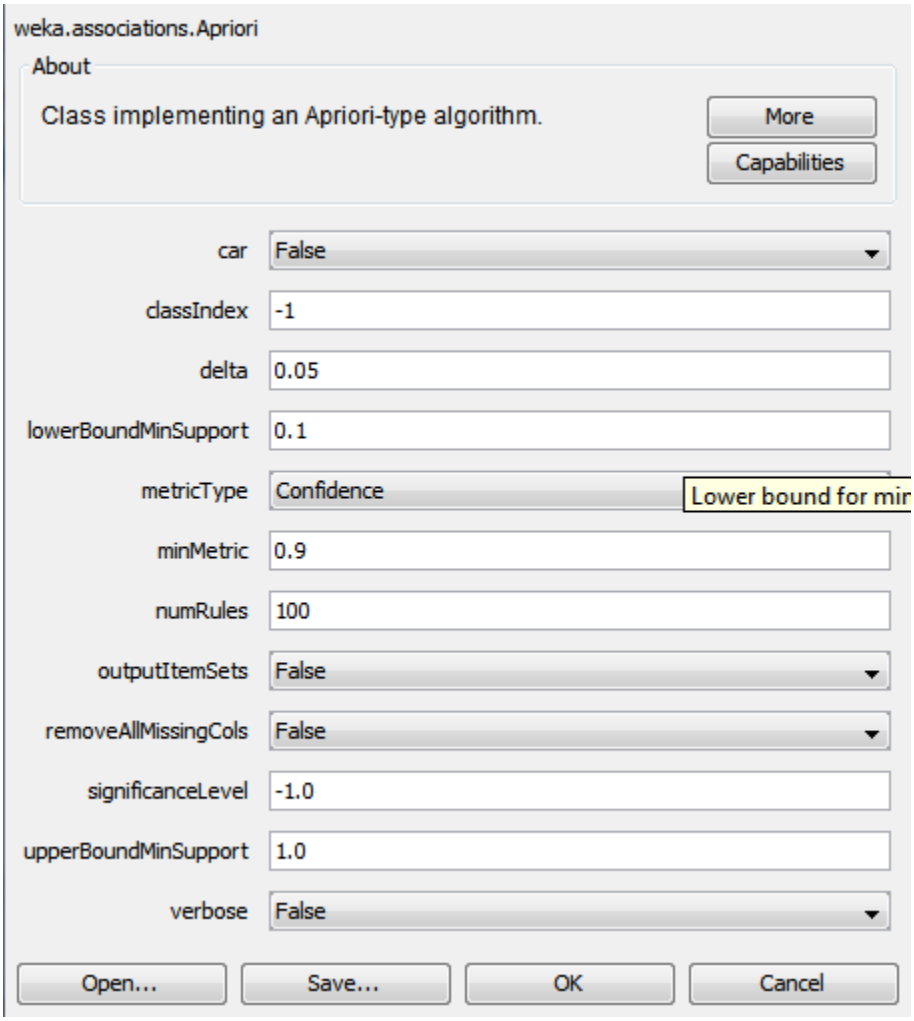


Figura 2. 3 Selección de Especificaciones para el algoritmo Apriori

2.4.1. Caso o muestra

Según (Sánchez, 2005) una muestra o caso, también conocido como ejemplo o instancia es una tulpa del universo de discurso representada por el conjunto de valores de atributos asociados al universo, cada uno de un dominio respectivamente y una etiqueta de clase que lo clasifica.

La tabla 2.3 lleva en su contenido tres casos del universo que corresponde con el caso de estudio donde los atributos de cada tupla coinciden con los descritos anteriormente**.**

Nombre del Juego	Camagüey/Villa-Clara	Camagüey/Villa-Clara	Camagüey/Villa-Clara
Tipo de Juego	F vs M	F vs M	F vs M
Posición	DERECHO	DERECHO	DERECHO
Cuarto	4	4	4
Ciclo	15	15	16
Micro-Situación	24	24	25
Tipo de Micro-Situación	Tipo 1	Tipo 1	Tipo 2
Fase	64	64	65
Tipo de Fase	ataque	ataque	Defensa
Cantidad de Jugadores	6-5	6-5	6-5
Tipo de Acción	bia	D12	bmd
Tiempo (s)	9.44	21.96	2.48
Distancia (m)	6.5024	6.5024	6.5024
Velocidad	0.6888	0.2961	2.6219
Intensidad	40.7574	17.5207	155.142
Desempeño	Bajo	Bajo	alto

Estado	favorable	Favorable	no-favorable

Tabla 2. 3 Ejemplo de casos que corresponde al trabajo

2.5 Diseño del sistema

Para el propósito de este trabajo fue necesario el diseño y creación de una aplicación auxiliar para la generación de los datos relacionados con el juego que se va a analizar. Dichos datos posteriormente son utilizados durante la aplicación del algoritmo Apriori.

2.5.1 Diagrama de casos de uso

La aplicación está disponible para los expertos y su funcionalidad principal se basa en la facilidad que ofrece de estructurar, visualizar y guardar el juego según los criterios expuestos anteriormente.

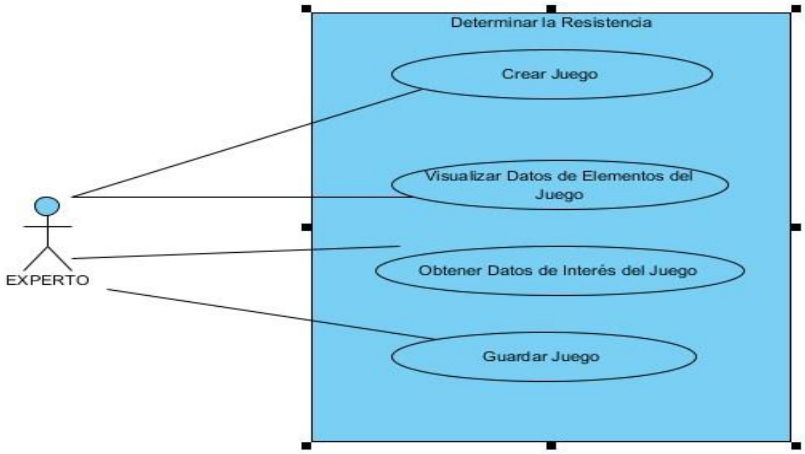


Figura 2. 4 Diagrama de Casos de Uso

2.5.2 Diagrama de actividades

La aplicación permite la creación de cada uno de los elementos del juego junto con sus atributos. Además, facilita la visualización en todo momento de los elementos del juego que hayan sido creados.

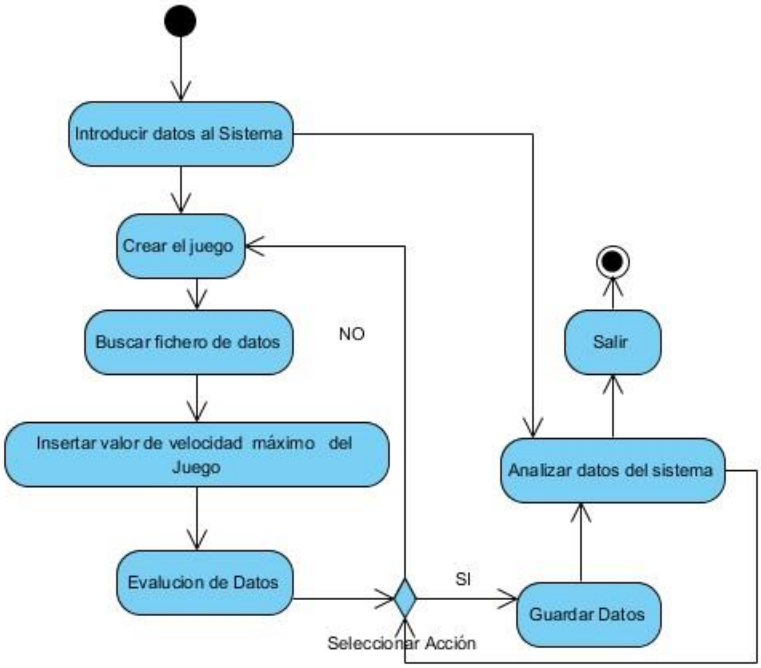


Figura 2. 5 Diagrama de Actividades

2.5.3 Diagrama de paquetes

La Figura 2.6 muestra el diagrama de paquetes de la aplicación. El paquete **Datos** contiene las clases necesarias para la generación y estructuración de los datos del juego que se va a procesar. El paquete **Filtro Ficheros** contiene clases que permiten exportar los datos generados en formato PDF y EXCEL. El paquete **GUI** contiene las clases que manejan la interfaz gráfica de la aplicación, dichas clases son necesarias para la correcta visualización de los datos. Además, la aplicación cuenta con una ayuda, y las clases relacionadas se encuentran situadas en el paquete **Help**.

