

**Universidad Tecnológica de La Habana  
“José Antonio Echeverría”(CUJAE)  
Facultad de Ingeniería Informática**

Aplicación del modelo de formación de equipos y la herramienta  
TEAMSOF<sup>T</sup> en diferentes contextos.

**Trabajo de Diploma**

Autor:

Joaquín A. Pina Socorro

Tutores:

Dr. C. Alejandro Rosete Suárez

Dra. C. Margarita André Ampuero

Ms. C. Ana Lilian Infante Abreu

La Habana, Julio 2021

## Resumen

El proceso de formación de equipos resulta complejo en múltiples ámbitos, desde un equipo de béisbol, hasta la formación del claustro de profesores que imparten una asignatura. Esto se debe al gran número de combinaciones de posibles asignaciones, entre todos los factores a tener en cuenta. En la literatura existen diversas investigaciones acerca de estos temas, aunque resultan escasos los trabajos que tratan la formación del equipo como un todo. En particular, existe un trabajo donde se define un modelo en el cual queda plasmada la información necesaria a gestionar para el problema de conformación de equipos de software. Este modelo toma en cuenta factores individuales y colectivos que contribuyen a la formación del equipo como un todo. Además, se propone una herramienta que brinda soporte al modelo propuesto. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la pertinencia de aplicar el modelo y la herramienta para formar equipos de software, en otros tipos de problemas. Además, se desarrolla una herramienta para importar la información almacenada de las personas en bases de datos conocidas<sup>1</sup>, y transformarlas en datos gestionables por el sistema de conformación de equipos de software.

**Palabras claves:** conformación de equipos, optimización.

---

<sup>1</sup>término utilizado para hacer referencia a bases de datos de dominio público

## Abstract

The team-building process is complex in multiple areas, from a baseball team to the formation of the faculty who teach a subject. This is due to the large number of combinations of possible assignments, among all the factors to take into account. In the literature there are various investigations about these issues, although there are few studies that deal with the formation of the team as a whole. In particular, there is a work where a model is defined in which the necessary information to manage for the problem of conformation of software teams is reflected. This model takes into account individual and collective factors that contribute to the formation of the team as a whole. In addition, a tool is proposed that provides support to the proposed model. The objective of this work is to evaluate the relevance of applying the model and the tool to form software teams in other types of problems. In addition, a tool is developed to import the information stored on people in known databases <sup>2</sup>, and transform them into data that can be managed by the software equipment conformation system .

**Key words:** team Formation, optimization.

---

<sup>2</sup>term used to refer to databases in the public domain

# Introducción

El proceso de formación de equipos resulta complejo en medianas y grandes organizaciones, debido a la gran cantidad de combinaciones de asignaciones posibles entre todos los factores a tener en cuenta [1]. Esto hace que sea necesario el uso de herramientas o sistemas informatizados que apoyen la toma de decisiones. Estas herramientas se basan en el uso de modelos matemáticos que representen el problema a resolver lo más objetivamente posible.

El reto de conformar equipos capaces de desarrollar proyectos de software exitosos según [2] constituye un problema en el que interviene múltiples factores. Para resolver este problema es necesario tener en cuenta varios aspectos [3]:

- Proyectos: conjunto de objetivos relacionados a cumplir por un grupo de personas en un período de tiempo definido.
- Roles: funciones a cumplir por las personas en un proyecto.
- Personas: responsables de llevar a cabo las tareas correspondientes a los roles vinculados a un proyecto.
- Competencias genéricas: características asociadas al comportamiento general de una persona.
- Competencias técnicas: características asociadas a los conocimientos o habilidades técnicas específicos a un proyecto.
- Tipos psicológicos: clasificaciones de las personas según su perfil psicológico.
- Roles de Belbin: conjunto de roles mentales, sociales y de acción, definidas por Belbin necesarias en un equipo.

En [1], se define un modelo donde queda plasmada la información necesaria a gestionar para el problema de conformación de equipos de software. Este modelo toma en cuenta factores que contribuyan a la asignación individual a los roles del proyecto y a la formación del equipo como un todo. Además se propone una herramienta denominada:

TEAMSOF<sup>+</sup>, que brinda soporte a este modelo.

Sin embargo, tanto el modelo presentado en [1] como la herramienta que le brinda soporte, fueron diseñados para formar un solo equipo; esto limita su uso cuando se desean formar múltiples equipos de proyecto. Utilizar la herramienta desarrollada para dar solución a las situaciones anteriores implicaría formar los equipos de uno en uno (de forma secuencial). Resultando los primeros equipos muy buenos y los últimos, serían malos. Dado que en cada iteración se seleccionan los mejores candidatos disponibles, los equipos conformados estarían muy desbalanceados. En el año 2018, tomando en cuenta los trabajos desarrollados sobre el tema, se definió un nuevo modelo que permite la formación de múltiples equipos de proyecto. El modelo toma en cuenta las cuatro funciones objetivos consideradas en la propuesta del 2009 [1] (maximizar competencias, minimizar incompatibilidades, balancear la carga de trabajo y minimizar el costo de desarrollo a distancia) e incorpora funciones como maximizar el interés por desempeñar el rol y maximizar la presencia de roles de Belbin [1]. Además, define otras funciones objetivo con el propósito balancear los equipos que se forman tomando en cuenta los diferentes factores [4].

La problemática de conformación de equipos se extiende también al mundo deportivo. El béisbol, al ser un deporte de equipo, es un ejemplo típico donde se manifiesta esta problemática. Es considerado como uno de los deportes más populares en América y Asia, específicamente en países como: Cuba, Japón, Estados Unidos, entre otros. Sin embargo, en los últimos años, el continente europeo también se ha sumado, teniendo como principales exponentes: Países Bajos, España e Italia. Resulta entonces de gran interés la selección de los jugadores para conformar un equipo que cumpla con las expectativas de la dirección del equipo y sus fanáticos. Los directores técnicos son los encargados de seleccionar los jugadores que formarán parte de su equipo y de la alineación (defensiva y ofensiva) para cada juego en particular. En este proceso de selección se tiene en cuenta las habilidades y características propias de cada jugador. No son pocos los casos en los que los directores realizan este proceso de forma manual e intuitiva. En [5] se realiza un estudio sobre las competencias necesarias a tener en cuenta para la formación del equipo. Sin embargo, en la actualidad, las soluciones existentes para este problema [6, 7] no las tienen en cuenta. En estos trabajos, los autores se basan en estadísticas almacenadas de los jugadores a lo largo de los años para construir un indicador. En base a este indicador es que se realiza la asignación. Las investigaciones planteadas anteriormente, solo se enfocan en la conformación de la alineación ofensiva (orden al bate), sin tener en cuenta la alineación defensiva.

Otra situación en la que está presente la conformación de equipos, es a la hora de asignar profesores a los tipos de clases que le corresponden a las asignaturas. Muchas universidades del mundo tienen que enfrentar este proceso al menos una vez al año. Se han realizado múltiples investigaciones en la literatura enfocándose en la asignación de los profesores a las asignaturas. Por ejemplo, en [8] se propone un modelo para la asig-

nación de asignaturas a profesores, basándose en la preferencia de los mismos hacia las asignaturas (si le interesaba darla o no). En [9] se presenta otro modelo, similar al anterior, pero esta vez los autores deciden realizar este proceso asignando los profesores a las asignaturas. Este último tiene en cuenta el balance de la carga de los profesores y sus preferencias hacia las asignaturas. En ninguno de los trabajos revisados los autores tienen en cuenta para realizar la asignación las competencias de los profesores, ni las competencias necesarias para cada cumplir cada rol.

