

PROPOSAL FOR A NEW METHOD USING SOCIOMETRIC TECHNIQUES TO FORM OPTIMAL WORK GROUPS

Ballesteros-Pérez, Pablo¹; González-Cruz, M^a del Carmen²; Fernández-Diego, Marta²

¹ Universidad de Talca, ² Universitat Politècnica de València

This article describes a new application of key psychological concepts in the area of sociometry for the selection of individuals (workers) within organisations in which projects of any kind are developed.

The project manager can use a new calculation algorithm to determine which individuals should be chosen from a given pool of resources and how to combine them into one or several simultaneous groups in order to assure the highest possible work efficiency of the different groups from the standpoint of social interaction.

The optimisation process can be carried out by means of a matrix calculation performed using a computer or manually. In both cases, the calculation will be based on a number of new ratios generated ad-hoc and composed on the basis of indices frequently used in the practice of sociometry.

The article provides a new and practical approach to classic sociometry, which so far has been mainly used as a descriptive tool. The proposed application is an active and objective tool to be used by project managers for making decisions in the area of human resources.

Keywords: *Sociometry; Team ; Group; Optimization; Cohesion*

PROPUESTA DE UN NUEVO MÉTODO PARA FORMAR GRUPOS DE TRABAJO ÓPTIMOS UTILIZANDO TÉCNICAS SOCIOMÉTRICAS

El presente artículo describe una nueva aplicación de los principales conceptos del área psicológica de la Sociometría para la selección de individuos (trabajadores) dentro de organizaciones en las que se desarrollan proyectos de cualquier tipo.

El Director de proyectos podrá elegir, mediante un nuevo algoritmo de cálculo qué individuos debe escoger, a partir de un pool de recursos dado, y cómo combinarlos en uno o varios grupos simultáneos, de tal manera que la Eficiencia de trabajo de los diferentes grupos sea la mayor posible, desde el punto de vista de interacción social.

El proceso de optimización puede realizarse mediante cálculo matricial por ordenador o por aproximación manual. En ambos casos se partirá de una serie de nuevos ratios generados ad-hoc y compuestos a partir de índices de frecuente utilización en la práctica de la sociometría.

El artículo aporta un nuevo y práctico enfoque respecto a la Sociometría clásica, hasta el momento utilizada como herramienta descriptiva, y en la composición de los equipos de trabajo. La aplicación propuesta es una herramienta activa y objetiva para la toma de decisiones de Directores de Proyectos en el área de recursos Humanos.

Palabras clave: *Sociometría; Equipo; Grupo; Optimización; Cohesión*

1. Introducción. Cohesión Grupal

Un Equipo puede ser definido como un sistema social de tres o más personas, que está dentro de una organización (contexto), cuyos miembros se perciben a sí mismos como tales y son percibidos como miembros por otros (identidad), y colaboran en una tarea común (trabajo de equipo, teamwork) (Aldefer, 1987; Hackman, 1987; Wiendieck, 1992); Guzzo & Shea, 1992)

Los dominios del Comportamiento Organizacional (Organizational Behavior) y de la Psicología Industrial y Organizacional (I/O Psychology) han sido los principales portadores de la investigación sobre los Equipos de trabajo y, en la última década, ha habido considerables avances en el entendimiento de la forma de funcionar de los equipos (Hollenbeck et al., 2004).

La bibliografía sobre la Gestión de Recursos Humanos (HRM) se ha focalizado más extensamente en el nivel individual de los miembros de los Equipos de trabajo (Campion et al., 1993). El estudio del fenómeno a nivel grupal es más reciente, pero existe un retraso aún en el campo de la aplicación práctica (Hollenbeck et al., 2004). El problema es que la investigación más reciente aporta hallazgos y ejemplos nada intuitivos e incluso contra-intuitivos, acerca de cómo componer equipos, formarlos y combinar las contribuciones de sus miembros (Hollenbeck et al., 2004).

Recientes investigaciones científicas han establecido que las habilidades de trabajo en equipo, en relación a las habilidades técnicas de cada uno de sus miembros, a menudo determinan el éxito del cometido del grupo o su fracaso (Campion et al., 1993).

Por otro lado un adecuado nivel de Cohesión es necesario para mantener a un equipo, para involucrar a sus miembros para que colaboren, y para construir, por tanto, una alta calidad del Trabajo en equipo (Hoegl & Gemuenden, 2001).

El concepto de cohesión grupal ha sido estudiado ampliamente dentro de la Sociología (Eisenberg, 2007). Una definición de cohesión grupal es el grado en que los miembros de un grupo se sienten aceptados o rechazados mutuamente (Beal et al., 2003) o el grado en que desean mantenerse en un equipo (Cartwright, 1968).

Los Grupos de trabajo pueden estar más o menos cohesionados y la fuerza que mantiene unido al grupo puede variar en el tiempo y ser muy diferente de un grupo a otro.

La integración de los miembros de un grupo en un equipo de trabajo depende de (Piper et al., 1983): la adecuada comunicación entre sus miembros, la confianza mutua, la construcción sólida del equipo, el espíritu de cooperación, y, por último, la convicción y la creencia en lo que hace el grupo.

Los resultados obtenidos por los equipos de dependen fuertemente de la forma en que los individuos desarrollan sus vínculos sociales e interacciones grupales.

El Director de proyectos gestiona los recursos humanos disponibles para lograr los objetivos de la organización. El capital humano es el componente esencial de la organización y dependiendo de su adecuada combinación, asignación de tareas y motivación se obtendrán resultados sensiblemente diferentes y esto, como se ha comentado, es una importante responsabilidad de los Directores de Proyectos (Campion et al., 1993).

El aumento de la cohesión influye positivamente en la dinámica de trabajo de los grupos. El escaso esfuerzo necesario para mantener unido al grupo, cuando éste ya está cohesionado, hace que el esfuerzo se focalice en la tarea, con la consiguiente mejora en la eficacia y en la consecución de objetivos.

