

Capítulo 3 – Diseño de programas máster

3.1 - ¿Qué existe en la literatura actual? ¿Qué se hace?

El diseño de programas de enseñanza ha sido objeto de numerosos estudios y, como resultado, aparecen diversas publicaciones con diferentes metodologías y conclusiones respecto a la configuración de los planes de estudio.

En este documento nos centraremos en lo referente a programas de máster aunque en la mayoría de los casos los procesos utilizados y los resultados obtenidos se pueden extrapolar a enseñanzas de cualquier ámbito académico.

Comenzaremos este capítulo haciendo un repaso de la documentación existente que nos servirá para tener una idea de lo que se ha hecho hasta el momento sobre el tema. Tras este repaso, analizaremos el diseño de programas basado en mapas conceptuales y será este método sobre el que profundizaremos en el Capítulo 4 con el análisis de dos ejemplos concretos y una ampliación de dichos estudios.

Trataremos, pues, cronológicamente hablando, dos métodos desarrollados en la Universidad de Lancaster y la Universidad Técnica de Delft respectivamente. Además, mencionaremos brevemente otros casos de diferente índole como paso previo a la presentación del método elegido para nuestro estudio: mapas conceptuales.

3.1.1 - Universidad de Lancaster

Basándonos en la publicación de 1984 ([32]), vemos como el diseño curricular es una cuestión que preocupa desde hace bastante tiempo y que ha sido fruto de numerosos estudios. Comentaremos los procedimientos que se tomaron para el diseño de un currículum en ingeniería en la Universidad de Lancaster.

3.1.1.1 - Introducción

El enfoque que tomaban las carreras en los 80 era objeto de estudio y suponía una gran preocupación el hecho de que los futuros ingenieros no salieran de la universidad realmente preparados para afrontar su profesión [33]. Es por esto que muchas universidades se decidieron a modificar sus programas. Sin embargo, el gran desacuerdo que había en esta materia hizo intervenir al “*Engineering Council*” inglés para poner algo de orden en aquella situación [34] [35].

Un punto en común al que se llegó era una serie de preguntas a las que el desarrollo de un nuevo currículum en ingeniería debía responder:

- ¿Cuáles son los objetivos del curso?
- ¿Cómo está estructurado?
- ¿Qué métodos de enseñanza se van a utilizar?
- ¿Qué métodos de evaluación se llevarán a cabo?

3.1.1.2 - Contenidos

El primer paso para especificar el contenido debe ser la consideración de los objetivos generales. Éstos deben estar enfocados a una rápida incorporación al mundo laboral de los estudiantes una vez finalizados sus estudios. Pese a esto, y para ser más realistas, los objetivos suelen plantearse para los primeros cinco años posteriores al término de la carrera ya que, por ejemplo, la gestión de empresas es algo que no se trabaja en los primeros años de carrera.

Wassell [36] y Webb [37] sugerían que los cursos de ingeniería debían ser enfocados directamente a una tecnología actual, pero esto conlleva el riesgo de una pérdida de flexibilidad profesional, así que dichos aspectos debían ser tratados en un modo más amplio tanto en la teoría como en la práctica. De acuerdo a esto, se ha considerado que la especialización de un alumno debe prorrogarse lo máximo posible, típicamente en los últimos cursos de carrera. De este modo la elección será la correcta y fundamentada sobre unos conocimientos básicos sobre la ingeniería [33] [36] [39].

Es evidente que existe un salto en el modo de trabajo de los estudiantes y de los profesionales y éste es uno de los aspectos que se quiere depurar. Se pretende minimizar este salto enseñando al estudiante a trabajar en grupo, tomar decisiones y afrontar problemas [40] [41] [42] [43]. Además como complemento se plantea el desarrollo de las habilidades personales y las relaciones sociales como un marco general de competencias transversales que todo estudiante debe fortalecer [37].