A partir de lo anterior, se puede identificar como **problema de investigación**: ¿Cómo adaptar los problemas diferentes problemas de conformación de equipos, al modelo que le da soporte TEAMSOF<sup>+</sup>? Para responder al problema de investigación, se define el siguiente **objetivo general**: evaluar la pertinencia de aplicar el modelo y la herramienta TEAMSOF<sup>+</sup> que le da soporte, para formar distintos tipos de equipos, utilizando como principales referentes los problemas de conformación de equipos de béisbol y docentes.

A partir del análisis del objetivo general se derivaron los siguientes **objetivos específicos y tareas**:

- Identificar los factores a tomar en cuenta en la formación de equipos docentes y de béisbol.
  - Analizar investigaciones relacionadas con el tema de la formación de equipos docentes y de béisbol.
  - Evaluar los modelos propuestos en estos trabajos.
  - Comparar los modelos correspondientes a los trabajos identificados.
- Identificar elementos a tomar en cuenta en la formación de otros tipos de equipos.
  - Identificar investigaciones relacionadas con el tema de la formación.
  - Evaluación de los modelos propuestos en estos trabajos.
  - Comparar los modelos correspondientes a los trabajos identificados.
- Ajustar los problemas de formación de equipos al modelo soportado por TEAMSOF<sup>+</sup>.
  - Estudio del modelo soportado por TEAMSOF<sup>+</sup>.
  - Representar mediante ejemplos estos problemas utilizando el modelo soportado por TEAMSOF<sup>+</sup>.
- Desarrollar una herramienta para la obtención de las características de las personas que permitan utilizar TEAMSOF<sup>+</sup> para formar equipos.
  - Caracterizar las fuentes o herramientas existentes que gestionan datos necesarios para la formación de equipos docentes y de béisbol.

- Desarrollar una herramienta configurable para distintos tipos de problemas de conformación de equipos.
- Implementar las funciones de exportación de los datos gestionados al sistema TEAMSOF<sup>T</sup>+, e importación de ficheros para la obtención de las características de las personas.
- Validar de la herramienta.

# Capítulo 1

## Marco teórico referencial de la investigación

En el presente capítulo se muestran algunos de los principales problemas asociados a la conformación de equipos, en particular se estudian los casos de equipos para el desarrollo de proyectos de software, la alineación de un equipo de béisbol y la conformación de los colectivos de asignaturas para la distribución de la carga docente en un período lectivo determinado. Además, se abordan los conceptos referentes a esta problemática y, se realiza una explicación detallada del problema a resolver.

### 1.1. Marco teórico referencial de la investigación

Desde tiempos remotos los seres humanos han trabajado en equipo para afrontar diversas situaciones. Para esto, se dividían el trabajo entre todos sus integrantes, asignándole a cada uno lo que mejor sabía hacer. Hoy en día la asignación de personas a un equipo para solucionar o enfrentar un problema, resulta de gran importancia y de alta complejidad. Esto se debe a la gran cantidad de combinaciones posibles entre todos los factores a tener en cuenta. Existen diferentes conceptos a tener en cuenta para entender este problema. Así, es preciso exponer algunos claves para el desarrollo de este trabajo.

#### 1.1.1. Conceptos fundamentales

Un proyecto, según la definición expuesta en [10], “es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Es decir, un proyecto tiene un tiempo de vida definido, y como resultado de él, se obtiene un producto específico.

En [11] se plantea que un equipo de proyecto consiste en, al menos dos personas trabajando por un objetivo común, donde cada una tiene asignado roles, y que, para completar



su objetivo existe dependencia entre sus integrantes.

Según [12] un rol “es un puesto que puede ser asignado a una persona o conjunto de personas que trabajan juntas en un equipo, y que requiere habilidades y responsabilidades como: realizar determinadas actividades y desarrollar determinados artefactos”. Los miembros de un equipo pueden ocupar varios roles y un mismo rol puede ser ocupado por varios miembros del equipo [1].

Las competencias son características de las personas, que se evidencian cuando desempeñan alguna tarea, tienen que ver con la ejecución exitosa de esta, tienen una relación causal con el rendimiento laboral y pueden ser generalizables a más de una actividad [13]. En este trabajo se distinguen dos tipos o familias de competencias [1, 14]:

- “Genéricas, también llamadas transversales, claves o capacidades de comportamiento, las cuales definen las características referidas al comportamiento general del empleado, independientes de los conocimientos técnicos específicos. Algunos ejemplos son la capacidad de negociación, el liderazgo y la capacidad de análisis”.
- “Técnicas o específicas, las cuales están asociadas a conocimientos y habilidades técnicas específicas de cada puesto de trabajo”.

Existen diversos tipos psicológicos, los cuales son utilizados para describir o catalogar el carácter de las personas. Para determinar a qué tipo psicológico pertenece una persona se realizan diferentes test, entre ellos Myers-Briggs (test que permite identificar el tipo psicológico de una persona entre los 16 tipos posibles [15, 16], test de Belbin (test que permite identificar la preferencia por los denominados nueve roles de equipo, divididos en tres categorías: mentales (cerebro, monitor evaluador, especialista), acción (impulsor, implementador y finalizador), sociales (investigador de recursos, cohesionador, coordinador)) y 16 Factores de la Personalidad (test donde se miden 16 factores de personalidad [17]).

### 1.1.2. Conformación de equipos de proyectos de software

En 2020, el informe anual del *Standish Group*<sup>1</sup>[18] reportó que solamente el 31 % de los proyectos de software culminan con éxito. En este informe se plantea que una de las principales causas del fracaso es la incompetencia de algunos miembros del equipo. Finalmente se llega a la conclusión que la selección de miembros competentes como parte del equipo puede reducir el riesgo de fracaso del proyecto.

---

<sup>1</sup>Firma internacional independiente de asesoría en investigación de las tecnologías

El problema detectado por *Standish Group*, no es algo nuevo ni reciente. Acompaña a la industria del desarrollo de software desde sus inicios [19]. Es por este motivo que muchos investigadores han dedicado gran parte de su trabajo en búsqueda de perfeccionar este proceso. Por ejemplo, en [1], los autores definen un modelo donde queda plasmada la información necesaria a gestionar para el problema. Este modelo toma en cuenta factores que contribuyen a la asignación individual a los roles del proyecto y a la formación del equipo como un todo. Además se propone una herramienta denominada: TEAMSOF<sup>T</sup>+, que brinda soporte a este modelo.

Sin embargo, tanto el modelo presentado en [1] como la herramienta que le brinda soporte, fueron diseñados para formar un solo equipo; esto limita su uso cuando se desean formar múltiples equipos de proyecto. Utilizar la herramienta desarrollada para dar solución a las situaciones anteriores implicaría formar los equipos de uno en uno (de forma secuencial). Resultando los primeros equipos muy buenos y los últimos, serían malos. Dado que en cada iteración se seleccionan los mejores candidatos disponibles, los equipos conformados estarían muy desbalanceados. En el año 2018, tomando en cuenta los trabajos desarrollados sobre el tema, se definió un nuevo modelo que permite la formación de múltiples equipos de proyecto. El modelo toma en cuenta las cuatro funciones objetivos consideradas en [1] (maximizar competencias, minimizar incompatibilidades, balancear la carga de trabajo y minimizar el costo de desarrollo a distancia) e incorpora funciones como maximizar el interés por desempeñar el rol y maximizar la presencia de roles de Belbin. Además, define otras funciones objetivo con el propósito balancear los equipos que se forman tomando en cuenta los diferentes factores [4].