Algunos estudios señalan que la cohesión suele influir positivamente, elevando notablemente los siguientes aspectos (Piper et al., 1983): la atracción hacia el grupo, el grado de motivación, la moral, la conformidad con las normas del grupo, la coordinación de esfuerzos, la sinergia, los recursos disponibles para la tarea, la productividad, la eficacia en el logro de objetivos, el número de interacciones positivas, la cooperación, y la satisfacción con el grupo.

Por otra parte, la cohesión se puede ver influenciada por aspectos como la compatibilidad de caracteres y de necesidades entre los miembros del grupo.

La cohesión puede ser evaluada a través de varios métodos (Campion et al., 1993): Tests sociométricos o pruebas de elección sociométrica, Estudios de Clima, Análisis de las Motivaciones, y Análisis de las Interacciones; estudio de su calidad y frecuencia.

De las cuatro expuestas, la primera de ellas constituye un método cuantitativo que aporta gran información objetiva. Por este motivo se ha utilizado en el presente trabajo.

2. Sociometría. Test sociométrico y sociograma

La sociometría, método creado por Jacob Levy Moreno, estudia la estructura de los grupos a través del entramado de relaciones interpersonales que se produce en su interior (Moreno, 1961). La sociometría concibe al ser humano como poseedor de infinita creatividad y espontaneidad, y que nace, se desarrolla y muere en un contexto social (Bezanilla & Miranda, 2008).

El Test Sociométrico (Moreno, 1961) es el instrumento que utiliza la sociometría para conocer la estructura básica de las relaciones dentro del grupo. Cada miembro del grupo elige o rechaza a las personas que preferiría como compañeras.

El Test Sociométrico detecta los “átomos sociales”, constituidos por cada individuo, y su red de relaciones sociales, compuesta por las elecciones emitidas y recibidas por esa persona; por el contrario, es incapaz de detectar las causas que han provocado una estructura social concreta.

Las diferencias en personalidad pueden afectar significativamente el comportamiento individual y con ello el rendimiento grupal dentro de la organización (Chen & Lin, 2004). Una verdadera apreciación de la naturaleza de las diferencias de personalidad permite a los Directores de Proyecto gestionar de forma eficaz, y de ese modo potenciar el rendimiento individual y grupal de sus unidades subordinadas (Gordon et al., 1990). No obstante la sociometría no se ocupa de describir porqué y cómo se producen las interacciones sociales entre sus individuos sino únicamente en cuantificarlas, caracterizarlas en su distribución e incluso representarlas, para lo cual se utiliza el Sociograma.

El Sociograma (Moreno, 1961) es la representación gráfica de las relaciones establecidas entre todos los miembros a partir de las elecciones y rechazos realizados. Éstos se representan con líneas continuas y discontinuas respectivamente.

El Sociograma describe varios aspectos (Moreno, 1961): la estructura informal, el sistema de comunicación, el liderazgo, la tendencia a ocupar una posición central, y la posible formación de subgrupos, parejas y tríos.

A partir de los resultados obtenidos a través del Test Sociométrico se pueden analizar varios datos (Moreno, 1961):

- Número de elecciones personales emitidas
- Número de elecciones personales recibidas
- Número de elecciones mutuas o recíprocas

- Número de elecciones intragrupalas
- Número de elecciones negativas o rechazos personales emitidos
- Número de elecciones negativas o rechazos personales recibidos
- Número de elecciones negativas o rechazos mutuos o recíprocos
- Número de elecciones negativas o rechazos intragrupalas

Los resultados de la investigación sociométrica se pueden representar en forma gráfica (sociograma), pero también en forma de matriz, que es la que se empleará en adelante para realizar la optimización matricial para la generación de grupos de trabajo.

Un ejemplo sencillo de cómo representar en forma de sociograma las elecciones realizadas por un grupo de 8 miembros, se puede ver en la figura 1. La Tabla 1 muestra la matriz de relaciones entre esos 8 individuos.

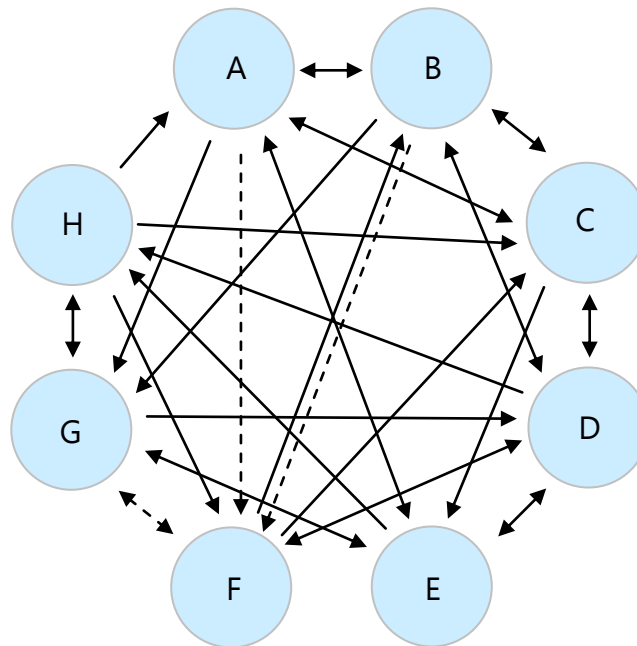
Tabla 1: Matriz sociométrica: Elecciones (+1), Rechazos (-1) u Omisión (0)

Elegidos ► ▼Entrevistados	A	B	C	D	E	F	G	H
A		1	1	0	1	-1	1	0
B	1		1	1	0	-1	1	0
C	1	1		1	1	0	0	0
D	0	1	1		1	1	0	1
E	1	0	0	1		0	1	1
F	0	1	1	1	0		-1	0
G	0	0	0	1	1	-1		1
H	1	0	1	0	0	1	1	

Nótese que la matriz no tiene porqué ser simétrica, ya que cualquier miembro puede elegir a otro miembro del grupo, pero, a su vez, el otro miembro rechazar al primero.