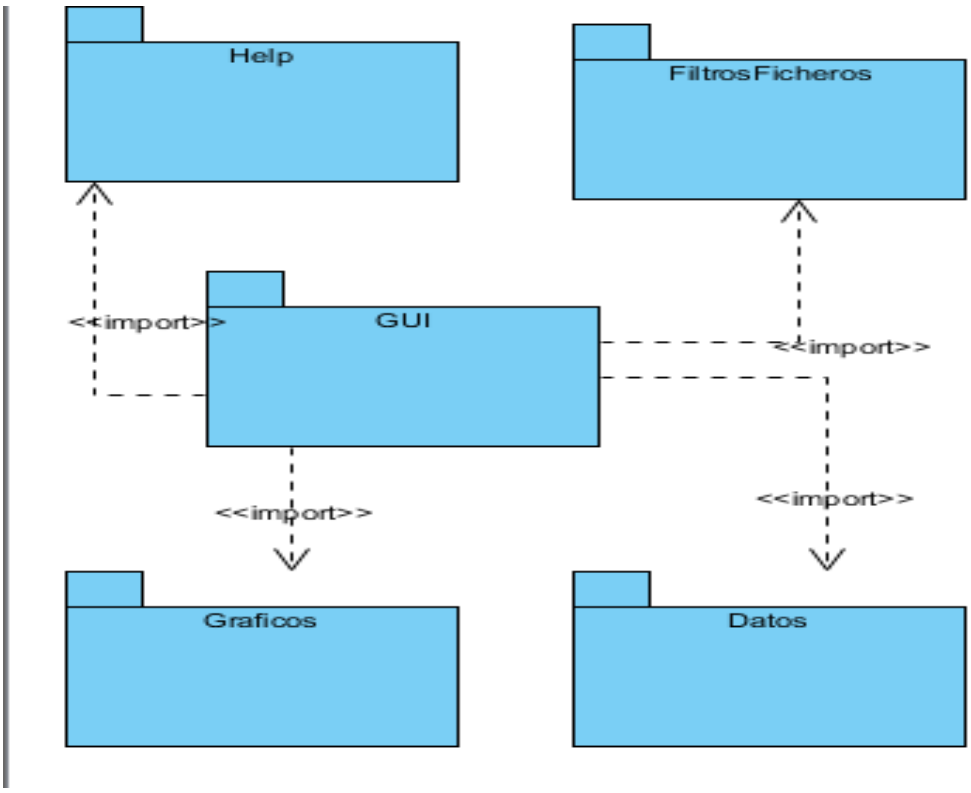


Figura 2. 6 Diagrama de Paquetes

2.6 Conclusiones parciales

En el presente capítulo se efectuó la modelación computacional de los datos relacionados con un jugador de polo acuático durante un partido de este deporte. Como parte de esta modelación se definieron los atributos que caracterizan el problema así como sus dominios correspondientes. Se enfoca la atención del análisis en las acciones realizadas por el jugador y se especifican cuáles atributos serán tomados en consideración para realizar la extracción de reglas. Se presenta un juego real como caso de estudio y las especificaciones utilizadas en el WEKA para el empleo del algoritmo Apriori.

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN DE REGLAS DE ASOCIACIÓN EN EL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA.

CAPÍTULO 3. APLICACIÓN DE REGLAS DE ASOCIACIÓN EN EL ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD COMPETITIVA

En este capítulo se analiza la aplicación de las reglas de asociación que se generan a partir de la base de conocimiento del juego utilizado como caso de estudio, Villa Clara contra Camagüey. Se analiza el criterio del experto de Polo Acuático en la interpretación de las reglas de asociación obtenidas. Además se brinda la información necesaria para la utilización del software que genera los datos a ser analizados.

3.1 Reglas de asociación generadas

Aplicando las ideas del experto según (Brovkina, 2014a) sobre la evaluación de las reglas generadas en el juego de Polo Acuático de Villa Clara contra Camagüey, se agrupan en tres categorías diferentes definidas por el experto. La Tabla 3.1 muestra la distribución de las reglas en dichas categorías.

Categoría	Cantidad de Reglas	Porcentaje
Comportamiento de la Efectividad del Equipo	7	16,3
Regularidades de la Carga del Ejercicio Competitivo	23	53,5
No Brinda Información Significativa	13	30,2
Total	43	100

Tabla 3. 1 Distribución de Resultados

En la figura 3.1 se muestra el comportamiento de las 43 reglas de asociación generadas de los datos del juego de Polo Acuático, Camagüey contra Villa Clara. El análisis de las reglas muestra que un 16,3% de ellas brinda información sobre el comportamiento de la efectividad del equipo. El 30,2% de las reglas no brinda información significativa a los entrenadores mientras el otro 53,5% se refiere a las regularidades de la carga del ejercicio competitivo de los atletas. En el anexo 2 se muestran las reglas generadas en su totalidad.

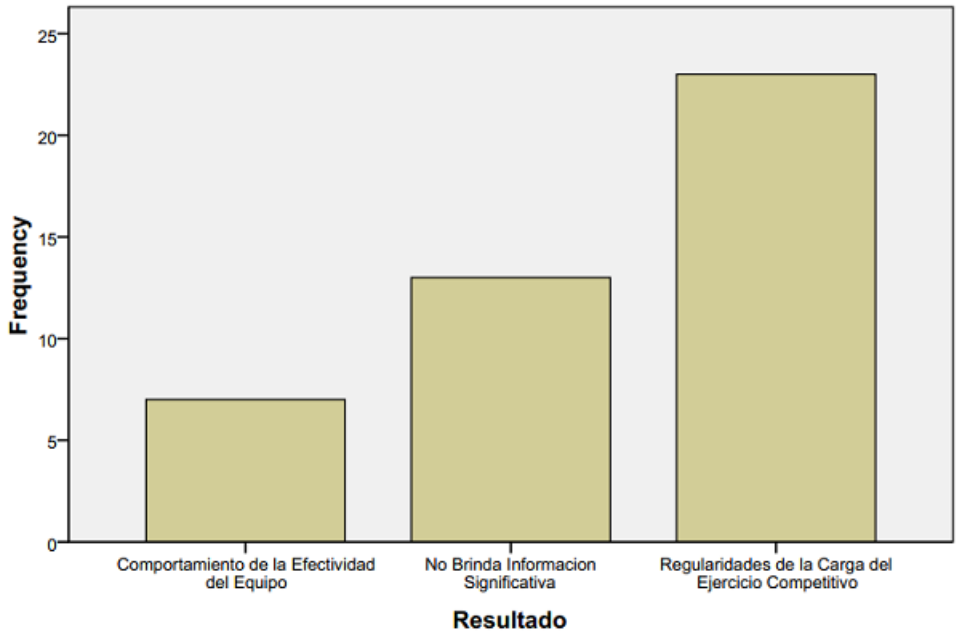


Figura 3. 1 Distribución de las reglas de asociación generadas

De las dos categorías que brindan información significativa una de ellas se relaciona con el comportamiento del equipo entero (Comportamiento de la Efectividad del Equipo), y la otra con el comportamiento de los jugadores individualmente (Regularidades de la Carga del Ejercicio Competitivo). En ambas situaciones los resultados permiten a los entrenadores planificar estrategias de entrenamiento que ayuden al mejoramiento táctico del equipo.

Por ejemplo las reglas 1 y 20 aportan *Información sobre el Comportamiento de la Efectividad del Equipo* y *Regularidades de la Carga del Ejercicio Competitivo*, respectivamente:

1. Desempeño=medio 60 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 60 conf:(1)

Llevado al lenguaje natural sería que toda acción con desempeño medio (50<=intensidad<=75), tiene una duración de entre 48.5 y 117.8 segundos.

20. Cuarto=3 and Tipo Fase=defensa 38 ==> Estado=favorable 36 conf:(0.95)

Llevado al lenguaje natural sería que el 95% de las acciones de una fase de defensa en el cuarto de juego número tres pertenece a una micro-situación favorable.

Un ejemplo de una regla que no aporta información relevante a los entrenadores es la regla numero 28:

28. Tipo Acción=bd 43 ==> Tipo Fase=defensa 40 conf:(0.93)

El 93% de las acciones del tipo bicicleta de defensa (bd) son de una fase de defensa.

La regla número 1, aporta información que es de utilidad durante el análisis de lo ocurrido durante la competición, lo cual permite la planificación de estrategias de entrenamiento relacionadas con el aspecto competitivo del juego. Esta regla permite a los entrenadores saber el tiempo que tarda la realización de una acción con un desempeño medio brindado información relevante para la modelación del aspecto competitivo.

Por otra parte la regla número 20, habla sobre el porcentaje de las acciones que pertenecen a una fase de defensa en el cuarto número tres y forman parte de una micro-situación favorable. El contenido de esta regla ayuda los entrenadores a determinar la efectividad del equipo completo en este periodo. De este modo los entrenadores pueden crear las condiciones que propicien momentos de mayor efectividad contribuyendo a situaciones favorables del juego.