En [20] se presenta un marco de trabajo (*framework*) para las tareas de asignación de recursos. Los autores proveen un tratamiento formal sobre cómo representar los equipos y las tareas. Para cada tarea existen un conjunto de habilidades o competencias a tener en cuenta. Mientras que cada persona tiene preferencia sobre las tareas, y ciertas habilidades. El grado de preferencia de las personas por las tareas, y las habilidades que necesitan, pueden configurarse de dos formas, una binaria (si la prefiere o no, expresada con 0 o 1) y una continua (un valor entre 0 y 1).

La sabiduría en los equipos de desarrollo de software es un tema poco explotado [21]. Sin embargo, [21] demuestra que es un factor importante a tener en cuenta en un equipo de desarrollo de software. Esto se debe a que aumenta el desempeño general del equipo y proporciona un mayor conocimiento. El autor define sabiduría como: un proceso donde los miembros del equipo utilizan mejor su conocimiento a través del juicio colectivo, virtudes éticas, emociones/sentimientos y toma de decisiones efectivas durante el proceso de desarrollo del proyecto. Explica también, que existen diversos elementos que influyen

en la sabiduría del equipo, por ejemplo: mecanismos (diversidad de los miembros, las relaciones con otros equipos/personas y sus experiencias pasadas) y acciones epistémicas (razonamiento en equipo, intuición). Los resultados de la investigación muestran una asociación positiva entre los elementos de la sabiduría y el proceso y la efectividad del proyecto de desarrollo de software.

### **1.1.3. Conformación de equipos en ámbitos docentes**

Otra situación en la que está presente la conformación de equipos, es a la hora de asignar profesores a los tipos de clases que le corresponden a las asignaturas. Muchas universidades del mundo tienen que enfrentar este proceso al menos una vez al año. Se han realizado múltiples investigaciones en la literatura enfocándose en la asignación de los profesores a las asignaturas. Por ejemplo, en [8] se propone un modelo para la asignación de asignaturas a profesores, basándose en la preferencia de los mismos hacia las asignaturas (si le interesaba darla o no). En [9] se presenta otro modelo, similar al anterior, pero esta vez los autores deciden realizar este proceso asignando los profesores a las asignaturas. Este último tiene en cuenta el balance de la carga de los profesores y sus preferencias hacia las asignaturas.

Existen otros trabajos que se enfocan en la conformación de equipos de estudiantes para proyectos escolares. En la literatura se enfatiza la importancia de la composición y el diseño del equipo, y se recomienda que los profesores organicen equipos para asegurar la diversidad de los miembros y un desempeño óptimo. La investigación propuesta por [22] los autores se proponen investigar si los diferentes métodos de conformación de equipos afectan los resultados del desempeño individual y del equipo, en un curso de pregrado. Para lograr esto los autores diseñan un experimento en tres momentos del curso donde probaron en cada uno tres variantes: equipos contruidos por el profesor, por los estudiantes mismos o aleatoriamente por un programa. Como resultado se obtiene que los equipos diseñados por el profesor del curso eran más diversos, pero que los estudiantes de estos equipos no se desempeñaron mejor que los compañeros en equipos autoseleccionados o asignados al azar. Además, debido a que el desempeño de los estudiantes fue similar, independientemente del método de conformación de equipos utilizado, los autores sugieren que los equipos formados por los mismos estudiantes pueden ser una opción razonable para que los profesores monten un curso basado en equipos.

Otro trabajo relacionado con este tema es el desarrollado por [23], donde los autores analizan y evalúan las prácticas de aprendizaje en equipo. Para ello, utilizan como objeto de investigación a un grupo de curso de pregrado. Los autores se basaron en los resultados

obtenidos a partir de la aplicación de un test [24]. La aplicación de este cuestionario perseguía el objetivo de obtener las preferencias en los estilos de aprendizaje de los estudiantes, que se dividen en cuatro dimensiones (activo/reflexivo, sensitivo/intuitivo, visual/verbal y secuencial/global). Se formaron los equipos en dos etapas, primero, de forma aleatoria y luego con un balance en las preferencias por los estilos de aprendizaje. Los autores le proporcionaron una problemática a los equipos para conocer el cambio en la comprensión conceptual. A partir de este estudio los autores concluyen que la formación de equipos estratégicos se considera un enfoque favorable para aumentar el aprendizaje de los estudiantes.

#### 1.1.4. Conformación de equipos de deportes

La problemática de conformación de equipos se extiende también al mundo deportivo. El béisbol, al ser un deporte de equipo, es un ejemplo típico donde se manifiesta esta problemática. Es considerado como uno de los deportes más populares en América y Asia, específicamente en países como: Cuba, Japón, Estados Unidos, entre otros. Sin embargo, en los últimos años, el continente europeo también se ha sumado, teniendo como principales exponentes: Países Bajos, España e Italia. Resulta entonces de gran interés la selección de los jugadores para conformar un equipo que cumpla con las expectativas de la dirección del equipo y sus fanáticos. Los directores técnicos son los encargados de seleccionar los jugadores que formarán parte de su equipo y de la alineación (defensiva y ofensiva) para cada juego en particular. En este proceso de selección se tiene en cuenta las habilidades y características propias de cada jugador. No son pocos los casos en los que los directores realizan este proceso de forma manual e intuitiva. En [5] se realiza un estudio sobre las competencias necesarias a tener en cuenta para la formación del equipo. Sin embargo, en la actualidad, las soluciones existentes para este problema [6, 7] no las tienen en cuenta. En estos trabajos, los autores se basan en estadísticas almacenadas de los jugadores a lo largo de los años para construir un indicador. En base a este indicador es que se realiza la asignación. Las investigaciones planteadas anteriormente, solo se enfocan en la conformación de la alineación ofensiva (orden al bate), sin tener en cuenta la alineación defensiva.

Mientras tanto, [25] plantea un modelo para elegir la mejor combinación de jugadores de un equipo de cricket. Para realizar la asignación de una persona, los autores crean un indicador (*fitness*). Para calcular este indicador se tienen en cuenta: todos los juegos en los que participa el jugador, y de estos, la cantidad de ganados y perdidos. En [26] se propone una nueva forma de medir el desempeño de los jugadores de un equipo de baloncesto, para que los entrenadores lo tengan en cuenta a la hora de decidir qué jugador juega una posición. Mientras que para los equipos de pelota, [6] y [7] plantean diferentes modelos con

un mismo fin, elegir el orden al bate de los jugadores en la alineación inicial, en cada uno se propone una manera distinta de calcular el índice de desempeño de un jugador. Estos modelos se concentran solamente en la solución para la alineación ofensiva, sin tener en cuenta la alineación defensiva. Además, dejan de lado la experiencia, las preferencias de las personas por cada rol y las competencias asociadas a cada uno.

### 1.1.5. Conformación de equipos en diferentes áreas

Los juegos en línea constituyen una fuente importante de interacciones que pueden contribuir a comprender el comportamiento humano. Una posible contribución es comprender qué motiva a las personas a elegir a sus compañeros de equipo. Sobre este tema se centra la investigación planteada en [27]. Donde los autores utilizan gran cantidad de datos de un entorno de juego en línea basado en equipos, específicamente, Battlefield 4<sup>2</sup>. Los investigadores definen varios indicadores que influyen en las decisiones de los jugadores para elegir equipo, como son: la familiaridad positiva (si los miembros del equipo han trabajado en ocasiones anteriores con experiencias positivas), la homofilia (tendencia de las personas a buscar otras que son parecidas a ellas) y las competencias. Los autores recolectan los datos de dos meses de interacciones en el juego entre más de 380.000 jugadores. A partir de esto llegan a la conclusión de que la familiaridad es un factor importante en la formación de un equipo, mientras que la homofilia no lo es. Otra conclusión arribada es que las competencias afectan la formación del equipo en mayor forma: los jugadores con competencias relativamente alta tienden a formar equipos mientras que si existe mucha diferencia, tienden a no formar equipo.