El grado de cohesión puede verse a través de indicadores, como el número total de elecciones que se producen dentro del grupo, o el de elecciones mutuas. El número de elecciones que reciba cada individuo aporta también información relevante, por ejemplo, en relación al liderazgo.

Figura 1: Sociograma elaborado a partir de las elecciones realizadas ocho miembros de un grupo



No obstante, también existen Índices Sociométricos Globales (Moreno, 1961):

- Cohesión o asociación: número de elecciones recíprocas / número posible de elecciones recíprocas. Es la proporción de reciprocidades positivas.
- Disociación: número de rechazos recíprocos / número posible de rechazos recíprocos. Es la proporción de reciprocidades negativas.
- Intensidad social: (Número total de elecciones + Número total de rechazos) / n-1.

Existe una proposición fundamental ampliamente difundida de que el éxito de un trabajo ejecutado por un equipo depende, más allá de la cantidad y corrección en el diseño de las actividades de trabajo, en lo bien que los miembros colaboran o interactúan (Hoegl & Gemuenden, 2001), los índices sociométricos expuestos, en su mayoría, describen la calidad de las interacciones internas de un grupo a nivel individual y del grupo en su conjunto.

3. Caso de estudio

La necesidad de compartir información entre tareas especializadas e interdependientes ayuda a explicar por qué el Diseño de Equipos (Team Design) se ha hecho tan popular en la Organización del trabajo en años recientes (Hirshborn & Gilmore, 1992).

En general la Competencia Técnica es el atributo común más estudiado en la bibliografía de Diseño de Equipos, especialmente en lo relativo a caracterizar las tareas y los miembros de los equipos (Hlaoittinun, et al., 2007; Fitzpatrick & Askin, 2005; Zakarian & Kusiak, 1999; Tseng et al., 2004, Hadj-Hamou & Caillaud, 2004; Tsai et al., 2003), no obstante, la personalidad de sus miembros es más relevante a la hora de terminar el rol que cada miembro adquirirá en un futuro grupo que sus habilidades técnicas (Cleese, 1998).

Como resultado, muchas compañías usan tests de personalidad para ayudar a evaluar cómo se acoplarán los empleados en su organización (Aldefer, 1987). No obstante, este tipo de pruebas tiene la limitación de que una vez clasificada la personalidad de cada miembro ya no existen reglas objetivas, sino únicamente aproximaciones descriptivas, acerca de qué

combinaciones de personalidades funcionan en un equipo y cuáles no. Es decir, pueden ser técnicas muy útiles cuando se trata de estudiar pormenorizadamente si un miembro se corresponden en personalidad con lo que espera ya un grupo profesional en funcionamiento al que se adscribirán, pero no son válidos para generar equipos desde cero.

Por este motivo, se genera la siguiente metodología, que pretende permitir generar múltiples equipos de trabajo a partir de un grupo de individuos con el objetivo de que la eficiencia de los mismo sea, globalmente, la mayor posible, y cuantificando numéricamente dicha eficiencia desde el punto de vista de su interacción social esperable. La metodología descrita no ha sido desarrollada y genera una línea nueva en la aplicación de la sociometría y de la generación artificial de grupos de trabajo.

Para ilustrar el proceso de asignación del personal de la forma más eficiente posible se va a proceder a desarrollar un caso de estudio en el que se describirá el proceso de asignación con sumo detalle.

3.1 Enunciado

Considérese una empresa que desarrolla proyectos de cualquier índole. Esta empresa, que dispondrá de una estructura organizativa que puede identificarse desde una tipología matricial hasta una organización orgánica que funciona exclusivamente a partir del desarrollo de proyectos, está compuesta por distintos individuos cada uno perteneciente a un área de conocimiento o a un departamento funcional.

Supóngase también que un Director de Proyectos de dicha empresa, el cual tiene la responsabilidad de gestionar diversos proyectos simultáneos y que tiene capacidad para elegir el personal entre aquel que se encuentre disponible siempre que pertenezca a la propia empresa, debe poner en funcionamiento una serie de proyectos que reportarán valor a la empresa que lo emplea.

Suponiendo que todo el personal de la empresa puesto a disposición del Director de Proyectos es igual a nivel técnico y suficientemente competente en el desarrollo de sus funciones o área de conocimiento, el objetivo del presente caso de estudio es desarrollar una metodología de combinación de Recursos Humanos que permita a nuestro Director de Proyectos seleccionar a los individuos para conformar grupos de trabajo (proyectos) de forma que la Eficiencia global sea la máxima posible.

Las relaciones interpersonales entre los diferentes trabajadores que se considerarán como Recursos Humanos son muy variadas: positivas, negativas y, en otras ocasiones, neutrales o inexistentes. Se procederá a solucionar el problema aplicando las técnicas sociométricas clásicas combinándolas con un cálculo de optimización matricial, el cual perseguirá maximizar las interacciones sociales positivas, y minimizar las negativas, entre los individuos que tengan que trabajar en los mismos grupos de trabajo o proyectos.

3.2. Nomenclatura

Antes de abordar la solución del problema y con intención de clarificar, las nomenclaturas de los índices que representarán los diferentes elementos a estudiar serán los siguientes:

$i= 1, 2, 3, \dots, n_i$ serán cada uno de los empleados (recursos a combinar) pertenecientes a una misma Área de conocimiento o Departamento funcional.

$j= A, B, C, \dots, n_j$ cada una de las Áreas de conocimiento o Departamentos funcionales de la empresa a la que el Director debe maximizar los Beneficios derivados de sus proyectos.