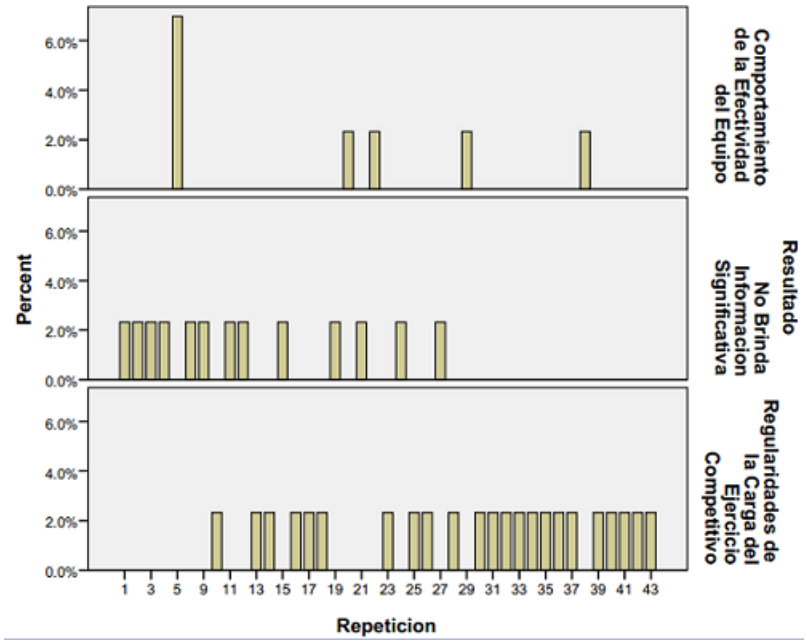


Figura 3. 2 Repetición de Las Reglas

En algunos casos la información que brindan las reglas es parecida y en estos casos no brindan información diferente desde el punto de vista de los expertos de Polo Acuático. Por tanto las reglas que conllevan información relevante pueden brindar información repetida. En la Figura 3.2 se muestra la distribución de las reglas de asociación generadas en las tres categorías definidas.

Por ejemplo, las reglas 5 y 6 de las 43 generadas, no brindan información diferente desde el punto de vista deportivo.

5. Ciclo=17 Estado=favorable 44 ==> Cuarto=4 44 conf:(1)

Toda acción en el ciclo 17 que son de una micro-situación favorable pertenece al cuarto número cuatro.

6. Cuarto=4 Ciclo=17 44 ==> Estado=favorable 44 conf:(1)

Toda acción en el ciclo 17 que son del cuarto número cuatro pertenece a una micro-situación favorable

3.2 Opinión del experto de Polo Acuático sobre utilidad de las reglas generadas

En este epígrafe se ilustra la utilidad de las reglas de asociación generadas para los entrenadores de la Facultad U.C.C.F.D. “Manuel Fajardo” Villa Clara desde el punto de vista del experto. Para ello se considera la utilidad de tres de las reglas obtenidas relacionadas con las regularidades de la carga del ejercicio competitivo para darle tratamiento a la resistencia. Las reglas que se consideran son: la regla 1, la regla 2 y la regla 32.

Según el análisis del experto, la combinación de la información que brindan estas tres reglas permite elaborar una serie de trabajos para darle tratamiento a la resistencia. En este sentido la regla 1 permite conocer el rango de trabajo para las acciones de intensidad media en función del tiempo, en la regla 2 coincide el rango de trabajo, pero para acciones de alta intensidad y la regla 32 permite conocer el rango de las distancias en las acciones con baja intensidad respectivamente.

Es necesario aclarar que la resistencia especial de competencia según (Brovkina, 2014b) es la capacidad de alternar la utilización de las vías energéticas tanto anaeróbicas como aeróbica, en función de resistir los esfuerzos de variada intensidad que demanda la competición, combinada con el logro del mayor porciento de recuperación, durante esfuerzos de baja y mediana intensidad. Según el experto (Brovkina, 2014), teniendo en cuenta lo anterior para planificar la resistencia especial de competencia a partir de la reglas anteriores, el rango de trabajo de las acciones de alta y media intensidad será de 48.5 y 117.8 segundos y las acciones de baja intensidad tendrán un desplazamiento menor de 2.57 m.

Referente al comportamiento de la efectividad del equipo se analiza la regla 29. Esta regla permite conocer a los entradores que el cuarto de juego más efectivo para el equipo fue el tercero. Esto quiere decir que el equipo de Camagüey después de dos tiempos de juego empieza a mostrar un desgaste físico, lo cual no le permite mantener el mismo nivel de rendimiento del inicio del juego.

El análisis de estas reglas son ejemplos de aplicación de la inteligencia deportiva en su variante de estudio del contrario, lo cual es de vital importancia para entrenamiento táctico y estratégico del equipo Villa Clara, según el experto de Polo Acuático, (Brovkina, 2014).

3.3 Guía del software auxiliar para el manejo de los datos de un juego

El uso del software se ilustra mediante la utilización de un ejemplo. Cuando se ejecuta el programa se muestra en pantalla la ventana principal del software. En el menú principal se aprecian las diferentes opciones que son explicadas a continuación de forma detallada (Figura 3.3).

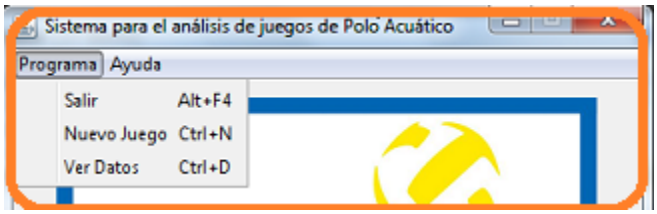


Figura 3. 3 Menú principal

Entre las opciones del menú se encuentran las siguientes:

1. **Salir:** provoca una ventana de validación aseguración de su éxito del sistema.

2. **Nuevo Juego:** muestra una nueva ventana, por medio de la cual se carga una configuración inicial para insertar los datos de un juego real (Figura 3.4).

3. **Ver Datos:** muestra una ventana que permite al usuario buscar un archivo con extensión JPA que contiene los datos de un juego creado previamente utilizando el software. Permite visualizar los datos asociados a un juego y además exportar los datos a un archivo EXCEL de manera que sean accesibles para posteriores procesamientos

4. **Ayuda:** es la opción que permite ver la ayuda del sistema y además permite activar una ventana que brinda información acerca del software y su fabricante.

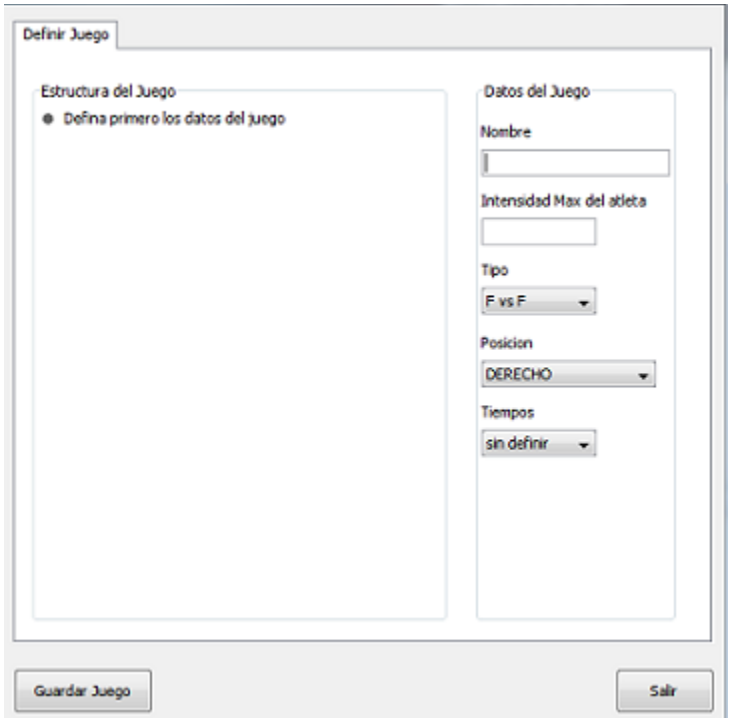


Figura 3. 4 Ventana para definir un juego

La importación a WEKA se hace fácil, dado que desde este ambiente es posible importar archivos EXCEL.

A continuación se detalla la ventana principal para la entrada de los datos del juego. Los elementos de la ventana de entrada de los datos son:

Nombre: es el que se asocia a cada juego nuevo.

Intensidad Max del Atleta: es el valor de la intensidad máxima asociada al atleta que se va a analizar durante el juego. Este valor se conoce con antelación al desarrollo del juego.

Tipo: se refiere al tipo del juego correspondiente.

Posición: es la posición del jugador a lo cual se necesita analizar sus acciones durante el periodo del juego.

Tiempos (Cuartos): se refiere a la cantidad de cuartos que tiene el juego que están analizando. Cuando se termina de seleccionar el valor de este elemento, se queda adicionado a la ventana actual el árbol del juego con la cantidad de cuartos que se haya definido.