Existen diferentes modelos de currículos para ingeniería. Uno de ellos, elaborado por Wassell, recoge los objetivos principales de la educación profesional, los cuales encontramos resumidos en la Tabla 3.1:

Cualidades personales	Características mentales	Aptitudes y valores	Características de personalidad	Cualidades espirituales
	Apertura	Ideas	Integridad	Apreciación
	Agilidad	Autonomía	Iniciativa	Respuesta
	Imaginación	Don de gentes	Emotividad	
Creatividad	Ideas de grupo			
Habilidades	Mentales	De información	De acción	Sociales
	Organización	Adquisición	Manuales	Cooperación
	Análisis	Grabación	Organización	Liderazgo
	Evaluación	Recordar	Toma de decisiones	Negociación
	Síntesis	Comunicación	Solución de problemas	Relación
Conocimiento	De hecho		Experimentales	
	Conceptos		Experiencia	
	Estructuras		Interiorización	
	Procedimientos		Generalización	
	Principios		Abstracción	

Tabla 3.1 – Objetivos para la educación profesional

Posterior a Wassel, y siguiendo la línea marcada por este estudio, es el trabajo del EEMTEB (Electrical & Electronic Manufactures Training & Education Board) titulado “*Recommendations for the Education Training of Professional Engineers in the Electrical/Electronics Industry*” [45], cuyas principales recomendaciones se recogen en la siguiente tabla:

Características mentales	Aptitudes y valores	Personalidad	Cualidades espirituales
Habilidades mentales	Habilidades de información	Habilidades de acción	Habilidades sociales
Pensamiento lógico y creativo	Técnicas de estudio	Solución de problemas	Cooperación
	Grabación	Técnicas de planificación	Trabajo en equipo
	Almacenamiento y recuperación	Especificación de tareas personales	
	Comunicación oral y escrita	Máquinas y herramientas	
	Programación informática	Instrumentos de medida	
Conocimientos de hecho		Conocimientos experimentales	
Ciencias de ingeniería	Ciclo de vida del producto	(Ninguno)	
Tecnología de productos	Estética		
Ingeniería práctica	Comodidad		
Ingeniería de producción	Relaciones laborales		
Teoría de medida	Contexto legal y comercial		
Calidad			

Tabla 3.2 - Análisis de las recomendaciones del EEMTEB

Este ejemplo, que observamos en la Tabla 3.2, será objeto de un estudio más detallado en el siguiente apartado. Podemos observar, de acuerdo a las tablas anteriores, cómo hay ciertas categorías que están mucho más cubiertas que otras. Por ejemplo, hay muy pocas entradas en la categoría de habilidades mentales.

La ausencia de entradas en la categoría de conocimientos experimentales refleja que, en este caso, no se le ha dado importancia como una categoría diferenciable dentro del conocimiento general. Esta ausencia de entradas también puede ser justificada perfectamente considerando que, en el desarrollo de este programa, dichos aspectos se han considerado irrelevantes.

3.1.1.3 - Estructura

Uno de los aspectos más relevantes en el diseño curricular es cómo se estructurarán los cursos para conseguir los objetivos previamente marcados. Es necesario definir el nivel de detalle hasta el que se profundizará en cada aspecto del programa. Wassell [36] define la siguiente clasificación para la profundidad de aprendizaje:

1. Conocimientos generales funcionales
2. Conocimientos de uso del sistema
3. Detalles funcionales
4. Diseño y creación

La mayoría de los autores coinciden en lo ya comentado en cuanto a la estructura de los cursos. Se contemplan unos cursos iniciales con conocimientos generales sobre la ingeniería así como conocimientos en matemáticas, física, etc. De este modo, en los últimos cursos se podrá abordar con garantías una especialización del estudiante enfocando sus conocimientos a una rama concreta de la ingeniería y basadas en las tecnologías actuales del mercado.

Como conclusión a esta publicación queremos recalcar el hecho de que sin ser planteado un método estricto de diseño curricular, sí sale a la luz la misma idea que se comentó para la DUT (Universidad Tecnológica de Delft). Esta idea propone el diseño curricular de una forma inteligente, comenzando por el planteamiento de unos objetivos generales que serán los que definan las capacidades y habilidades a desarrollar por el programa. Una vez que se tienen claros los aspectos en los que se basará el programa hay que decidir qué importancia se le dará a cada concepto y cómo se estructurará a lo largo del programa. Estas dos últimas cuestiones vuelven a resolverse del mismo modo, acudiendo a los objetivos y planteamientos iniciales.

3.1.2 - Universidad Tecnológica de Delft (DUT)

En este apartado describimos el método utilizado para el diseño del currículum en “*Systems engineering, policy analysis and management (SEPA)*” en la DUT. Nos basamos en la publicación realizada por los miembros del IEEE Pieter W. G. Bots y Willem A.H. Thissen [46]. A continuación resumiremos lo aquí expuesto.