$k=1, 2, 3, \dots, n_k$ cada uno de los subgrupos (a partir de uno o varios empleados que pertenezcan a uno o varios departamentos funcionales de la empresa) a generar

correspondientes a los diferentes Proyectos que pueda desarrollar la empresa o dirigir un Director de Proyectos, en principio simultáneamente.

3.3. Obtención de datos

Supóngase que el director de Proyectos dispusiera de los resultados de un Test Sociométrico relativamente reciente que describiera las interacciones sociales entre la plantilla de personal disponible.

En caso de que no fuera así, sería necesario elaborarlo. La bibliografía no abunda en cómo obtener datos para aplicar las técnicas sociométricas en entornos profesionales, sin embargo puede encontrarse un caso pormenorizadamente desarrollado en (Jones, 2001). En el caso que nos ocupa, y en general, asegurando la confidencialidad en todo el proceso de consecución de los datos y en sus usos posteriores, la forma de proceder sería tan sencilla como preguntar a cada trabajador dos preguntas:

1. ¿Con qué compañeros te gustaría formar un equipo de trabajo?
2. ¿Con qué compañeros no te gustaría trabajar en equipo?

De las respuestas de las dos preguntas anteriores puede componerse la matriz sociométrica en la que, cada trabajador ha clasificado su relación con todos sus compañeros como: positiva (+1), es decir aquellos que eligió en la cuestión 1; negativa (-1), es decir, aquellos que eligió en la cuestión 2; o neutros o ignorados (0), es decir, aquellos que no han sido nombrados en ninguna de las dos cuestiones.

La forma de proceder más recomendable para disponer de datos recientes y veraces, especialmente con la intención de identificar todas las interacciones negativas, es encuestar o entrevistar a cada miembro de un grupo o proyecto de trabajo respecto de sus compañeros cuando su trabajo ya se ha terminado. En dicha encuesta o entrevista se exige a cada individuo, de forma aislada, que valore el desempeño del trabajo y el rendimiento de cada uno de sus compañeros.

Si, en última instancia, el Director no dispusiera de ningún dato y no creyera poderlo obtener fácilmente, sería conveniente hablar con otros Directores de Proyectos compañeros para intentar inferir una matriz sociométrica aproximada, es decir, intentando clasificar subjetivamente las relaciones que cada uno entiende que tienen sus subordinados entre ellos. Éste método siempre será menos preciso obviamente.

En general debe considerarse que la propia aplicación de la Sociometría tiene un efecto sobre el Grupo a caracterizar o estudiar, ya que la situación de recolección de datos sociométricos, por su propia naturaleza, obliga a las personas a que reflexionen acerca de su estructura de relaciones dentro del grupo, lo que, en mayor o menor medida, trae a la consciencia estados y situaciones psicoafectivas que se encontraban por lo menos en situación de obiedad. Este hecho hace que después de la aplicación del instrumento, las personas se hayan cuestionado sobre su propio posicionamiento social, generándose en sí mismo una visión distinta de ese sistema social (Bezanilla & Miranda, 2008). En la medida, por tanto, en que sea posible obtener la información de los propios miembros de los Grupos potenciales, es necesario obtenerla por esa vía, aunque ello precise mayores esfuerzos y tiempo.

3.4. Grupo de trabajo de ejemplo

Se va a desarrollar un ejemplo sencillo desde el punto de vista numérico para ilustrar los principales aspectos del algoritmo de decisión que se pretende exponer.

Supóngase que la empresa en la que trabaja el Director de Proyectos se reduce a 4 áreas de conocimiento o departamentos (A, B, C y D):

- El área/departamento A dispone de 3 trabajadores (A_1 , A_2 , y A_3)
- El área/departamento B dispone de 2 trabajadores (B_1 , y B_2)
- El área/departamento C dispone de 1 trabajador (C_1)
- El área/departamento D dispone de 1 trabajador (D_1)

Supóngase que los datos de uno o varios Tests sociométricos han permitido componer la siguiente matriz sociométrica (S):

Tabla 2: Matriz Sociométrica del caso de estudio

Entrevistados ▼	A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1
A1	0	1	-1	0	1	0	0
A2	-1	0	-1	0	1	1	1
A3	0	0	0	1	-1	-1	-1
B1	1	1	1	0	1	0	0
B2	-1	-1	1	0	0	1	1
C1	0	1	-1	1	0	0	0
D1	0	-1	-1	1	1	0	0

Recuérdese que en la columna de la izquierda se representa a los trabajadores entrevistados y en la fila superior se representa con quienes quieren o no quieren trabajar los individuos entrevistados.

Aunque no es estrictamente necesario para los cálculos matemáticos posteriores, se va a proceder a calcular los principales índices sociométricos grupales: Cohesión, Disociación e Intensidad Social, con la intención de describir un poco mejor al grupo de ejemplo en todo su conjunto.

Siendo:

- n : el número de individuos que componen el grupo completo (suma de todos los trabajadores de todos los departamentos)
- NER : Número de Elecciones Recíprocas.
- $NER\ máx$: Número de Elecciones recíprocas máximas posibles. Se puede calcular a partir de n de forma directa como: $n*(n-1)/2$.
- NRR : Número de Rechazos Recíprocos.
- $NRR\ máx$: Número de Rechazos recíprocos máximos posibles. Su valor coincide siempre con $NER\ máx$.

Índices sociométricos grupales:

- **Cohesión**: se calcula como $NER/NER\ máx$. Su rango de valores oscila entre 0 y 1.
- **Disociación**: se calcula como $NRR/NRR\ máx$. Su rango de valores oscila igualmente entre 0 y 1.
- **Intensidad social**: cuyo valor oscila entre 0 y n , y se calcula dividiendo el número total de elecciones menos el número total de rechazos entre " $n-1$ ", es decir, $(NE+NR)/(n-1)$.