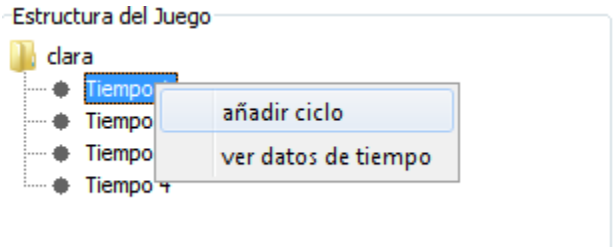


Figura 3. 5 Anadir Ciclo

Para añadir información del cuarto se hace clic sobre el cuarto elegido y se selecciona la opción añadir ciclo (Figura 3.5). De esta forma se añade un nuevo ciclo que queda incluido en el árbol.

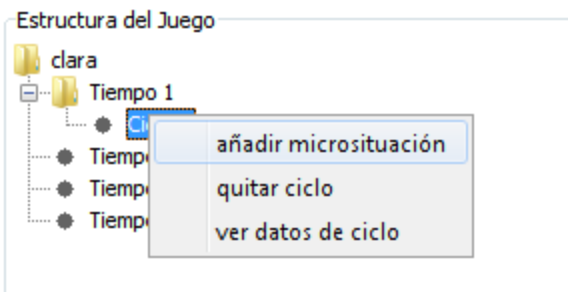


Figura 3. 6 Anadir Micro-Situación

A partir de lo cual es posible añadir una micro-situación haciendo clic derecho sobre el ciclo al cual se le quiere añadir una micro-situación. Luego de esta acción aparece la ventana de la Figura 3.7.

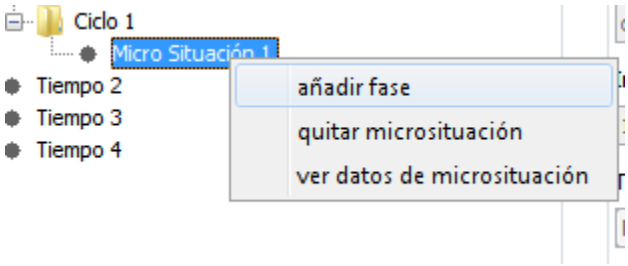


Figura 3. 7 Anadir Fase

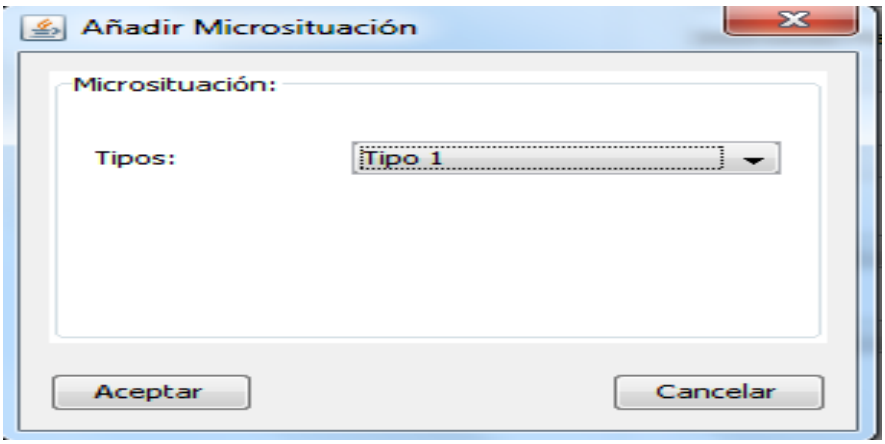


Figura 3. 8 Ventana donde se guardan los detalles de la micro-situación

Luego que se tiene insertada la micro-situación entonces es posible añadir las fases de las que se compone la misma (Figura 3.8).

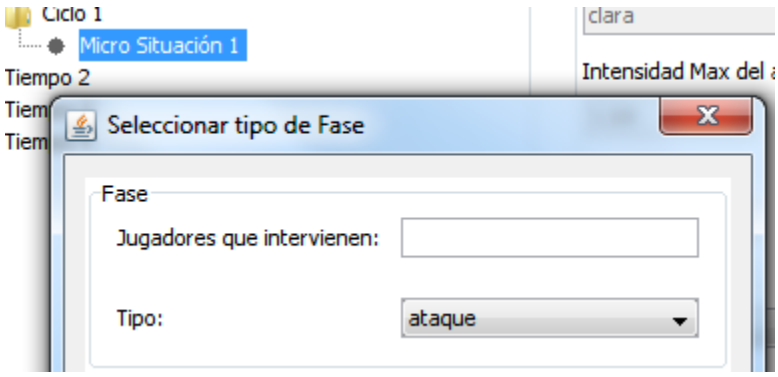


Figura 3. 9 Tipo de Fase

Para añadir las fases de la micro-situación se tiene que poner el número de jugadores que intervienen en esta fase del juego (Figura 3.9). Además es necesario definir el tipo de fase y finalmente se insertan las acciones correspondientes a dicha fase. Estos datos se encuentran en un archivo de datos LISTADATOS.TXT el cual se carga desde la aplicación (Figura 3.10).

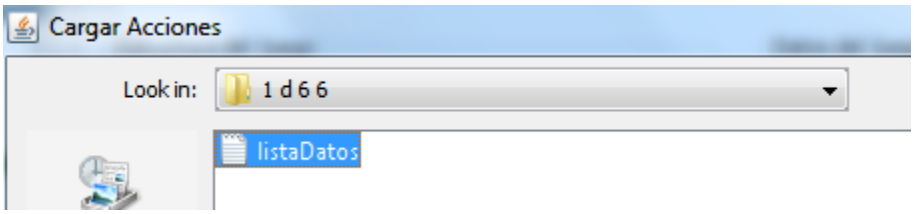


Figura 3. 10 Cargar datos de las acciones

Cuando se termina de insertar todos los componentes del juego se selecciona la opción de guardar, que salva la información referente a la configuración del juego en análisis. La información se almacena por defecto en un fichero binario con la extensión JPA (Figura 3.11).

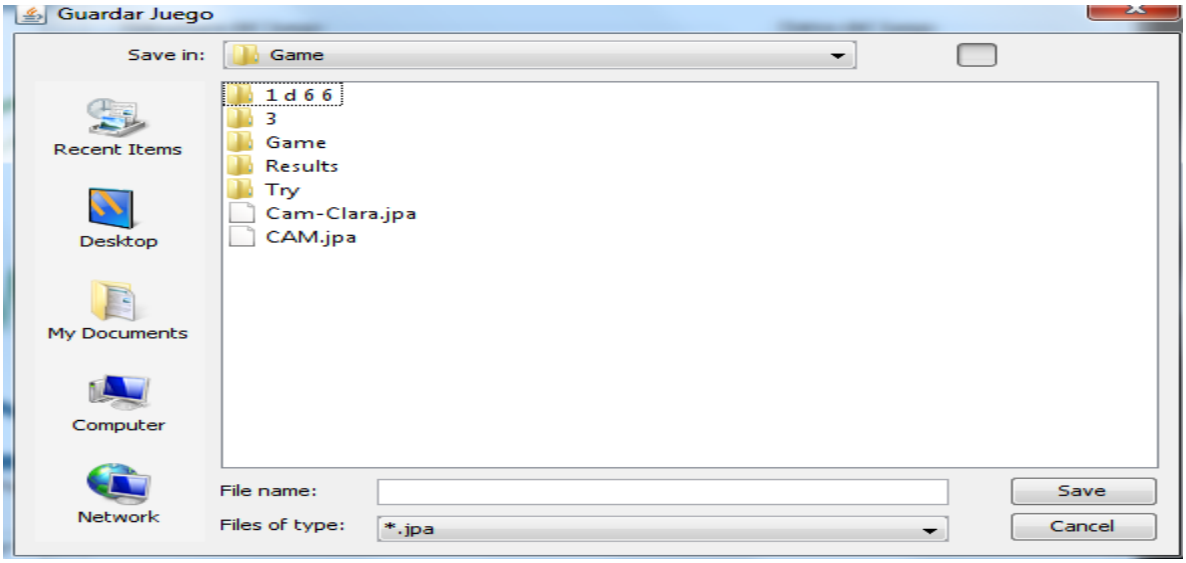


Figura 3. 11 Guardar Juego

3.4 Conclusiones parciales

En este capítulo se muestran los resultados de aplicar el algoritmo de generación de reglas Apriori. Las reglas obtenidas a partir de los datos almacenados durante el juego de Villa Clara contra Camagüey son clasificadas según la información que aportan. Las más relevantes son analizadas a través de la opinión del experto. Los resultados obtenidos brindan información de utilidad práctica para los entrenadores de Polo Acuático.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Se caracterizaron los datos que se generan durante un juego de Polo Acuático mediante un modelo compuesto por siete atributos nominales y dos atributos numéricos.

Las reglas de asociación obtenidas en el análisis identificaron situaciones de interés para el entrenador, conocimiento que permitirá realizar análisis tácticos así como planificar estrategias útiles para el entrenamiento individualizado de los polistas juveniles de Villa Clara.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Extender el sistema para la generación de datos con la integración del algoritmo Apriori de WEKA para la generación de las reglas de asociación.

Automatizar la generación de las reglas de asociación en lenguaje natural.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

AIRFIT 2014. Inteligencia Artificial en tu Sala de Fitness. *Life Needs Training*.