Proporcionar la formación profesional necesaria para los empleados, es una situación muy común en las empresas. Esto, puede ayudar al crecimiento de los novatos e incluso hasta los expertos. En las empresas resulta fundamental pulir las habilidades profesionales de las personas tanto como mejorar el crecimiento empresarial. Para lograr esto en ocasiones juntan a los de más con los de menos experiencia. En [28] tratan con conceptos ya conocidos e incorporan algunos como novedad para tratar el problema de Formación de los empleados (*Employee Training*). Definen un conjunto de habilidades, donde cada empleado posee un conjunto de habilidades. Como novedad le incorporan un nivel de profundidad o dominio sobre estas habilidades. Además, los proyectos de la empresa requieren ciertas habilidades y un nivel determinado a cumplir. También incorporan un elemento al cual le llaman costo comunicacional. Este elemento viene dado por el nivel jerárquico de la empresa. En adición, otra forma que contribuye a este elemento es el nivel de interacción que poseen los empleados en la red social interna.

---

<sup>2</sup>Popular juego basado en equipos en el que los jugadores eligen uno de los dos equipos competidores para jugar

En los diferentes contextos analizados, los modelos no son tan completos. Sin embargo, el modelo presentado en [4], tiene en cuenta todos los aspectos faltantes en las investigaciones revisadas. Tanto los problemas de deporte como de docencia podrían beneficiarse si existiesen modelos tan completos como el de software. Por ese motivo, se evaluará la pertinencia de utilizar el modelo de formación de equipos de software para la formación de equipos docentes y de béisbol. Para ello, a continuación, se explica de forma detallada el modelo definido para la formación de equipos de software.

## 1.2. Análisis de los factores que soporta TEAMSOFT<sup>+</sup> para la formación de equipos de software

Esta sección explica los elementos que intervienen en el modelo que da soporte a la última versión de TEAMSOFT<sup>+</sup>. Además, se ejemplifica mediante una instancia del modelo, el problema de conformación de equipos de software. Por último, se describe la herramienta TEAMSOFT<sup>+</sup>.

### 1.2.1. Modelo de conformación de equipos

En [4] se presenta una propuesta que permite modelar el problema de conformación de equipos de software, teniendo en cuenta varios aspectos. Esta sección muestra los conjuntos que intervienen en la modelación, así como las relaciones existentes entre ellos, las funciones objetivos que se utilizan y sus restricciones. Resulta importante destacar que en esta sección no se emplean los mismos nomencladores que en el trabajo original, por lo que se explican en cada caso.

#### Conjuntos

- $P$ : Conjunto de personas,  $p, q = 1..|P|$
- $R$ : Conjunto de roles,  $r, u = 1..|R|$
- $T$ : Conjunto de competencias técnicas,  $t = 1..|T|$
- $G$ : Conjunto de competencias genéricas,  $g = 1..|G|$
- $Y$ : Conjunto de proyectos,  $y = 1..|Y|$
- $B$ : Roles de Belbin,  $b = 1..|B|$
- $S = \{m, b, t, i\}$ : Tipos psicológicos de las personas,  $s = 1..|S|$

## Relaciones

- $Z(g, r) \in [0, 1]$  valor mínimo que debe tenerse en la competencia genérica  $g$  para cumplir el rol  $r$ .
- $Q(t, r, y) \in [0, 1]$  valor mínimo que debe tenerse en la competencia técnica  $t$  para cumplir el rol  $r$  en el proyecto  $y$ .
- $K_{rp}(r, y) \in [0, 1]$  necesidad del rol  $r$  en el proyecto  $y$  (1: el rol es necesitado en el proyecto, 0: no se necesita).
- $K_{py}(p, y) \in N$  cantidad máxima de roles que puede cumplir la persona  $p$  en el proyecto  $y$ .
- $K_p(r, y) \in N$  cantidad de personas necesarias en el rol  $r$  en el proyecto  $y$ .
- $I_p(p, q) \in [0, 1]$  incompatibilidad entre las personas  $p$  y  $q$ .
- $I_r(r, u, y) \in \{0, 1\}$  incompatibilidad entre los roles  $r$  y  $u$  en el proyecto  $y$  (1: una persona no puede jugar ambos roles, 0: puede hacerlo).
- $T(r, y) \in [0, 1]$  tiempo necesario a emplear para poder jugar el rol  $r$  en el proyecto  $y$ .
- $D(p) \in [0, 1]$  tiempo del que dispone la persona  $p$  (se corresponde con el tiempo le queda libre luego de quitar su carga ocupada de la máxima permisible).
- $F_r(p, r) \in [0, 1]$  preferencia de la persona  $p$  por el rol  $r$ .
- $F_b(p, b) \in [0, 1]$  grado de adecuación de la persona  $p$  por el rol de Belbin  $b$ .
- $F_s(p, s) \in [0, 1]$  grado en que una persona  $p$  se adecua al tipo psicológico  $s$ .
- $F_g(p, g) \in [0, 1]$  valor mínimo de una persona  $p$  para una competencia genérica  $g$ .
- $F_t(p, t) \in [0, 1]$  valor mínimo de una persona  $p$  para una competencia técnica  $t$ .

Existen siete funciones objetivos en este modelo, a continuación se explican brevemente:

- Minimizar incompatibilidades (Maximizar sinergia).
- Minimizar carga de trabajo (Balancear carga de trabajo entre miembros del equipo).
- Minimizar costo de trabajar a distancia.
- Balancear el índice de incompatibilidades.
- Balancear carga de trabajo entre equipos.

- Balancear costo de trabajar a distancia.
- Maximizar el valor de las competencias que se relacionan con los roles a los que se le asignan a las personas, la cual toma en cuenta todas los roles requeridos y todas las personas para ocuparlos.

Para estas funciones objetivos existen restricciones, a continuación se muestran cuáles son:

- Todos los roles tienen que estar cubiertos.
- Una persona sólo puede asumir un rol dentro de cada subconjunto de roles que se consideran incompatibles entre sí.
- Se restringe el número máximo de roles que puede asumir cualquier empleado en el proyecto que se planifica.
- El cumplimiento de condiciones mínimas en cuanto a las competencias necesarias en una persona para que se le asigne un rol dado.
- La carga de trabajo total asignada a cada empleado no debe sobrepasar un valor máximo.
- En el equipo de trabajo seleccionado deben estar representadas las tres categorías de roles de Belbin (acción, mentales, sociales).
- En el equipo de trabajo seleccionado la preferencia por desempeñar roles de acción debe sobrepasar la preferencia por desempeñar roles mentales.
- La preferencia por desempeñar roles mentales debe sobrepasar la preferencia por los sociales.
- En el equipo al menos una persona tenga como preferido el rol de Belbin Cerebro.

### 1.2.2. Ejemplo simple para el problema de formación de equipos de desarrollo de software utilizando el modelo usado en TEAMSOF<sup>+</sup>

A continuación, mediante un ejemplo, se explica cómo quedaría una instancia del modelo de formación de equipos de proyectos de software.