Los cálculos de los índices grupales expresados se obtienen de la siguiente forma:

Sobre la diagonal de la anterior matriz se representan los Rechazos recíprocos y bajo la diagonal las Elecciones recíprocas.

Tabla 3: Cálculo de los principales Índices Sociométricos grupales del caso de estudio

	A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1
A1	-	0	0	0	0	0	0
A2	0	-	0	0	0	0	0
A3	0	0	-	0	0	1	1
B1	0	0	1	-	0	0	0
B2	0	0	0	0	-	0	0
C1	0	1	0	0	0	-	0
D1	0	0	0	0	1	0	-
n =	7	NRR =	2	NRRmáx =	21	Disociación =	0,10
n =	7	NER =	3	NERmáx =	21	Cohesión =	0,14

En cuanto al cálculo de la “Intensidad social” tan sólo es necesario sumar las celdas de la matriz sociométrica (S) en valor absoluto, lo cual arroja un valor de 28 (suma de elecciones y rechazos) que al dividirlo entre “n-1” supone un valor de 4.

En general tanto la Cohesión como la Disociación representan valores bajos, es decir poco cohesionado, pero tampoco se evidencia grandes hostilidades. Teniendo en cuenta que la Intensidad social presenta un valor medio (de 4 sobre los n=7 posibles) el grupo de recursos aún no parece haber alcanzado una estructura estable.

3.5. Proyectos a desarrollar

Supóngase que el Director de Proyectos se le ha encargado la supervisión de 4 proyectos para los que ha estimado (el propio Director) que va a tener las siguientes necesidades de personal:

- Proyecto G1: requiere un Grupo formado por 1 A_i, 1 B_i y 1 C_i
- Proyecto G2: requiere un Grupo formado por 1 A_i y 0.5 D_i
- Proyecto G3: requiere un Grupo formado por 0.5 A_i, 0.5 B_i y 0.5 D_i
- Proyecto G4: requiere un Grupo formado por 0.5 A_i y 0.5 B_i

Como se observa, las necesidades específicas para cada proyecto pueden implicar trabajadores a tiempo parcial.

A partir de aquí es necesario que el Director de Proyectos destine a cada individuo donde mayor vaya a ser su aportación al desarrollo del proyecto maximizando la Eficiencia de trabajo en términos globales y cumpliendo con las restricciones autoimpuestas de personal que tiene cada proyecto tanto en número como en área de conocimiento o departamento.

La siguiente asignación de personal cumpliría, por ejemplo, con el personal necesario para cada Proyecto:

Tabla 4: Asignación aleatoria de personal a los Proyectos a desarrollar en el caso de estudio

	G1	G2	G3	G4	Total
A1	1				1
A2		1			1
A3			0,5	0,5	1
B1			0,5	0,5	1
B2	1				1
C1	1				1
D1		0,5	0,5		1

3.6. Cálculo de la Eficiencia grupal y global

A partir de este epígrafe, todo el proceso de cálculo que se va a exponer es novedoso, es decir, una vez presentada someramente la Sociometría junto con sus principales índices descriptivos y expuesto un problema como el que puede tener cualquier Director de Proyectos rutinariamente conformando equipos de trabajo asociados a proyectos, resta identificar cómo estandarizar el proceso de toma de decisión. Es decir, de ahora en adelante el proceso descrito ejemplificará y generalizará un procedimiento de imputación de personal para la generación de grupos que trabajen en proyectos atendiendo a que las buenas relaciones entre los mismos se maximicen (juntando miembros afines) y las malas relaciones se minimicen (no juntando miembros antagónicos en los mismos grupos de trabajo).

Antes de comenzar con el algoritmo de cálculo y para poder comprobar que esta distribución de trabajadores anterior (o cualquier otra) es la óptima es necesario generar un índice que mida la "Eficiencia global" (E_G) de las diferentes combinaciones de personal realizadas en cada Grupo/Proyecto concreto.

Una posibilidad sería trabajar con los índices de Cohesión y Disociación, pero ello obligaría a cotejar dos valores que pueden tener oscilaciones relativamente independientes. Por este motivo, los autores entienden que es preferible generar un nuevo índice "único" al que llamaremos "Eficiencia" y que se calculará así para cada Grupo/Proyecto, el cual tiene en cuenta positivamente cualquier Elección y negativamente cualquier Rechazo, no únicamente los recíprocos.

Eficiencia de un Grupo/Proyecto k:

$$E_{Gk} = \frac{NE_k - NR_k}{n_{ik}} \quad (1)$$

Siendo:

- n_{ik} : el número de individuos que componen el grupo/proyecto k
- NE_k : Número de Elecciones emitidas o recibidas por todos los miembros n_{ik} .
- NR_k : Número de Rechazos emitidos o recibidos por todos los miembros n_{ik} .

Y, una vez calculados los E_{Gk} para todos los grupos/proyectos se obtiene la Eficiencia Global (E_G) del conjunto de Grupos/Proyectos como una suma ponderada de los mismos:

$$E_G = \sum_{k=1}^{n_k} E_{Gk} \cdot P_{Gk} \quad \text{con} \quad \sum_{k=1}^{n_k} P_{Gk} = 1 \quad (2)$$

Siendo P_{Gk} : los pesos (importancia) que tiene cada grupo/proyecto. Para asignar unas ponderaciones (P_{Gk}) a cada proyecto se pueden utilizar uno o varios criterios. Por ejemplo:

- Cálculo matemático de los coeficientes P_{Gk} en función de la cantidad de personal asignado a cada proyecto respecto del total (éste ha sido el utilizado en el presente ejemplo más adelante)
- Cálculo matemático en función del presupuesto de inversión de cada proyecto o del valor de los retornos económicos esperados respecto de las cantidades totales.
- Asignación subjetiva de los pesos en función de la importancia de cada proyecto/grupo en función de la estrategia particular de la empresa o de restricciones del entorno económico, legal, social, etc.