BROVKINA, M. A. D. L. C. 2013. Metodología para el desarrollo de la resistencia especial en polistas juveniles villaclareños. *Fundamentación para tema doctoral.* Santa Clara: U.C.C.F.D. "Manuel Fajardo" Facultad Villa Clara.

BROVKINA, M. A. D. L. C. 2014a. Criterio De Analisis de un Juego de Polo Acuatico.

BROVKINA, M. S. A. D. L. C. 2014b. Modelo descriptivo del comportamiento de la actividad competitiva, en el juego de Polo Acuático.

CARLOS, U. R. J. 2013. Tema 1 Introduccion a los Sistemas Basados en el Conocimientos.

CARUAN, R. 2012. Data Mining.

FIB, L.-. 2009. Sistemas Basados en Conocimiento

FIB, L.-. 2013. Introducción a la Aprendizaje Automático.

GONZÁLEZ, C. A. 2009. Reglas de Asociacion.

GONZÁLEZ, C. J. A. 2004. Técnicas de Análisis de Datos en WEKA.

GONZÁLEZ, C. J. A. 2006. WEKA: Waitako Environment for Knowledge Analysis: Introducción básica.

GONZÁLEZ JENAL, M. A. M. A., SILVIA AND RAMOS LÓPEZ, RAQUEL 2006. Sistema CBR para presentación de entrenamientos físicos personalizados en Internet.

INDURKHYA, W. 1998. Técnicas de Minería de Datos.

ING. GUSTAVO MARKEL, L. C. R. 2008. TUTORIAL 3.

JOSE A. ALONSO JIMENEZ, M. A. G. N. 2002. Introducción a la Aprendizaje Automático.

JOSÉ HERNÁNDEZ ORALLO, C. F. R. Marzo 2006. Introducción al WEKA, The University of Waikato.

KUMAR, V. C. A. V. 2006. Summarization - Compressing Data into an Informative Representation.

LIJIA GUO, P. D., ASA 2005. Applying Data Mining Techniques in Property/ Casualty Insurance.

MARÍA GARCÍA JIMÉNEZ , A. Á. S. 2007. Análisis de Datos en WEKA – Pruebas de Selectividad

MARKOV, Z. Machine Learning Course.

MITCHELL, T. M. 1997. Machine Learning.

MORALES, E. 2009. *Reglas de Asociaci´on* [Online]. Available: ccc.inaoep.mx/~emorales/Cursos/NvoAprend/.

MSC. MIGUEL ARMANDO FERRER VALDÉS, D. L. A. G. V., DRC. YANET PÉREZ SURITA, MSC. ALEXANDER DE LA CELDA BROVKINA. 2012a. *Marco de referencia para el estudio de la resistencia a los esfuerzos lactácidos en polistas acuáticos juveniles* [Online].

MSC. MIGUEL ARMANDO FERRER VALDÉS, D. L. A. G. V., DRC. YANET PÉREZ SURITA, MSC. ALEXANDER DE LA CELDA BROVKINA. 2012b. *Sistema de*

entrenamiento para el desarrollo de la resistencia a los esfuerzos lactácidos en jugadoras juveniles cubanas de polo acuático [Online].

MSC. MIGUEL ARMANDO FERRER VALDÉS, D. M. M. A., DRC. LUIS ÁNGEL GARCÍA VÁZQUEZ, DRC. YANET PÉREZ SURITA, MSC. ALEXANDER DE LA CELDA BROVKINA. 2012c. Marco de referencia para el estudio de la resistencia a los esfuerzos lactácidos en polistas acuáticos juveniles.

SÁNCHEZ, D. R. R. 2005. Selección de Atributos Mediante Proyecciones. Universidad de Sevilla.

SHU-HSIEN LIAO, P.-H. C., PEI-YUAN HSIAO 2011. Data mining techniques and applications – A decade review from 2000 to 2011.

STEFIK, M. M. K. 1995. Introduction to Knowledge Systems.

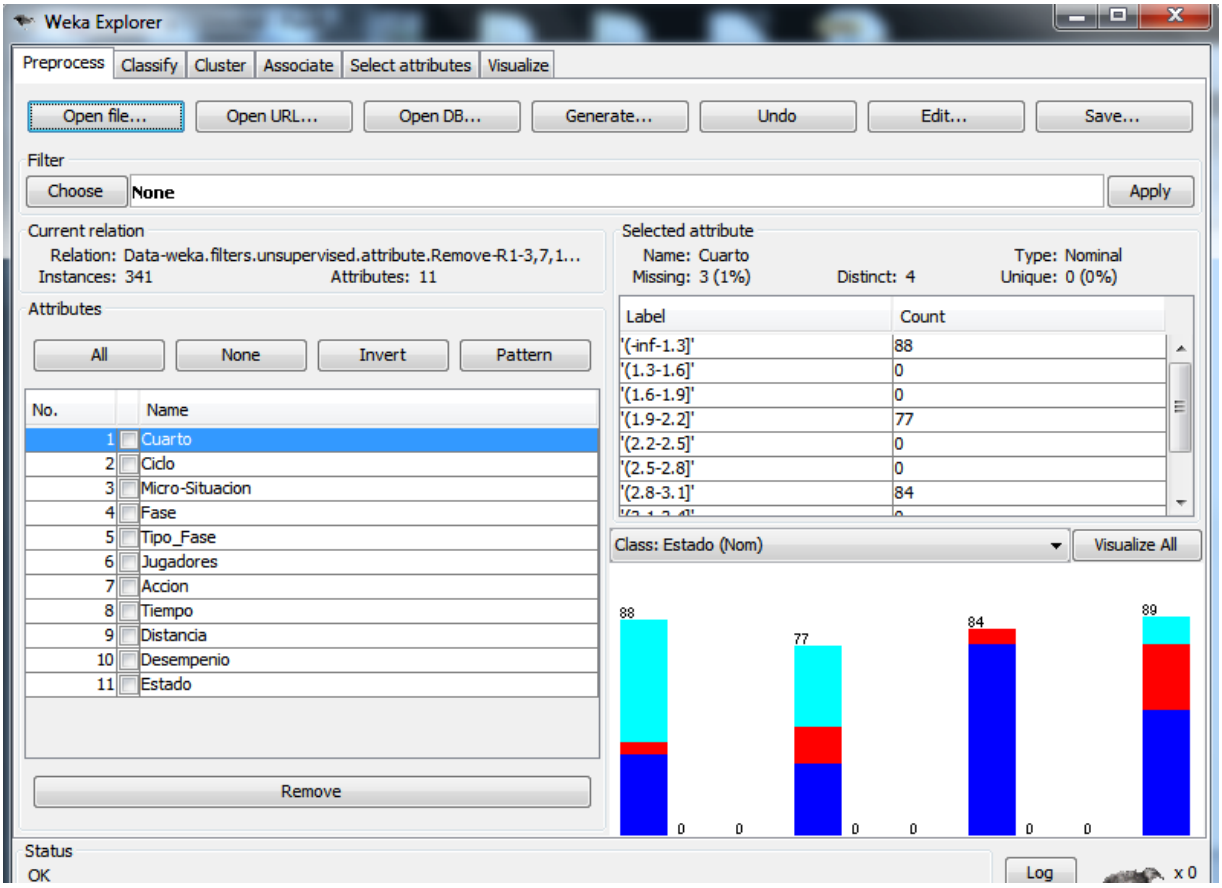
STUART J. RUSSELL, P. N. 2004. INTELIGENCIA ARTIFICIAL UN ENFOQUE MODERNO. 2do ed.

VÁZQUEZ, G. 2003. Estudio Diagnostico de Polo Acuatico.