#### Conjuntos

- $P = \{p_1 = ana, p_2 = betty, p_3 = carlos, p_4 = dany\}$ : Conjunto de personas,  $p, q = 1..|P|$ ,  $|P| = 4$
- $T = \{t_1 = cpp, t_2 = prolog, t_3 = java\}$ : Conjunto de competencias técnicas,  $t = 1..|T|$ ,  $|T| = 3$



- $G = \{g_1 = \text{liderazgo}, g_2 = \text{comunicación}\}$ : Conjunto de competencias genéricas,  $g = 1..|G|$ ,  $|G| = 2$
- $R = \{r_1 = \text{programador}, r_2 = \text{jefe}\}$ : Conjunto de roles,  $r, u = 1..|R|$ ,  $|R| = 2$
- $Y = \{y_1, y_2\}$ : Conjunto de proyectos,  $y = 1..|Y|$ ,  $|Y| = 2$
- $B = \{b_1, b_2, b_3\}$ : Roles de Belbin,  $b = 1..|B|$ ,  $|B| = 9$
- $S = \{m, b, t, i\}$ : Tipos psicológicos de las personas,  $s = 1..|S|$ ,  $|S| = 16$

## Relaciones

En la Tabla 1.1 se muestran por cada rol, los valores mínimos necesarios de las competencias genéricas que las personas necesitan para poder desempeñarlos. Mientras que, en las Tablas 1.2 y 1.3 se evidencian en cada proyecto, por cada rol, los valores mínimos necesarios en las competencias técnicas que las personas deben de poseer.

Tabla 1.1: Mínimos de las competencias genéricas para los roles

$Z(g, r)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$g_1 = \text{liderazgo}$	0.1	0.6
$g_2 = \text{comunicación}$	0.3	0.5

Tabla 1.2: Mínimos de las competencias técnicas para jugar roles en proyecto  $y_1$

$Q(t, r, y_1)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$t_1 = \text{cpp}$	0.7	0.2
$t_2 = \text{prolog}$	0.0	0.0
$t_3 = \text{java}$	0.6	0.2

Tabla 1.3: Mínimos de las competencias técnicas para jugar roles en proyecto  $y_2$

$Q(t, r, y_2)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$t_1 = \text{cpp}$	0.1	0.1
$t_2 = \text{prolog}$	0.3	0.1
$t_3 = \text{java}$	0.3	0.2

En la Tabla 1.4 se muestran los roles necesarios por cada proyecto, en este caso, todos los roles en todos los proyectos son necesarios. Como se había descrito en la sección 1.2.1, es necesario conocer la cantidad máxima de roles a jugar por persona, y la cantidad de personas que ocuparán los roles por cada proyecto, esto se refleja en las Tablas 1.5 y 1.6.

Tabla 1.4: Roles necesarios por proyecto

$K(y, r)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$y_1$	1	1
$y_2$	1	1

Tabla 1.5: Cantidad máxima de roles por persona a jugar en cada proyecto

$K_{py}(p, y)$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$
$y_1$	2	1	2	1
$y_2$	1	1	2	1

Tabla 1.6: Cantidad de personas necesarias en el rol  $r$  por cada proyecto

$K_p(r, y)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$y_1$	3	1
$y_2$	2	1

La Tabla 1.7 refleja la incompatibilidad entre todas las personas, esta relación no tiene que ser igual en los dos sentidos, por ejemplo, la persona  $p_1$  es totalmente incompatible con la persona  $p_2$ , pero no viceversa. Sin embargo, la relación de incompatibilidad entre los roles en los proyectos, como las que se muestran en las Tablas 1.8 y 1.9, sí son en los dos sentidos, por ejemplo, el rol  $r_1$  es incompatible con el rol  $r_2$  en el proyecto  $y_2$ , entonces  $r_2$  será incompatible con  $r_1$  en ese proyecto.

Tabla 1.7: Incompatibilidades entre personas

$I_p(p, q)$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$
$p_1$	0.0	1.0	0.3	0.2
$p_2$	0.3	0.0	0.9	0.0
$p_3$	0.5	0.2	0.0	0.2
$p_4$	0.6	0.1	0.0	0.0

Tabla 1.8: Incompatibilidades entre roles en el proyecto  $y_1$

$I_r(r, u, y_1)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$r_1 = \text{programador}$	0	0
$r_2 = \text{jefe}$	0	0

Tabla 1.9: Incompatibilidades entre roles en el proyecto  $y_2$

$I_r(r, u, y_2)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$r_1 = \text{programador}$	0	1
$r_2 = \text{jefe}$	1	0

El tiempo es un factor importante en el problema de conformación de equipos de software debido a que interviene en restricciones a tener en cuenta para solucionarlo. En las Tablas 1.10, 1.11 se muestran, expresados en una escala de 0-1, la carga de trabajo de cada persona y el tiempo necesario para cubrir cada rol en cada proyecto.

Tabla 1.10: Carga de trabajo de las personas

	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$
$D(p)$	0.2	0.6	0.3	0.4

Tabla 1.11: Tiempo necesario para jugar un rol en un proyecto

$T(r, y)$	$y_1$	$y_2$
$r_1 = \text{programador}$	0.6	0.3
$r_2 = \text{jefe}$	0.2	0.1

Las personas tienen un valor de preferencia o adecuación para los roles funcionales<sup>3</sup> y roles de Belbin. Estos valores se expresan en una escala de  $[0, 1]$ , en donde 1 es el valor de mayor preferencia y 0 el de menor. Por ejemplo, en la Tabla 1.12,  $p_1$  prefiere al rol de programador antes que el de jefe, y en la Tabla 1.13,  $p_3$  prefiere el rol de Belbin  $b_3$  en mayor medida  $b_2$  y  $b_1$ .

Tabla 1.12: Preferencias de las personas por los roles

$F_r(p, r)$	$r_1 = \text{programador}$	$r_2 = \text{jefe}$
$p_1$	0.9	0.4
$p_2$	1.0	0.7
$p_3$	0.2	1.0
$p_4$	0.5	0.4

---

<sup>3</sup>Llamados así, tomando en cuenta las funciones que las personas deben desempeñar en cada uno de los tipos de equipos.

Tabla 1.13: Preferencias de las personas por los roles de Belbin

$F_b(p, r)$	$b_1$	$b_2$	$b_3$
$p_1$	0.2	0.9	0.4
$p_2$	0.4	0.2	0.5
$p_3$	0.6	0.3	0.9
$p_4$	0.5	0.2	0.3

Después de aplicarle a las personas los test psicológicos, es posible determinar el tipo al que pertenece. En la Tabla 1.14, se muestra para cada persona, el tipo psicológico resultante según el test de Myers-Briggs (1 indica que la persona pertenece a ese tipo y 0 que no). Por motivo de una mejor visualización de la tabla, se decide dejarla solamente cuatro tipos psicológicos, en vez de los dieciséis posibles correspondientes al test.

Tabla 1.14: Grado de adecuación a los tipos psicológicos

$F_b(p, r)$	$m$	$b$	$t$	$i$
$p_1$	1	0	0	0
$p_2$	0	0	0	1
$p_3$	0	0	1	0
$p_4$	0	1	0	0

En las Tablas 1.15 y 1.16 se muestra el valor que tiene cada persona, en las competencias genéricas y técnicas, respectivamente. Por ejemplo, en 1.15,  $p_2$  es más comunicativo que  $p_3$ , mientras que  $p_3$  tiene mayor liderazgo que  $p_2$ .

Tabla 1.15: Valor de las personas en las competencias genéricas

$F_g(p, g)$	$g_1 = \text{liderazgo}$	$g_2 = \text{comunicación}$
$p_1$	0.5	0.3
$p_2$	0.6	0.8
$p_3$	0.7	0.1
$p_4$	0.3	0.6

Tabla 1.16: Valor de las personas en las competencias técnicas

$F_g(p, t)$	$t_1 = \text{cpp}$	$t_2 = \text{prolog}$	$t_3 = \text{java}$
$p_1$	0.4	0.6	0.2
$p_2$	0.5	0.1	0.4
$p_3$	0.7	0.3	0.3
$p_4$	0.6	0.8	0.6

Como se explicó con anterioridad, resulta necesario desarrollar herramientas informáticas que brinden soporte, de modo que faciliten la toma de decisiones en el proceso de la formación de equipos. Con este propósito se desarrolló la herramienta TEAMSOF<sup>T</sup>+. En la siguiente sección se analizan algunos aspectos de funcionamiento.