En el presente ejemplo los resultados derivados de lo explicado anteriormente arrojan los siguientes resultados:

La Eficiencia Global (E_G) de la combinación escogida es igual a 0,07 (la E_G puede oscilar entre -1 y +1). Para asegurar que esta combinación de personal es la óptima ninguna otra combinación podrá tener una E_G superior.

Tabla 5: Cálculos de Eficiencias Grupales y Global a partir de la Asignación aleatoria de personal (según Tabla 4) a los Proyectos a desarrollar en el caso de estudio

	G1	G2	G3	G4	Total
A1	1				1
A2		1			1
A3			0,5	0,5	1
B1			0,5	0,5	1
B2	1				1
C1	1				1
D1		0,5	0,5		1
n_{ik}	3	1,5	1,5	1	7
P_{Gk}	0,43	0,21	0,21	0,14	1
E_{Gk}	0,17	0,00	0,00	0,00	$E_G = \blacktriangledown$
$E_{Gk} * P_{Gk}$	0,07	0,00	0,00	0,00	0,07

3.7. Cálculo de la Expansividad y Estatus de los individuos

La aportación positiva o negativa de cualquiera de los individuos que están en la matriz sociométrica, es decir, la cantidad de elecciones y rechazos emitidos y recibidos se cuantifica en función de cuáles vayan a ser finalmente sus compañeros en cada grupo/proyecto de trabajo. No obstante para facilitar los cálculos de optimización es necesario establecer un índice que describa, aunque sea a nivel general, cuánto contribuye un miembro del grupo completo a la Eficiencia Global.

Este índice, que se denominará "Contribución del individuo i" (C_i), se calculará a partir de 4 índices sociométricos individuales estándar ya descritos previamente considerando los "n" miembros de la matriz sociométrica al completo.

$$C_i = \text{Expansividad positiva} - \text{Expansividad negativa} + \text{Estatus positivo} - \text{Estatus negativo}$$

Este índice puede expresarse matemáticamente de forma más sencilla con la siguiente expresión:

$$C_i = \frac{NEe_i - NRe_i + NEr_i - NRr_i}{n-1} \quad (3)$$

Siendo:

- NEe_i : Número de Elecciones emitidas por el individuo/trabajador i.
- NRe_i : Número de Rechazos emitidos por el individuo/trabajador i.
- NEr_i : Número de Elecciones recibidas por el individuo/trabajador i.
- NRr_i : Número de Rechazos recibidos por el individuo/trabajador i.

(C_i) tendrá valores comprendidos entre -2 y +2, y, cuanto más elevado sea positivamente, mayor será la aportación positiva (esperable) que dicho individuo "i" generará en aquellos grupos/proyectos de trabajo a los que se le asigne. Por el contrario, valores negativos elevados predispondrá al individuo a considerarlo como "tóxico" para la salud grupal y un elemento que disminuirá el valor de la Eficiencia Grupal (E_G).

Continuando con el ejemplo, se procede a calcular, en primer lugar, la Expansividad positiva y el Estatus positivo de todos los miembros de la matriz sociométrica (Tabla 6). Y, en segundo lugar, la Expansividad negativa y el Estatus negativo (Tabla 7).

Finalmente, en la tabla 8, para cada miembro del grupo, se suman la Expansividad y el Estatus positivos y se restan las Expansividades y Estatus negativos obteniéndose los Índices de Contribución (C_i) de todos los miembros.

Tabla 6: Cálculos de Expansividad positiva y Estatus positivo de cada miembro del grupo de recursos disponibles en el caso de estudio

Elecciones	A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	NEei	Expansiv. +
A1	0	1	0	0	1	0	0	2	0,33
A2	0	0	0	0	1	1	1	3	0,50
A3	0	0	0	1	0	0	0	1	0,17
B1	1	1	1	0	1	0	0	4	0,67
B2	0	0	1	0	0	1	1	3	0,50
C1	0	1	0	1	0	0	0	2	0,33
D1	0	0	0	1	1	0	0	2	0,33
NEri	1	3	2	3	4	2	2		
Estatus +	0,17	0,50	0,33	0,50	0,67	0,33	0,33		

Tabla 7: Cálculos de Expansividad negativa y Estatus negativo de cada miembro del grupo de recursos disponibles en el caso de estudio

Rechazos	A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	NRei	Expansiv. -
A1	0	0	1	0	0	0	0	1	0,17
A2	1	0	1	0	0	0	0	2	0,33
A3	0	0	0	0	1	1	1	3	0,50
B1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
B2	1	1	0	0	0	0	0	2	0,33
C1	0	0	1	0	0	0	0	1	0,17
D1	0	1	1	0	0	0	0	2	0,33
NRri	2	2	4	0	1	1	1		
Estatus -	0,33	0,33	0,67	0,00	0,17	0,17	0,17	n =	7

Tabla 8: Valores de los Índices de Contribución y ordenación de mayor a menor de cada miembro del grupo de recursos disponibles en el caso de estudio

Contribuciones	C_i	Ranking
A1	0,00	2
A2	0,33	1
A3	-0,67	3
B1	1,17	1
B2	0,67	2
C1	0,33	1
D1	0,17	1

En la columna "Ranking" se jerarquiza a los individuos para ser asignados a los diferentes grupos/proyectos en la medida en que los mismos aportan mayor clima positivo al grupo.

3.8. Proceso de Cálculo general

Es posible programar una aplicación computacional para los cálculos. Esta aplicación tendrá en cuenta las restricciones de asignación de personal que imponga el Director de proyectos para cada grupo/proyecto y calculará todas las permutaciones posibles en unas matrices similares a la del apartado 3.6.

No obstante, en el caso de que los cálculos se efectúen sin ordenador, es necesario establecer un proceso de cálculo sencillo que permita obtener la solución óptima o una solución que se acerque a la óptima.