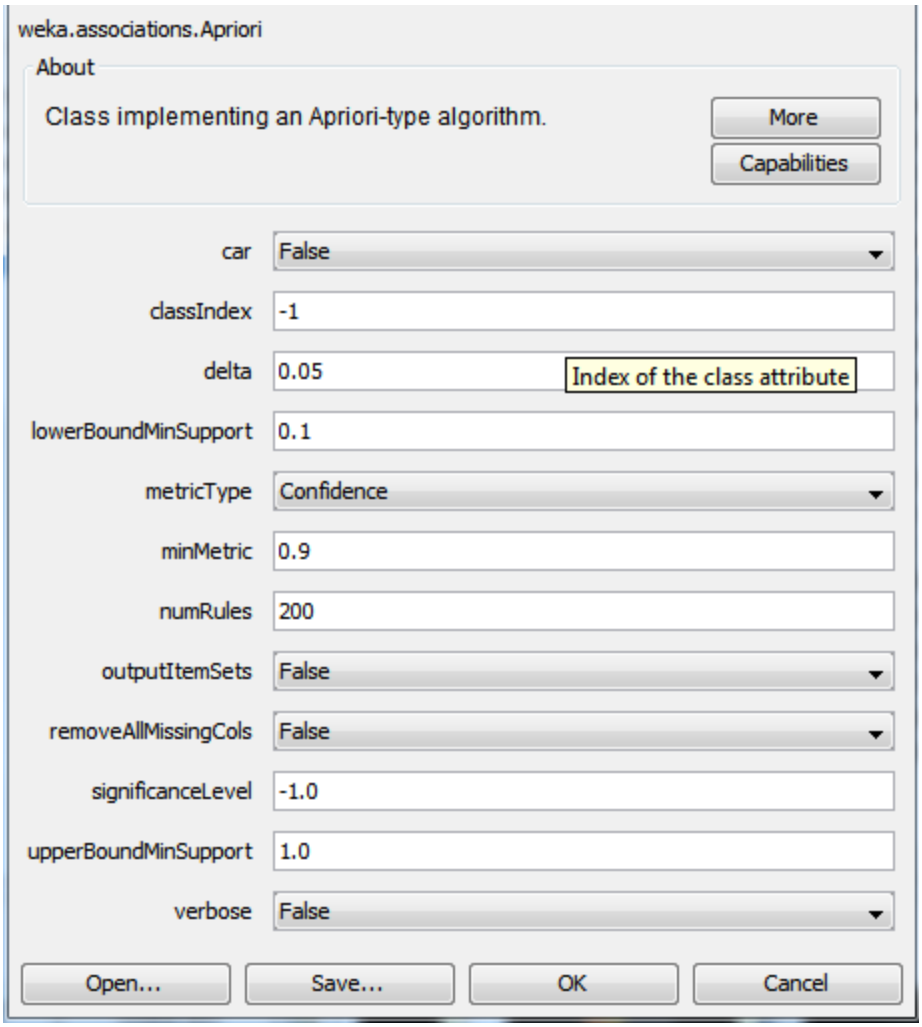
ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1: Trabajando con los datos del partido de Polo Acuático



Anexo 1. 1 Importación de datos a WEKA



Anexo 1. 2 Selección de atributos

ANEXO 2: Generación de las reglas de asociación a partir de los datos del partido de Polo Acuático

Totalidad de las reglas de asociación generadas

1. Desempeño=medio 60 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 60 conf:(1)

Toda acción con desempeño medio (50<=intensidad<=75), tiene un tiempo de desplazamiento entre 48.5 y 117.8 segundos

2. Desempeño=alto 56 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 56 conf:(1)

Toda acción con desempeño alto (intensidad>75), tiene un tiempo de desplazamiento entre 48.5 y 117.8 segundos

3. Ciclo=17 44 ==> Cuarto=4 44 conf:(1)

Todo acción en el ciclo 17 pertenece al cuarto 4

4. Ciclo=17 44 ==> Estado=favorable 44 conf:(1)

Toda acción en el ciclo 17 se corresponde a un micro-situación favorable

5. Ciclo=17 Estado=favorable 44 ==> Cuarto=4 44 conf:(1)

Todo acción en el ciclo 17 que son de una micro-situación favorable pertenece al cuarto 4

6. Cuarto=4 Ciclo=17 44 ==> Estado=favorable 44 conf:(1)

Todo acción en el ciclo 17 que son del cuarto 4 pertenece al micro-situación favorable

7. Ciclo=17 44 ==> Cuarto=4 Estado=favorable 44 conf:(1)

Todo acción en el ciclo 17 pertenece al cuarto 4 y son de un micro-situación favorable

8. Ciclo=2 38 ==> Cuarto=1 38 conf:(1)

Todo acción en el ciclo 2 son del cuarto 1

9. Tipo Fase=defensa Desempeño=medio 37 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 37 conf:(1)

Toda acción de una fase de defensa con desempeño medio dura un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos

10. Desempeño=medio Estado=favorable 36 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 36 conf:(1)

Toda acción con desempeño medio, de un micro-situación favorable dura un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos.

11. Tipo Fase=ataque Desempeño=alto 35 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 35 conf:(1)

Las acciones de una fase de ataque con desempeño alto (intensidad > 75) dura un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos

12. Desempeño=alto Estado=favorable 35 ==> Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 35 conf:(1)

Las acciones de un micro-situación favorable con desempeño alto (intensidad > 75) dura un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos

13. Tipo Acción=a Estado=favorable 47 ==> Tipo Fase=ataque 46 conf:(0.98)

98% de las acciones de tipo a, de un micro-situación favorable son de una fase de ataque

14. Tipo Acción=a 80 ==> Tipo Fase=ataque 78 conf:(0.98)

98% de las acciones de tipo a son de una fase de ataque

15. Cuarto=2 Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 40 ==> Desempeño=bajo 39 conf:(0.98)

98% de las acciones del segundo cuarto con una distancia menor que 2.57627 metros tienen desempeño bajo (intensidad < 50)

16. Tipo Acción=a Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Estado=favorable 39 ==> Tipo Fase=ataque 38 conf:(0.97)

97% de las acciones de tipo a, realizadas en un tiempo de 48.504 y 117.76 segundos, que corresponde a un micro-situación favorable pertenecen a una fase ataque

17. Tipo Acción=a Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 59 ==> Tipo Fase=ataque 57 conf:(0.97)

97% de las acciones de tipo a, realizadas en un tiempo de 48.504 y 117.76 segundos, pertenecen a una fase ataque

18. Jugadores=6-6 Tipo Acción=d 46 ==> Tipo Fase=defensa 44 conf:(0.96)

96% de las acciones de tipo d en lo cual intervienen 6 contra 6 jugadores son de una fase de defensa

19. Tipo Fase=ataque Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 59 ==> Desempeño=bajo 56 conf:(0.95)

95% de las acciones de una fase de ataque con distancia menor que 2.57627 metros tienen un desempeño bajo

20. Cuarto=3 Tipo Fase=defensa 38 ==> Estado=favorable 36 conf:(0.95)

95% de las acciones de una fase de defensa en el cuarto 3 pertenece a un micro-situación favorable

21. Cuarto=3 Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 36 ==> Desempeño=bajo 34 conf:(0.94)

94% de las acciones del cuarto 3 con distancia menor que 2.57627 metros tienen un desempeño bajo

22. Cuarto=3 Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 36 ==> Estado=favorable 34 conf:(0.94)

94% de las acciones en el cuarto 3 con una distancia menor que 2.57627 metros corresponde a un micro-situación favorable

23. Tipo Acción=bd Desempeño=bajo 36 ==> Tipo Fase=defensa 34 conf:(0.94)

94% de las acciones de tipo bd con desempeño bajo corresponde a una fase de defensa

24. Tipo Fase=ataque Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 50 ==> Desempeño=bajo 47 conf:(0.94)

94% de las acciones de una fase de ataque con tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos y una distancia menor que 2.57627 tiene desempeño bajo

25. Cuarto=1 Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 49 ==> Desempeño=bajo 46 conf:(0.94)

94% de las acciones del cuarto 1 con distancia menor que 2.57627 metros tiene un desempeño bajo

26. Distancia (m)='(-inf-2.57627]' Estado=neutro 47 ==> Desempeño=bajo 44 conf:(0.94)

94% de las acciones con distancia menor que 2.57627 de un micro-situación neutro tiene desempeño bajo

27. Cuarto=1 Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 44 ==> Desempeño=bajo 41 conf:(0.93)

93% de las acciones del cuarto 1 con tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos y distancia menor que 2.57627 metros tienen desempeño bajo

28. Tipo Acción=bd 43 ==> Tipo Fase=defensa 40 conf:(0.93)

93% de las acciones del tipo bd son de una fase de defensa

29. Cuarto=3 84 ==> Estado=favorable 78 conf:(0.93)

93% de las acciones del cuarto 3 corresponde a un micro-situación favorable

30. Cuarto=3 Desempeño=bajo 55 ==> Estado=favorable 51 conf:(0.93)

93% de las acciones del cuarto 3 con desempeño bajo corresponde a una micro-situación favorable

31. Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Distancia (m)='(-inf-2.57627]' Estado=neutro 41 ==> Desempeño=bajo 38 conf:(0.93)

93% de las acciones con tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos, con distancia menores que 2.57627 y que son de un micro-situación neutro tienen desempeño bajo

32. Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 133 ==> Desempeño=bajo 123 conf:(0.92)

92% de las acciones con distancia menores que 2.57627 tienen desempeño bajo

33. Jugadores=6-6 Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 53 ==> Desempeño=bajo 49 conf:(0.92)

92% de las acciones de los cuales intervienen 6 contra 6 jugadores y distancia menor que 2.57627 metros tienen desempeño bajo

34. Cuarto=3 Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 66 ==> Estado=favorable 61 conf:(0.92)

92% de las acciones del cuarto 3 con tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos son de un micro-situación favorable

35. Cuarto=3 Tipo Fase=ataque Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' 37 ==> Estado=favorable 34 conf:(0.92)

92% de las acciones del cuarto 3, de una fase de ataque y con un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos se corresponden a un micro-situación favorable

36. Cuarto=3 Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Desempeño=bajo 37 ==> Estado=favorable 34 conf:(0.92)

92% de las acciones del cuarto 3, con un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos y con un desempeño bajo se corresponden a un micro-situación favorable

37. Distancia (m)='(-inf-2.57627]' Estado=favorable 72 ==> Desempeño=bajo 66 conf:(0.92)

92% de las acciones con distancia menor que 2.57627 metros y de un micro-situación favorable tienen desempeño bajo