### 1.2.3. Características de TEAMSOF<sup>T</sup>+ como herramienta

TEAMSOF<sup>T</sup>+ constituye un sistema para la toma de decisiones. Apoya a los directivos durante el proceso de formación de equipos de proyectos de software, resaltando la asignación del jefe de proyecto y la asignación/reasignación del equipo [1]. El sistema sustenta el modelo descrito en la sección 1.2.1, y además propone algunos algoritmos para su solución. En su última versión estable, se le incorporan nuevas funcionalidades. Brindándole la capacidad de solucionar el problema de formación de equipos de proyectos de software de forma multiple

Existen cuatro tipos de actores fundamentales (ver Figura 1.1) que interactúan con el sistema:

- Usuario: Actor genérico, las funcionalidades a las que tiene acceso son autenticación y ver un reporte con su información.
- Gestor de Recursos Humanos: Encargado de gestionar los trabajadores (insertar, modificar y eliminar), esto incluye el registro y actualización de los niveles de competencias (tanto técnicas como genéricas, de las incompatibilidades conocidas entre trabajadores, de los roles preferidos y evitados por la persona y de sus características psicológicas; medidas a través del test de Belbin y el de Myers-Briggs. Además, es el encargado de gestionar los indicadores de los trabajadores como son: la provincia, el índice de conflicto, los niveles de las competencias, su importancia y el grupo al que pertenece una persona.
- Jefe de Proyecto: Encargado de finalizar el proyecto, esto incluye evaluar a los miembros del equipo, registrar las incompatibilidades entre los miembros del equipo, evaluar el desempeño en el rol de cada integrante y actualizar el nivel en cada una de las competencias que poseen.
- Conformador de equipos: Encargado de gestionar los roles de la organización, lo cual incluye definir las competencias genéricas requeridas, la carga y las incompatibilidades con otros roles. Además, es el encargado de gestionar los proyectos, lo que implica definir los datos generales de los proyectos, las competencias técnicas que requieren y su estructura. La estructura del proyecto incluye los roles necesarios, la cantidad de personas por rol, así como los niveles mínimos de competencias técnicas requeridos para cada rol. Es responsable de cerrar el o los proyectos, lo que implica evaluar a cada jefe de proyecto en su desempeño en el rol y evaluar el proyecto como un todo. También es responsable de conformar equipos, para lo cual dispone de

dos funcionalidades: conformar un solo equipo de proyecto o conformar múltiples equipos de proyecto.

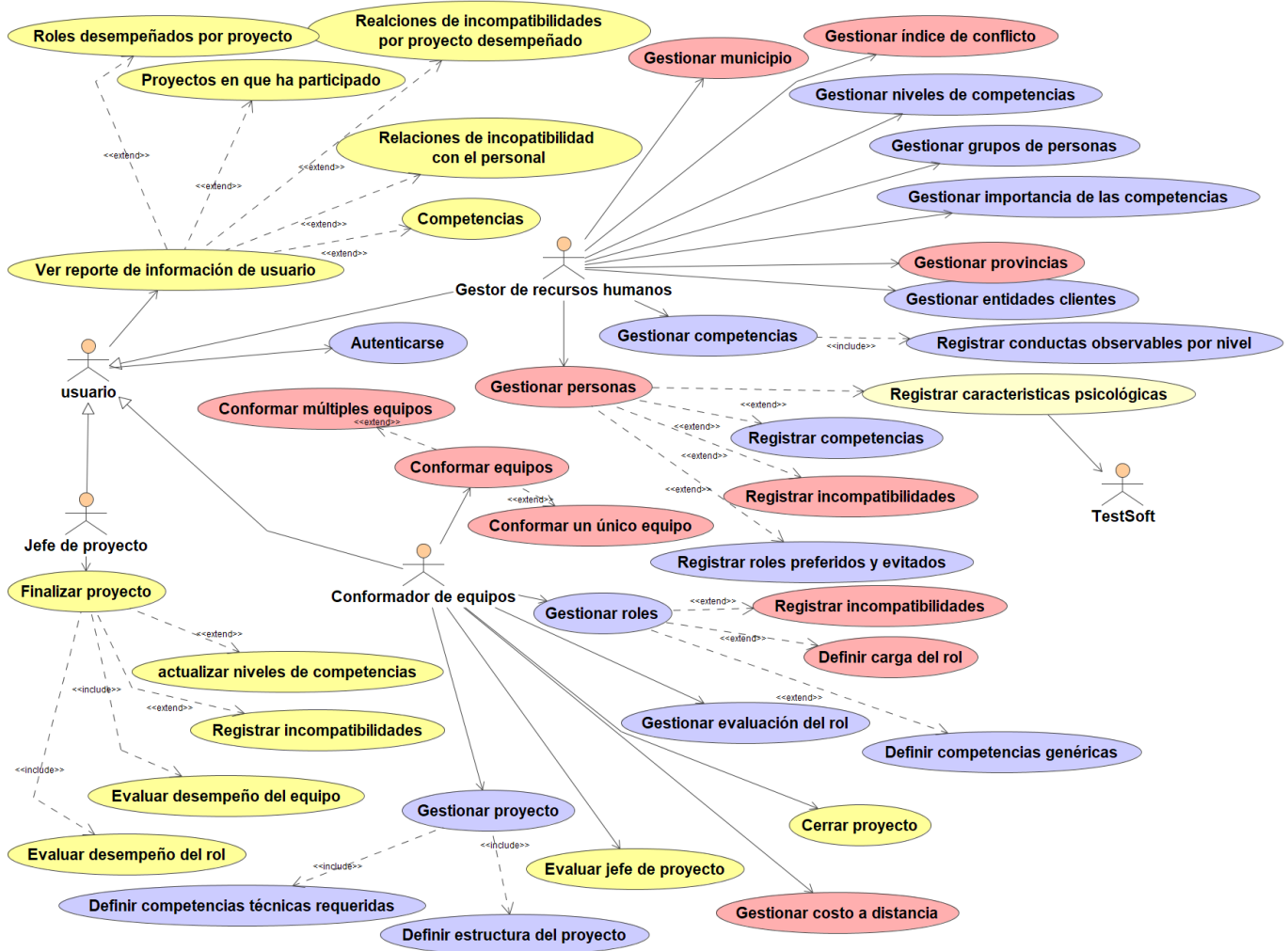


Figura 1.1: Diagrama de Caso de Uso del Sistema de TEAMSOFT<sup>+</sup>. Tomado de [4]

En la Figura 1.2 se observan las opciones implementadas en la herramienta. En la etapa de **Configuración** se establece las escalas de valores en la que se miden el nivel de cumplimiento de las competencias y los roles. En la opción **Personal**, se gestionan las competencias, roles y personas. Por último, en **Proyectos**, se gestionan los proyectos y se realiza la asignación del Jefe de Proyecto junto con el resto de los integrantes del equipo de proyecto.



Figura 1.2: Opciones de TEAMSOFTH<sup>+</sup>

El sistema realiza el proceso de asignación del personal en tres etapas. A continuación se explica en qué consiste cada una, y en la Figura 1.3 se observa el flujo entre ellas en TEAMSOFTH<sup>+</sup>:

**Primera etapa:** se configura la cantidad máxima de roles, se elijen los proyectos a conformar y además los grupos de personas que se van a tener en cuenta para el proceso de formación del equipo.