3.1.2.1 - Introducción

Como puede verse en [48], [53] y [56] han sido desarrollados diversos programas en Ingeniería de Sistemas. Vemos como tradicionalmente el diseño del currículum ha estado ligado a intereses que no permitían abordar con transparencia los verdaderos problemas del diseño de programas.

En anteriores publicaciones [47] se reclama un enfoque más sistemático en el que un currículum de ingeniería debe ser diseñado partiendo de unos objetivos y unos requerimientos funcionales básicos. Éstas deben ser las metas que se deben perseguir y que condicionarán los contenidos y métodos de enseñanza.

No se pretende que se tome como una teoría sobre el diseño curricular sino que, como expone Hansen [51], pretendamos que los diseños se hagan de un modo inteligente.

3.1.2.2 - Problema del diseño curricular de SEPA

Este currículum fue diseñado mediante un proceso adaptativo con un enfoque “bottom up”, que dejaba demasiada libertad a los proveedores del programa. Pronto se vio que era necesario un rediseño con un enfoque “top down” que se basaría en los siguientes principios básicos:

- Formulación de objetivos
- Camino a los conocimientos y adquisición de competencias
- Elección de las técnicas educativas

3.1.2.2.1 - Formulación de objetivos

El método de diseño “top down” tratará de unir del mejor modo posible las salidas del sistema con los objetivos básicos de aprendizaje que, en el caso de la Ingeniería de Sistemas podemos enumerar como [55]:

- Hacer frente a una gran variedad de dificultades, incluyendo las interdisciplinarias, y a diversos intereses
- Desarrollar versatilidad para el análisis y la síntesis
- Mejorar la habilidad para implementar soluciones
- Adquirir el suficiente conocimiento sobre métodos de sistemas y herramientas

Además de estas características comunes en el caso de SEPA se ha hecho hincapié en el diseño de sistemas para el sector público.

3.1.2.2.2 - Camino a los conocimientos y adquisición de competencias

Una vez establecidos los objetivos hay que definir la estructura del proceso de aprendizaje.

De un modo tradicional se han estructurado con un inicio en el que se imparten las teorías y modelos básicos para, en los años finales, aplicar esas técnicas a la resolución de problemas en contextos más reales. También en los últimos años se enfatiza la dirección de proyectos y el trabajo en equipo.

Esta estructura ha sido criticada por dos aspectos básicos. Primero, porque los estudiantes tratan de ceñir los problemas planteados en la segunda fase de su educación a las técnicas de resolución básicas ya conocidas. Y segundo porque puede que resulte más motivador para el alumno estar desde el principio enfrentándose a problemas reales de su futura profesión.

3.1.2.2.3 - Elección de las técnicas educativas

Cuando las materias han sido establecidas, el diseñador del currículum debe decidir la configuración educativa más adecuada para que el estudiante desarrolle las competencias deseadas. Distinguimos 3 tipos básicos de estructura:

- Educación en análisis “duro” de sistemas [52], considerado el enfoque tradicional con teorías básicas y libros de texto.
- Educación en muestras metodológicas, que consiste en un enfoque mixto entre las clases teóricas y aplicaciones a problemas.
- Educación en gestión, donde se trabaja la dirección de proyectos y el trabajo en equipo como aspectos básicos.

Un gran problema en el diseño curricular es cómo integrar estas técnicas educativas en los cursos para maximizar los resultados.

3.1.2.3 - Modelos en diseño curricular

Como hemos visto en las secciones previas, el diseño curricular depende de numerosos factores y debe ser construido, negociado y renegociado en diversos niveles en multitud de áreas [51]. Ahora extendemos nuestros argumentos introduciendo una serie de modelos específicos [47] como herramientas para las diferentes fases del desarrollo “top down”.

3.1.2.3.1 - Definición del perfil de graduado (GPD)

El perfil de un graduado de SEPA ha sido descrito en [57] como “un ingeniero en los aspectos técnicos y conductuales con la capacidad de comunicar, organizar y tomar decisiones en ámbitos técnicos caracterizados por múltiples intereses y por el desconocimiento”.

Con esto se pretendía una definición de palabras clave y definiciones del perfil que permitan una rápida identificación de los conocimientos precisados (similar a lo realizado en Career Space).