38. Cuarto=3 Tipo Fase=ataque 46 ==> Estado=favorable 42 conf:(0.91)

91% de las acciones del cuarto 3, de una fase de ataque se corresponden a un micro-situación favorable

39. Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 113 ==> Desempeño=bajo 103 conf:(0.91)

91% de las acciones con un tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos, y con una distancia menor con 2.57627 metros tienen desempeño bajo

40. Tipo Fase=defensa Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 74 ==> Desempeño=bajo 67 conf:(0.91)

91% de las acciones de una fase de defensa y con una distancia menor que 2.57627 metros tiene un desempeño bajo

41. Jugadores=6-6 Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Distancia (m)='(-inf-2.57627]' 42 ==> Desempeño=bajo 38 conf:(0.9)

90% de las acciones en las cuales se intervienen 6 contra 6 jugadores, con un tiempo entre 48.504 y 117.76 metros y una distancia menor que 2.57627 tienen un desempeño bajo

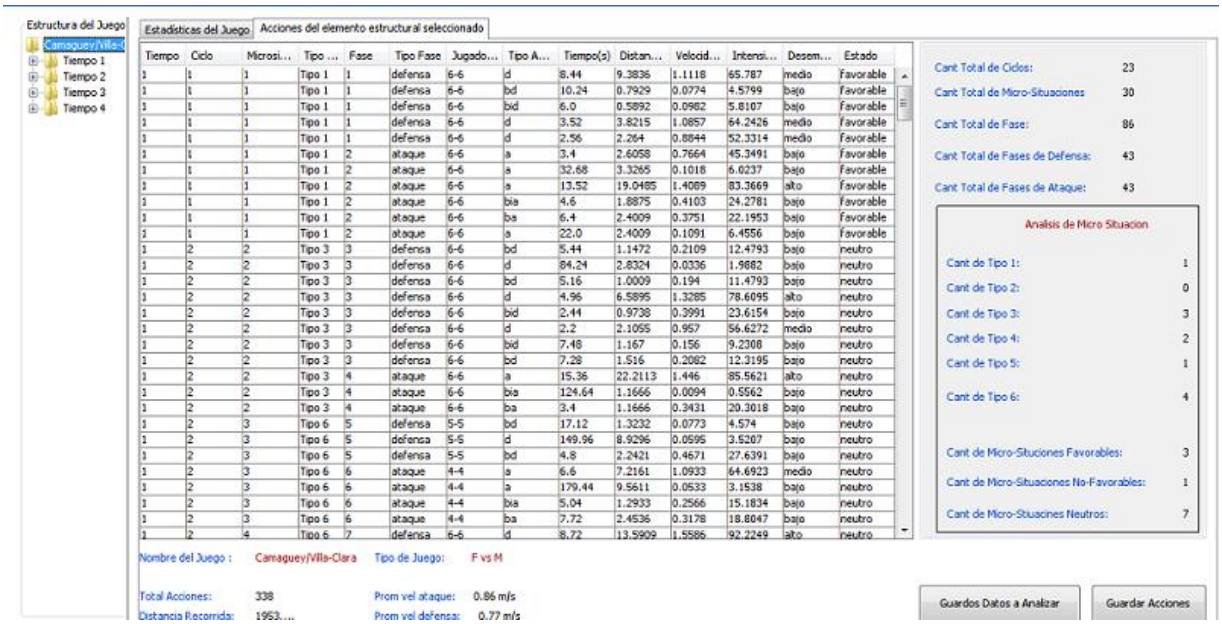
42. Tipo Acción=d 92 ==> Tipo Fase=defensa 83 conf:(0.9)

90% de las acciones del tipo d corresponde a una fase defensa

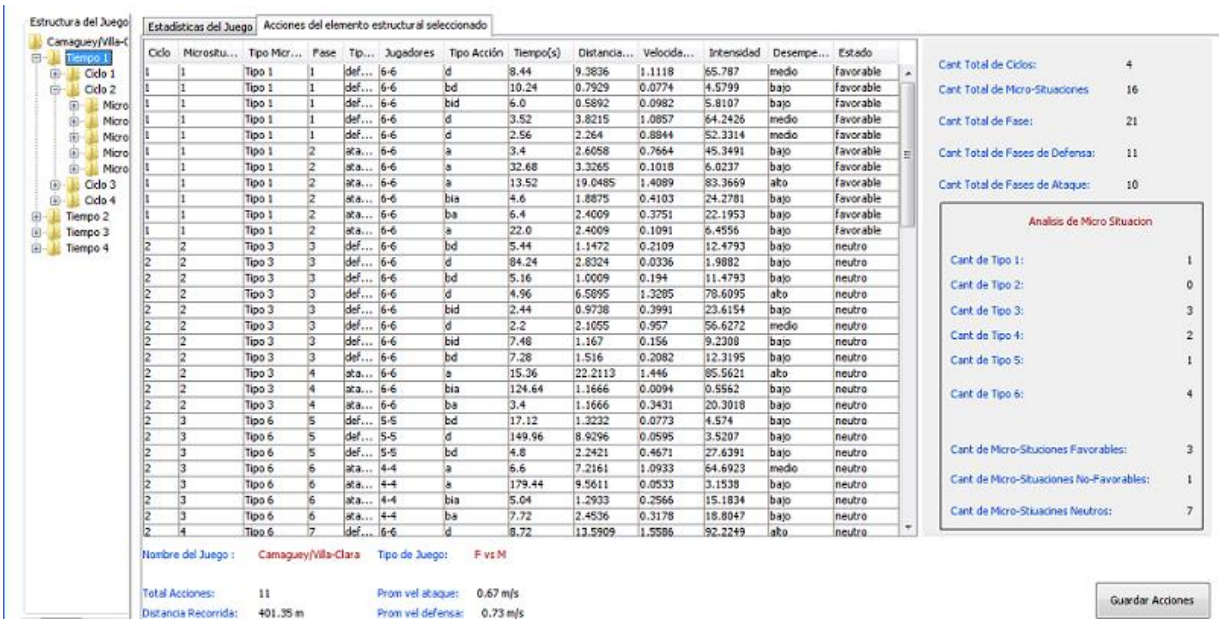
43. Tiempo (s)='(-48.504-117.76]' Distancia (m)='(-inf-2.57627]' Estado=favorable 60 ==> Desempeño=bajo 54 conf:(0.9)

90% de las acciones con tiempo entre 48.504 y 117.76 segundos, con distancia menor que 2.57627 metros y que son de un micro-situación favorable tienen desempeño bajo

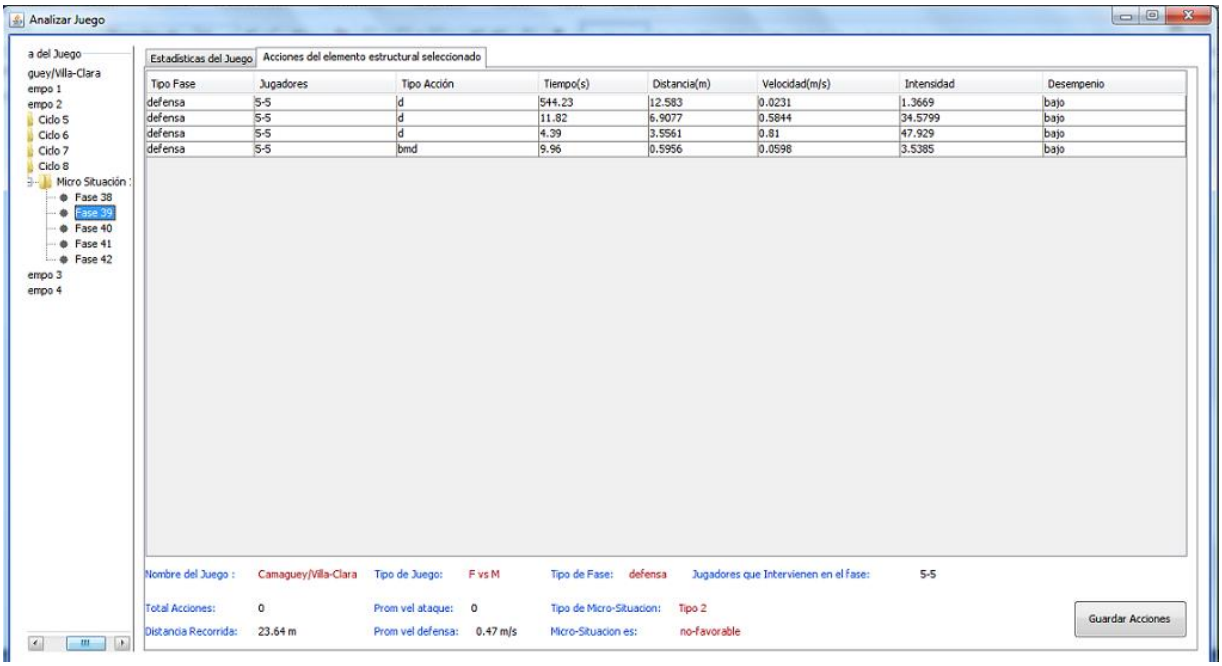
ANEXO 3: Manejando el sistema de Polo Acuático