**Segunda etapa:** se asigna el Jefe de Proyecto. En esta etapa se toman en cuenta los elementos definidos por el usuario para desempeñar este rol, por ejemplo: competencias técnicas y genéricas, tipos psicológicos, entre otros.

**Tercera etapa:** se conforma el equipo. En la asignación del resto del equipo, se tienen en cuenta además, las incompatibilidades entre las personas y entre los roles del proyecto.

Configurar
Asignar Jefe de Proyecto
Formar Equipos

Selecione los factores a tener en cuenta para la asignación y asigne un peso a cada factor.

Competencias  
Peso: 0.3

Carga de trabajo  
Peso: --

Interés  
Peso: --

Características psicológicas  
Peso: --

Costo de trabajar a distancia  
Peso: --

☒ Tomar en consideración las competencias
Peso: 0.30

☒ Competencias por proyecto

Elementos de competencia para desempeñar el rol: Jefe de Proyecto

Proyectos: Proyecto5

Competencias técnicas		
Competencia	Nivel mínimo	Importancia
Gestion de proyectos	en partida	Alguna medida

<< < 1 > >>

Competencias genéricas

Figura 1.3: Flujo para conformar el equipo en TEAMSOF<sup>+</sup>

### 1.3. Conformación de equipos de béisbol

La béisbol es un deporte con una amplia difusión en el continente americano y asiático, e incluso, en los últimos años se ha extendido al continente europeo. Se considera el deporte nacional en países como Cuba y Estados Unidos [29]. Dado el auge de este deporte, resulta de gran interés popular la conformación de un equipo de béisbol.

Un equipo de béisbol está compuesto por varios jugadores. Antes de cada juego, el director del equipo tiene que elegir 10 para la alineación inicial. Cada jugador, con excepción del pítcher<sup>4</sup> y el bateador designado, tiene que desempeñar dos tipos de roles, uno a la defensiva y otro a la ofensiva. En el caso particular del pítcher, solo está presente en la alineación defensiva, mientras que el bateador designado ocupa su puesto a la ofensiva. Resulta importante resaltar que un jugador no puede jugar más de un rol del mismo tipo en una alineación. Para cada tipo de rol, existen un conjunto de características o competencias a tener en cuenta para la asignación de un jugador. Por ejemplo, según [5], las

<sup>4</sup>anglicismo aceptado por la RAE para la voz inglés pitcher



competencias genéricas a tener en cuenta son:

- Trabajo bajo presión (*Peaking Under Pressure*): capacidad del jugador de sentirse desafiado en lugar de amenazado por la presión y su rendimiento bajo presión.
- Libre de preocupaciones (*Freedom From Worry*): no se presiona a sí mismo, preocupándose por desempeñarse mal o cometer errores. No se ve afectado por las opiniones de los demás con respecto a su desempeño.
- Afrontar la adversidad (*Coping With Adversity*): permanece positivo y entusiasta, incluso cuando las cosas van mal, permanece tranquilo y controlado; puede recuperarse rápidamente de errores y contratiempos.
- Concentración (*Concentration*): No se distrae fácilmente; capaz de concentrarse en la tarea en cuestión en tanto en situaciones de práctica como de juego, incluso cuando ocurren situaciones adversas o inesperadas.
- Preparación mental (*Mental Preparation*): planea y se prepara mentalmente para los juegos y claramente tiene un “plan de juego” para lanzar, batear, correr bases, etc.
- Motivación para el logro (*Achievement Motivation*): tiene confianza y está motivado positivamente; constantemente da el 100 % durante las prácticas y los juegos; trabaja duro para mejorar sus habilidades.
- Entrenabilidad (*Coachability*): abierto y aprende de la instrucción; acepta la crítica constructiva sin tomárselo personalmente y enojarse.

En el caso de las competencias técnicas a cumplir por un jugador, en una alineación, según [30] y [31] son:

- Promedio de bateo.
- Fuerza de bateo.
- Precisión de tiro.
- Fildeo.
- Velocidad.
- Versatilidad.

En la literatura existen diversas investigaciones relacionadas con la conformación de equipos de béisbol. En [6] y [7] los autores se basan en las estadísticas de los jugadores almacenadas a lo largo de los años para construir un indicador. En base a este indicador es que se realiza el proceso de asignación de los jugadores a los roles. Las investigaciones planteadas anteriormente, solo se enfocan en la conformación de la alineación ofensiva

(orden al bate), sin tener en cuenta la alineación defensiva. Además, no tienen en cuenta las competencias que necesitan los roles para ser ocupados, y tampoco hacen referencia a la preferencia de las personas por los roles.

## 1.4. Conformación de equipos docentes

La planificación de la carga docente es un problema recurrente en cada inicio de semestre para los encargados en cada centro de educación. En el proceso de asignación de la carga docente intervienen dos aspectos fundamentales: el claustro de profesores disponibles y el conjunto de asignaturas a impartir.

En [32] se define cómo organizar el proceso docente de cada asignatura, siendo imprescindible conocer, la cantidad de horas asociadas a cada forma de enseñanza, estas son:

- Conferencia(C)
- Clase práctica(CP)
- Seminario(S)
- Laboratorio(L)
- Taller(T)

Cada forma de enseñanza se puede considerar como los roles a desempeñar por los profesores en el colectivo de asignatura. Cada uno de estos roles tiene asociado un conjunto de competencias que debe satisfacer el profesor para desempeñarlo correctamente. Por ejemplo [33] recomienda que las conferencias sean impartidas por un profesor de experiencia, entre otros aspectos.

Del claustro de profesores se conocen sus competencias, preferencias y disponibilidad. Por ejemplo: la categoría docente y científica, los años de experiencia impartiendo las asignaturas, el fondo de tiempo disponible para la docencia y, el interés por las asignaturas, entre otras. Las categorías docentes que puede alcanzar un profesor están definidas en [33], estas son:

- Profesor Titular
- Profesor Auxiliar
- Profesor Asistente
- Instructor

El jefe de departamento es el encargado de elaborar el Plan de resultado de cada profesor y, al finalizar el año verificar su cumplimiento. En función del cumplimiento del plan, se le otorga a cada profesor una evaluación general. La evaluación general se otorga a partir de un consenso entre las siguientes seis dimensiones [34]:

- **Docente.** Clases impartidas (cantidad de grupos y asignaturas, tipos de clase) así como la calidad de ellas. Las tutorías de tesis y prácticas profesionales.
- **Metodológico.** Cumplimiento del Plan Metodológico de la Asignatura (planificación de las clases y otras actividades), cumplimiento del Plan de Controles a Clases del Departamento.
- **Superación.** Cambio o ratificación de categoría docente, cursos de superación o postgrado.
- **Investigación.** Publicaciones en revistas, libros, premios.
- **Extensión universitaria.** Participación en: donaciones de sangre, juegos 13/3 para trabajadores, cuidado de Pruebas de Ingreso a la Educación Superior, entre otras actividades que se puedan realizar en la Universidad.
- **Política.** Actitud ante los estudiantes y resto de los compañeros, cumplimiento de la Guardia Obrera, participación en actividades políticas y de masa organizadas por la Universidad o el país. Pertenencia a organizaciones políticas (UJC-PCC).