Afrontar el cálculo, sin ordenador, de la gran cantidad de permutaciones que puede ser necesario calcular en grupos con muchos miembros y/o muchas áreas de conocimiento o departamentos, es inabordable.

Con carácter informativo se indica que la cantidad de permutaciones posibles del ejemplo que se está desarrollando, para los 4 grupos/proyectos a generar, es de 7, no obstante la cantidad de permutaciones dependen en gran medida de hasta qué nivel se desea fraccionar la asignación a tiempo parcial de los trabajadores. En general no se recomienda realizar asignaciones inferiores al 33% ya que ello afectaría al rendimiento del trabajador al estar dedicado a demasiados proyectos simultáneos. No obstante cuando se acepta que un trabajador puede estar, según su asignación porcentual, en diferentes proyectos simultáneamente, la cantidad de permutaciones se multiplica vertiginosamente.

Volviendo al ejemplo que se había comenzado en el apartado 3.4, si se desea facilitar o acotar la solución óptima de forma sencilla por medio de cálculos manuales (sin ordenador) deberá realizarse el siguiente proceso de trabajo:

1. Se ordenarán los diferentes grupos/proyectos por orden de mayor a menor ponderación. De esta manera se analizarán, en primer lugar, las asignaciones de personal a los grupos/proyectos más importantes y que también contribuyen en mayor medida a la E_G . En el ejemplo, los grupos ya se encuentran ordenados en este sentido.
2. Dentro de cada grupo/proyecto, se asignarán por orden decreciente de Contribución (C_i), los miembros del grupo cumpliendo las necesidades de personal establecidas por el Director de Proyectos.

Este procedimiento NO asegura que el resultado sea el óptimo en todos los casos, pero sí que la solución obtenida se encontrará, probablemente, muy cercana, con un nivel muy reducido de cálculos.

La aseveración anterior se fundamenta en el siguiente hecho: los índices de Contribución (C_i) que se emplean para ir decidiendo la asignación de los recursos humanos tienen carácter "global" para todo el grupo al completo, es decir, se calculan previa e independientemente a generar los subgrupos.

3.9. Resultados

En el caso del ejemplo, aplicando el orden de asignación de mayor a menor ponderación de los proyectos (orden de asignación: G1, G2, G3 y G4), y de los miembros del grupo (orden de asignación área/departamento A: A_2 , A_1 y A_3 ; área/departamento B: B_1 y B_2 ; las áreas/departamentos C y D sólo tienen un individuo por lo que no cabe ordenación alguna) proporcionaría el resultado de la Tabla 9.

Se puede observar que el valor de la Eficiencia Global (E_G) ha ascendido de 0,07 (de la primera distribución propuesta) a 0,29 (la actual, reflejada en la tabla 9). En este caso, la combinación finalmente mostrada es la óptima, de entre todas las posibles, de acuerdo con los recursos con sus buenas y malas relaciones entre ellos y de acuerdo con las necesidades de personal especificadas por el Director de Proyectos para cada uno de sus Grupos/Proyectos.

Tabla 9: Combinación óptima. Cálculos de Eficiencias Grupales y Global a partir de la Asignación de personal a los proyectos a desarrollar en el caso de estudio según asignación en orden decreciente de los Coeficientes de Contribución (C_i) y decreciente en factores de Ponderación (P_{Gk})

	G1	G2	G3	G4	Total
A1		1			1
A2	1				1
A3			0,5	0,5	1
B1	1				1
B2			0,5	0,5	1
C1	1				1
D1		0,5	0,5		1
nik	3	1,5	1,5	1	7
PGk	0,43	0,21	0,21	0,14	1
EGk	0,67	0,00	0,00	0,00	EG = ▼
EGk*PGk	0,29	0,00	0,00	0,00	0,29

Cualquier combinación que se efectúe de los miembros del equipo disponibles, respetando las restricciones establecidas por el Director de Proyectos, no superará una Eficiencia Global del 29%.

La peor Eficiencia Global posible (combinación pésima) con otra distribución de personal entre el conjunto propuesto por el problema desarrollado es del -2% (esta distribución de personal se muestra en la tabla 10). Este resultado se consigue cuando se aplican los criterios de optimización anteriormente descritos, en orden inverso.

Estos resultados indican que las combinaciones posibles del personal, dadas las restricciones del caso de estudio, permiten que los grupos en su conjunto puedan trabajar con Eficiencias que oscilan entre el -2% y el +29%, lo cual constituye una diferencia sensible para ser suficientemente analizada.

Tabla 10: Combinación pésima. Cálculos de Eficiencias Grupales y Global a partir de la Asignación de personal a los proyectos a desarrollar en el caso de estudio según asignación en orden creciente de los Coeficientes de Contribución (C_i) y decreciente en factores de Ponderación (P_{Gk})

	G1	G2	G3	G4	Total
A1		1			1
A2			0,5	0,5	1
A3	1				1
B1			0,5	0,5	1
B2	1				1
C1	1				1
D1		0,5	0,5		1
nik	3	1,5	1,5	1	7
PGk	0,43	0,21	0,21	0,14	1
EGk	-0,17	0,00	0,17	0,13	EG = ▼
EGk*PGk	-0,07	0,00	0,04	0,02	-0,02

5. Conclusiones

Por medio de la aplicación de las Técnicas sociométricas clásicas y buscando la maximización de interacciones grupales positivas y la minimización de interacciones grupales negativas, se ha elaborado un procedimiento de cálculo matemático novedoso para asegurar que, dadas unas necesidades de asignar personal a diferentes Grupos o Proyectos

de trabajo a partir de un Equipo de recursos humanos disponible, la combinación de los mismos será la más eficiente posible.

A nivel computacional se puede programar una aplicación que calcule todas las permutaciones matriciales posibles, pero se propone como suficientemente satisfactorio, un procedimiento manual de cálculo que cualquier Director de Proyectos puede emplear, acompañado de una comprobación final.