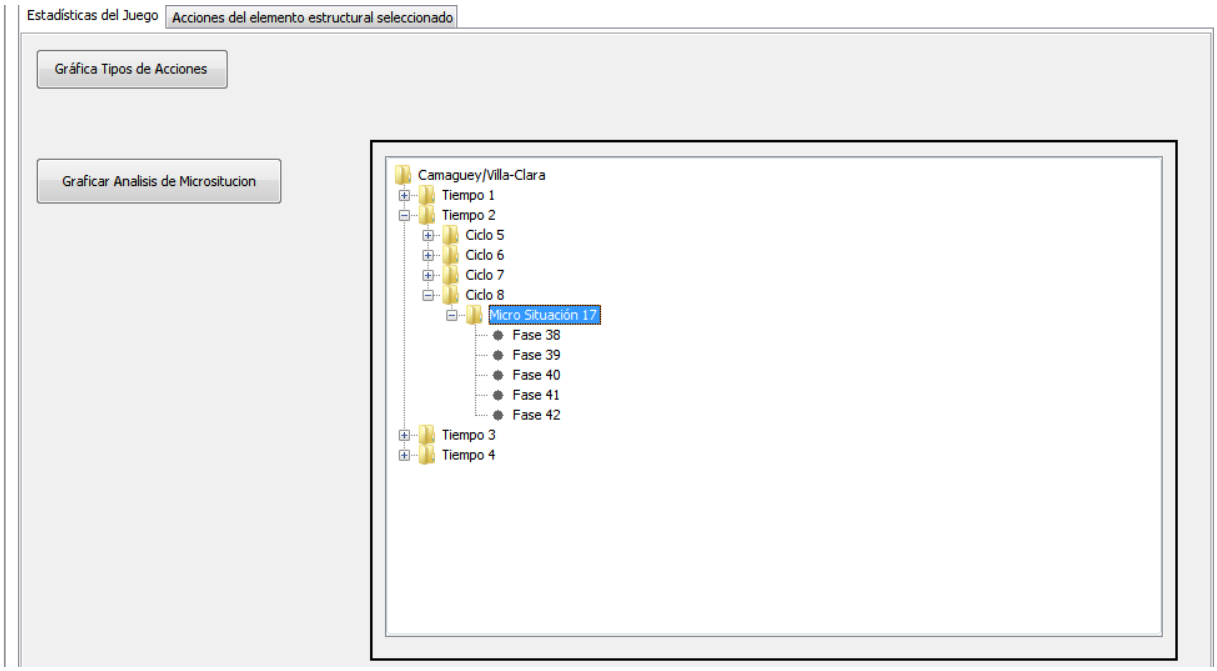
Anexo 3. 1 Resultados del sistema de Polo en el juego Camagüey contra Villa Clara



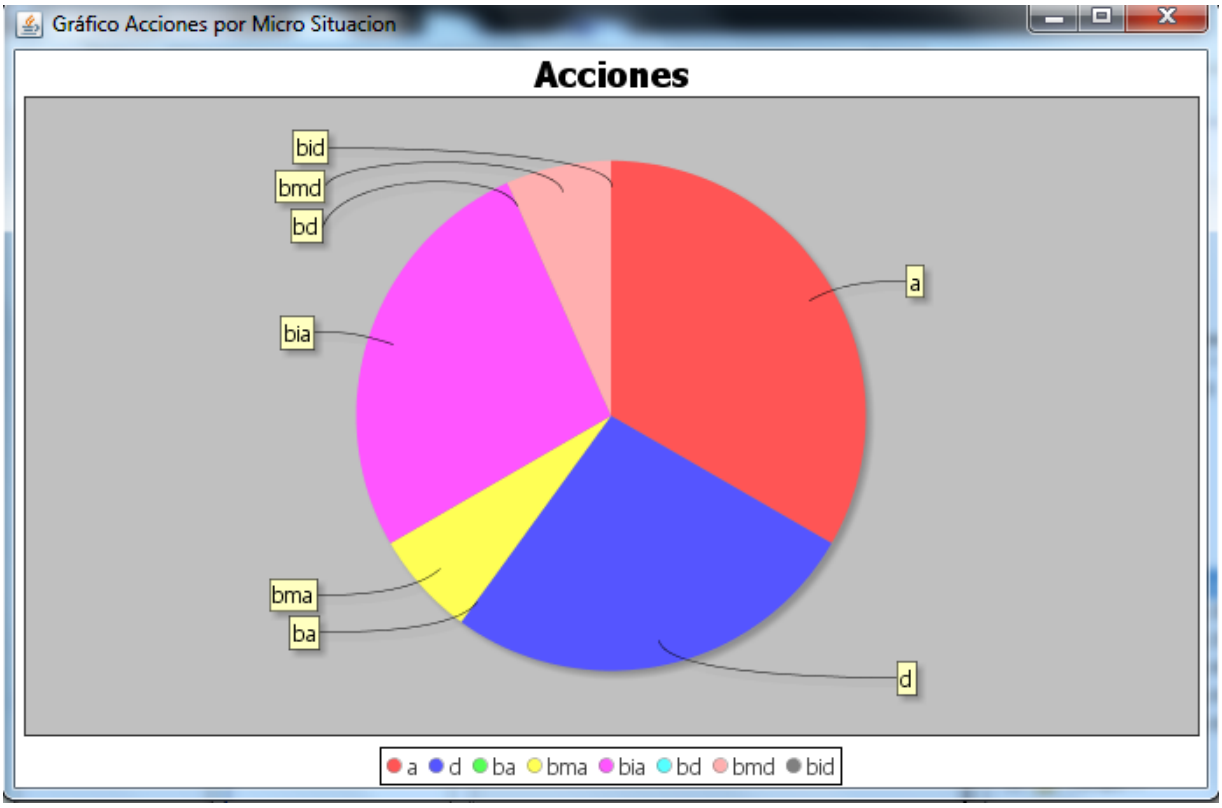
Anexo 3. 2 Resultados del cuarto uno del juego Camagüey contra Villa Clara



Anexo 3. 3 Resultados de la fase 39 del juego Camagüey contra Villa Clara

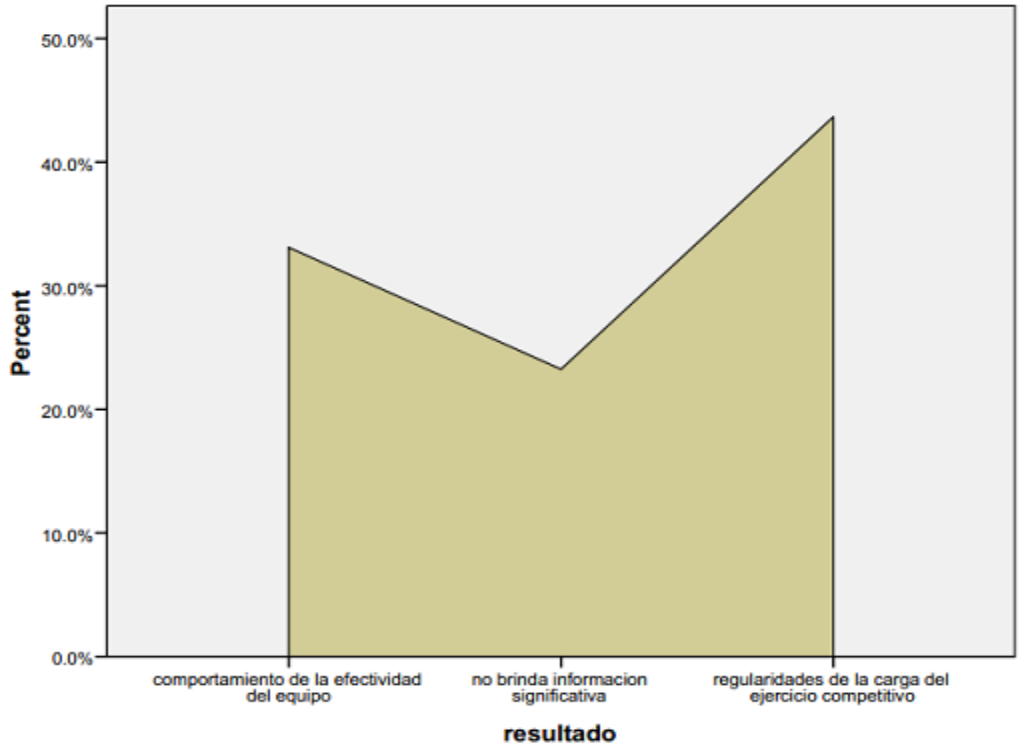


Anexo 3. 4 Ventana de análisis grafico del juego Camagüey contra Villa Clara



Anexo 3. 5 Grafico de las acciones de un micro-situación del juego Camagüey contra Villa Clara

ANEXO 4: Análisis de las reglas generadas



Anexo 4. 1 Comportamiento de las reglas de asociación