3.1.2.3.2 - Definición de grupos de conocimiento (Knowledge Cluster Definition)

En su primera definición el currículum SEPA fue diseñado en base a tres grandes grupos de conocimientos: matemáticas, tecnologías, ciencias administrativas y su metodología. Esta clasificación sería modificada con la definición de 6 clústeres de conocimientos como vemos en la **Error! Reference source not found.:**

- Ingeniería de sistemas y políticas de análisis (SEPA)
- Política, organización y gestión (POM)
- Métodos matemáticos y herramientas (MMT)
- Sistemas industriales, energía y medio ambiente (IEE)
- Tecnologías de la información y la comunicación (ICT)
- Transporte, infraestructura y logística (TIL)

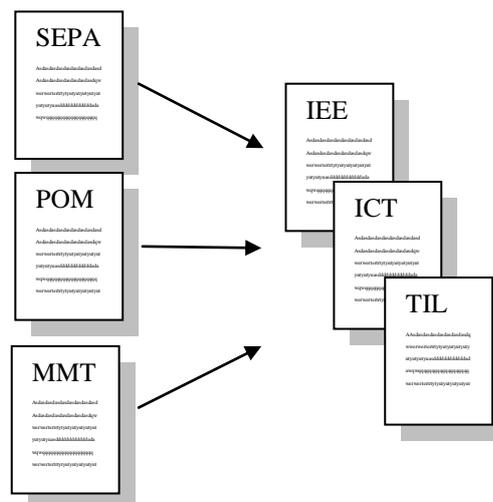


Figura 3.1- Clústeres de conocimiento en el currículum SEPA

Los tres primeros bloques sientan las bases necesarias para la profundización en el resto de bloques (de aplicación) por lo que vemos que esta definición se ajusta a un modelo clásico en el que la complejidad se va reduciendo a medida que avanza la descomposición en subsistemas. Para finalizar, aclaramos que, como el GPD, el KCD es un modelo verbal típicamente elaborado en una página de texto.

3.1.2.3.3 - Especificación del cuerpo completo de conocimiento y asignación de niveles de competencias.

En este apartado crearemos un árbol de competencias como se ve en la Figura 3.2. Esta representación, en base a la información contenida por el GPD y el KCD, contiene una información específica para cada elemento de conocimiento en base a una escala similar a la utilizada por DPMA [49]:

1. No cubierto
2. Introducido o mencionado
3. Conocimiento de la estructura y contenidos
4. Comprendido y ejemplificado
5. Comprensión detallada
6. Utilizado a nivel de análisis, síntesis y evaluación de nuevas situaciones

Una vez realizada esta asignación el currículum está totalmente especificado y los objetivos generales descritos en el GPD han sido traducidos a metas operacionales. Sin embargo, la construcción de un árbol de competencias (Figura 3.2) es algo muy complicado por la cantidad de elementos que contempla.

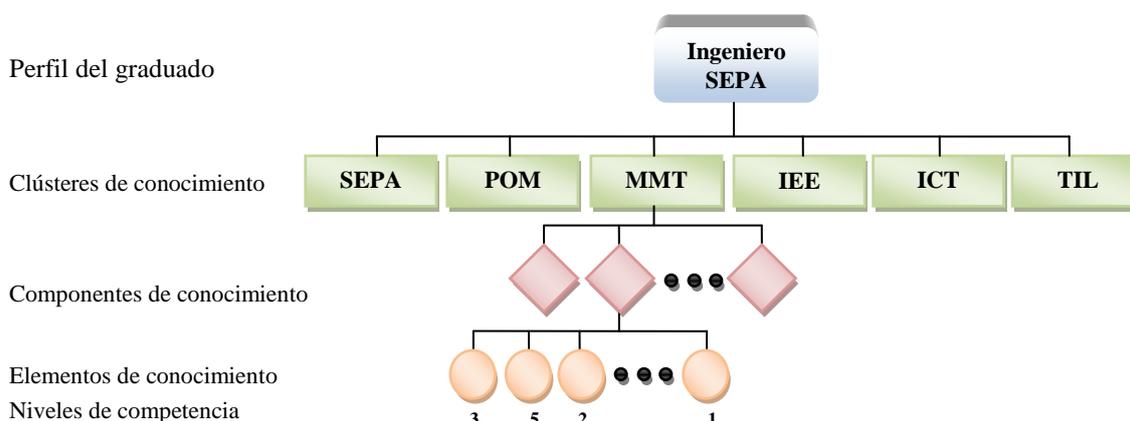


Figura 3.2 - Árbol de competencias

3.1.2.3.4 - Diseño de los cursos

Una vez definido el árbol de competencias es necesario llegar a un compromiso entre contenidos, duración y orden. La estructura puede variar por imposiciones institucionales, como la duración total del programa o el sistema de créditos.