El procedimiento de asignación de recursos humanos a los grupos/proyectos que se propone en este artículo, parte de los datos de un test sociométrico y se puede resumir en lo siguiente:

1. Determinar la ponderación (importancia) de cada proyecto a acometer (P_{Gk}). En este artículo se ha establecido en función de la cantidad de personal implicado en cada proyecto, pero se citan otros criterios como la inversión, la rentabilidad esperada o el valor estratégico de cada proyecto.
2. Calcular los índices de Contribución de cada individuo asignable (C_i) en el Grupo completo. Para ello es necesario calcular las Expansividades positivas y negativas y los Estatus positivos y negativos de todos los miembros del grupo.
3. Asignar los individuos de mayor a menor índice de Contribución a los diferentes proyectos en orden decreciente de su Ponderación.
4. Si se desea caracterizar matemáticamente el problema al completo y/o comprobar que la solución obtenida manualmente es suficientemente buena, se pueden calcular las Eficiencias parciales de cada proyecto (E_{Gk}) y observar que son decrecientes en el mismo orden en que su importancia (P_{Gk}) también lo es. Finalmente también puede calcularse la Eficiencia global (E_G) resultante de todos los grupos en su conjunto, exclusivamente con fin de aportar un ratio numérico a la configuración de personal distribuidos en grupos escogida.
5. Por último, se recomienda realizar Tests sociométricos periódicamente o recoger datos parciales a medida que los proyectos se vayan terminando con la intención de mantener información actualizada para calcular la Eficiencia.

6. Referencias

- Aldefer, C.P. (1987) An intergroup perspective on group dynamics. JW. Lorsch, ed. Handbook of organizational behavior. *Prentice-Hall, Englewood Cliffs*. NJ 190-222.
- Beal, D. J., Cohen, R., Burke, M. J. & McLendon, C. L.. (2003) Cohesion and performance in groups: A meta-analytic clarification of construct relation. *Journal of Applied Psychology*. 88, 989-1004.
- Bezanilla, J.M., Miranda, A. (2008) Validez del método sociométrico. *Alternativas en psicología*. Segunda época, Año XIII, Número 19.
- Campion, M.A., Medsker, G.J., Higgs, A.C. (1993) Relations between work group characteristics and effectiveness: implications for designing effective work groups. *Personnel Psychology*. 46, 823-847.
- Cartwright, D. (1968) The nature of group cohesiveness. D. Cartwright and A. Zander, eds. Group Dynamics: Research and Theory, 3rd ed. *Tavistock Publications*. London U.K., 91-109.
- Chen, S-J, Lin, L. (2004) Modelling team member characteristics for the formation of a multifunctional team in concurrent engineering. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 51, 111-124.
- Cleese, J.. (1998) Building a successful team. *Executive Excellence*. 15, 10.

- Eisenberg, J. (2007) Group Cohesiveness, in R. F. Baumeister & K. D. Vohs (Eds.), *Encyclopaedia of Social Psychology*, 386-388. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Fitzpatrick, E.L., Askin, R.G. (2005) Forming effective worker teams with multi-functional skill requirements. *Journal of Computers & Industrial Engineering*. 48, 593-608.
- Gordon, J. R., Mondy, R. W., Sharplin, A., Premeaux, S. R. (1990) *Management and Organizational Behavior*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Guzzo, R.A., Shea, G.P. (1992) Group performance and intergroup relations in organizations. M.D. Dunnette, L.M. Hough, eds. *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, 3rd ed. *Consulting Psychologists Press*, Palo Alto, CA, 269-313.
- Hackman, J.R. (1987) The design of work teams, JW. Lorsch, ed. *Handbook of organizational behavior*. *Prentice-Hall, Englewood Cliffs*. NJ 67-102.
- Hadj-Hamou, K., Caillaud, E. (2004) Cooperative design : A framework for a competency-based approach. *5th International Conference on Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, IDMME'04*, University of Bath.
- Hirshborn, L., Gilmore, T. (1992) The new boundaries of the "Boundary-less" company. *Harvard Business Review*. 70, 104-115.
- Hlaoittinun, O., Bonjour, E., Dulmet, M. (2007) A team building approach for competency development. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. Singapur. DOI 10.1109/IEEM.2007.4419343
- Hoegl, M., Gemuenden, H.G. (2001) Teamwork quality and the success of Innovative Projects: a theoretical concept and empirical evidence. *Organization Science*. 12, 435-449.
- Hollenbeck, J. H., Scott, D., Guzzo, R. (2004) Bridging the Gap between I/O research and HR practice: improving team composition, team training and task design. *Human Resource Management*. 43, 353-366.
- Jones, D. (2001) Sociometry in team and Organisation development. *British Journal of Psychodrama and Sociodrama*. 16, 1.
- Moreno, J. L. (1961) *Fundamentos de la Sociometría*. Buenos Aires: *Paidós*.
- Piper, W., Marrache, M., Lacroix, R., Richardson, A. & Jones, B. (1983) Cohesion as a basic bond in groups. *Human Relations*. 36, 93-108.
- Tsai, H.T., Moskowitz, H., Lee, L.H. (2003) Human resource selection for software development projects using Taguchi's parameter design. *European Journal of Operational Research*. 151, 167-180.
- Tseng, T.L., Huang, C.C., Chu, H.W., Gung, R.R. (2004) Novel approach to multi-functional project team formation. *International Journal of Project Management*. 22, 147-159.
- Wiendieck, G. (1992) Teamarbeit. *Frese, Erich, eds. Handwoerterbuch der Organisation*. C.E. Poeschel Verlag, Stuttgart, Germany.
- Zakarian, A., Kusiak, A. (1999) Forming teams: an analytical approach. *IIE Transactions*. 31, 85-97.