Muchas universidades del mundo tienen que enfrentar el proceso de asignar profesores a los tipos de clases que le corresponden a las asignaturas, al menos una vez al año. En la literatura existen múltiples investigaciones que se enfocan en la asignación de los profesores a las asignaturas. Por ejemplo, en [9] se presenta un modelo donde se realiza el proceso de conformación del equipo asignando los profesores a las asignaturas. Este trabajo tiene en cuenta el balance de la carga de los profesores y sus preferencias hacia las asignaturas. En [8] se propone otro modelo para la asignación de asignaturas a profesores, basándose en la preferencia de los mismos hacia las asignaturas (si le interesaba darla o no). En ninguno de los trabajos revisados los autores tienen en cuenta para realizar la asignación, las competencias de los profesores, ni las competencias necesarias para cada cumplir cada rol. Tampoco hacen referencia a las incompatibilidades que pueden existir entre los miembros del colectivo de una asignatura.

## 1.5. Conclusiones parciales

Una vez terminado el capítulo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. Existe un modelo definido para el problema de conformación de equipos de software que tiene propiedades generales, debido a que incluye personas, roles, competencias.

2. Existe una herramienta que le da soporte al modelo de conformación de equipos de software denominada TEAMSOF<sup>T</sup>+
3. Para los problemas de conformación de equipos docentes y de béisbol no existen modelos definidos que tengan en cuenta las competencias de las personas para ocupar los roles, las incompatibilidades entre las personas, las preferencias por los roles.
4. Tanto el modelo como la herramienta TEAMSOF<sup>T</sup>+ podrían ser aplicados para formar equipos docentes y de béisbol, ya que toman en cuenta los factores a considerar en cada caso.

# Referencias bibliográficas

- [1] M. A. Ampuero, “Un modelo para la asignación de recursos humanos a equipos de proyectos de software,” Ph.D. dissertation, Universidad Tecnológica de La Habana, José Antonio Echeverría, 2009.
- [2] A. L. Infante Abreu, M. André Ampuero, A. Rosete Suárez, and L. Rampersaud, “Conformación de equipos de proyectos de software aplicando algoritmos metaheurísticos de trayectoria multiobjetivo,” *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 17, no. 54, pp. 1–16, 2014.
- [3] A. L. Infante Abreu, D. Hernández, M. André Ampuero, A. Rosete Suárez, J. Fajardo Calderín, and K. Escalera Fariña, “Solución al problema de conformación de equipos de proyectos de software utilizando la biblioteca de clases biciam,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 9, pp. 126–140, 2015.
- [4] A. D. Enríquez, “Nueva versión de la herramienta teamsoft+ para la formación de múltiples equipos de desarrollo de software,” candthesis, Universidad Tecnológica de La Habana, Jun. 2019.
- [5] R. E. Smith and D. S. Christensen, “Psychological skills as predictors of performance and survival in professional baseball,” *Journal of Sport & Exercise Psychology*, vol. 17, pp. 399–515, 1995.
- [6] M. V. Polyashuk, “Some solutions for baseball manager’s problems: Choosing a set of starters in their fielding positions,” Northeastern Illinois University, Tech. Rep., 2015.
- [7] P. K. Sugrue and A. Mehrotra, “An optimisation model to determine batting order in baseball,” *Int. J. Operational Research*, vol. Vol. 2, no. No.1, 2007.
- [8] O. C. Bosquez, J. H. Torruco, B. H. Ocana, and J. C. Reich, “Modeling and solving a latin american university course timetabling problem instance,” *MDPI*, 2020.
- [9] B. Domenech and A. L. García, “A milp model for the teacher assignment problem considering teachers preferences,” Department of Management (DOE); Institu-

te of Industrial and Control Engineering (IOC) Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Av. Diagonal 647 – floor 11, 08029, Barcelona (Spain), techreport, 2014.

- [10] P. M. Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute Inc., 2020.
- [11] W. Humphrey, “Introduction to the team software process,” in *SEI Series in Software Engineering*. Addison-Wesley, 2000.
- [12] I. Jacobson, G. Booch, and J. Rumbaugh, *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Addison Wesley Iberoamericana, 2000.
- [13] R. Boyatzis, *The Competent Manager: A Model for Effective Performance*. Wileyand Sons, 1982.
- [14] A. Argüelles and N. Editors, *Competencia Laboral y Educación basada en normas de Competencia*. Limusa, 2000.
- [15] I. Briggs, L. Kirby, and K. Myers, *Introduction Type (MBTI). Una guía para entender los resultados de su evaluación Myers-Briggs Type Indicador*, 6th ed. Consulting Psychologist Press, 2004.
- [16] T. Varvel, S. Adams, S. Pridie, and B. Ruiz, “Team effectiveness and individual myers-briggs personality dimensions,” *Journal of Management in Engineering*, vol. 20, no. 4, pp. 141–146, 2004.
- [17] L. Carpetz, “Personality type in software engineering,” *International Journal of Computer Studies*, vol. 58, no. 2, pp. 207–214, 2003.
- [18] Standish Group, “Chaos report worse project failure in decade,” Standish Group, Tech. Rep., 2020.
- [19] K. El Emam and A. G. Koru, “A replicated survey of it software project failures,” *IEEE software*, vol. 25, no. 5, pp. 84–90, 2008.
- [20] A. Anagnostopoulos, L. Becchetti, C. Castillo, A. Gionis, and S. Leonardi, “Power in unity: Forming teams in large-scale community systems,” in *International Conference on Information and Knowledge Management*, 2010, pp. 599–608.
- [21] A. E. Akgün, “Team wisdom in software development projects and its impact on project performance,” *International Journal of Information Management*, vol. 50, pp. 228–243, 2020.
- [22] S. Pociask, D. Gross, and M.-Y. Shih, “Does team formation impact student performance, effort and attitudes in a college course employing collaborative learning?” *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, vol. 17, no. 3, pp. 19–33, 2017.

- [23] J. Kittur and M. Salunke, "Mixed learning styles: A strategy for team formation," *Journal of Engineering Education Transformations*, vol. 33, pp. 434–441, 2020.
- [24] R. M. Felder and B. A. Soloman, "Index of learning styles questionnaire," 2020. [Online]. Available: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>
- [25] S. M. A. Burney, N. Mahmood, K. Rizwan, and U. Amjad, "A generic approach for team selection in multiplayer games using genetic algorithm," *International Journal of Computer Applications*, vol. 40, no. 17, Feb. 2012.
- [26] W. Cooper, J. L. Ruiz, and I. Sirvent, "Selecting non-zero weights to evaluate effectiveness of basketball players with dea," *European Journal of Operational Research*, vol. 195, pp. 563–574, 2009.
- [27] E. Alhazmi, S. Horawalavithana, J. Skvoretz, J. Blackburn, and A. Iamnitchi, "An empirical study on team formation in online games," in *Proceedings of the 2017 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining 2017*, 2017, pp. 431–438.
- [28] Z. Jiawei, Y. P. S, and L. Yuanhua, "Enterprise employee training via project team formation," in *Proceedings of the Tenth ACM International Conference on Web Search and Data Mining*, 2017, pp. 3–12.
- [29] INEFI, "Béisbol," <https://inefi.gob.do/beisbol>, Dec. 2020, [Online; accessed 23. Dic. 2020].
- [30] Danny, "The Skills Needed To Become A Good Baseball Player - InningAce," <https://inningace.com/tips/skills-needed-become-good-baseball-player>, Oct. 2020, [Online; accessed 9. Nov. 2020].
- [31] S. Silverman, "Basic fundamentals of baseball," <https://www.sportsrec.com/272178-basic-fundamentals-of-baseball.html>, Jul. 2011.
- [32] MES, "Resolución no.2 reglamento de trabajo docente y metodológico," 2018.
- [33] —, "Resolución no. 85 reglamento de categorías docentes," 2016.
- [34] E. S. Ansola, "Entrevista sobre las el sistema de gestión pandor," Nov. 2020.