Para realizar el diseño de los cursos en el sistema “top down” se utiliza una tabla donde se refleja el número de créditos dedicados a cada clúster de conocimientos y cada año de duración del programa. Para el programa SEPA los resultados son los mostrados en la Tabla 3.3.

Clúster	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Total
SEPA	6	3	6	3	18
POM	6	10	9	3	28
MMT	14	13	3	-	30
Específicos	6	8	8	8	28
Proyectos	10	10	10	22	52
Elección	-	-	6	6	12
	42	42	42	42	168

Tabla 3.3 - Créditos del currículum SEPA

3.1.2.3.5 - Mantenimiento

Como parte crucial para que el currículum fuera “adaptativo” se establecieron procedimientos formales de evaluación de los cursos. Tomando como referencia una descripción extendida de los cursos, éstos son evaluados sistemáticamente.

3.1.3 - Otros trabajos relacionados

En este apartado citaremos más casos de diseño de currículos en los que se podrá profundizar más acudiendo a las referencias situadas al final de este documento.

3.1.3.1 - Diseño curricular por competencias

En este documento, Rial [58] habla sobre todos los aspectos del diseño basado en competencias. Para establecer una base sólida, comienza con un profundo análisis etimológico de la palabra “competencia”, a partir del cual establecerá un desarrollo lógico en cuanto al análisis, diseño y evaluación de un programa basado en competencias.

Rial explica que la formación debe ser acorde con lo que demanda el mercado y para ello propone un diseño basado en tres fases:

- **Fase 1:** Puesta en común del léxico utilizado. El vocabulario en este aspecto es muy variado y con una unificación de criterios se conseguiría el objetivo de la unificación de mercados de trabajo.
- **Fase 2:** Construcción de un descriptivo de la unidad de trabajo. Tener claro las tareas y el contexto profesional permitirá definir, en el campo pedagógico, los objetivos de formación en términos de capacidades.
- **Fase 3:** Elaboración de un itinerario de formación enumerando las capacidades y conocimientos iniciales, la experiencia previa, la progresión, etc.

3.1.3.2 - Metodología para el diseño curricular

Este trabajo, realizado por profesores de la Universidad Ciego de Ávila de Cuba [59], propone una guía metodológica para el diseño curricular en la enseñanza superior.

Esta guía viene a recalcar lo ya comentado por otros autores en cuanto a la necesidad de realizar los programas de forma inteligente. Sin embargo, en este caso se hace especial hincapié en el análisis previo del contexto actual, el cual divide en dos aspectos claramente diferenciables:

- **Análisis del Macrocontexto:** Se considera como macrocontexto al conjunto de fuerzas de carácter económico, político, social, cultural, demográfico, jurídico y tecnológico. Se considera necesario el estudio común de todas estas categorías ya que de ellas dependerá en gran parte el tipo de profesional que necesitará la sociedad.
- **Análisis del Microcontexto:** En este caso se trata de analizar internamente la organización que desarrollará el programa. Se establece como prioritario conocer los recursos y las deficiencias de la institución para así establecer los medios que permitan cumplir los objetivos marcados.

Estos dos pasos forman parte de un análisis de la demanda que es fundamental para que el futuro programa de enseñanza responda realmente a lo que la sociedad espera de la enseñanza y de los futuros profesionales.

3.2 - Metodología basada en mapas conceptuales

Un mapa conceptual es un método de conceptualización estructurada que puede ser usado para desarrollar el marco conceptual que guíe una evaluación, un ejercicio, un plan, etc. [67], [68] y [69]

Para desarrollar un mapa conceptual se aplica un procedimiento que hace uso de rasgos cualitativos y cuantitativos. Al principio, los participantes generan información a través de una “tormenta de ideas” (brainstorming); como parte del proceso, los datos son estructurados, cuantificados y analizados usando métodos estadísticos entre los que se incluyen un escalado multidimensional y un análisis de clústeres.

Esta metodología muestra las principales categorías de ideas (identificadas estadísticamente) provenientes de lo aportado por los participantes. Cada subconjunto de ideas queda representado en clústeres sobre el mapa. Los clústeres que estén más cerca entre sí serán los más interrelacionados. En resumen, el mapa muestra la opinión de los participantes. [68]

Los pasos a seguir son [60]:

1. Selección y preparación de los participantes
2. Sesión de brainstorming (lluvia o tormenta de ideas)
3. Estructuración y valoración de los ítems identificados en el paso 2
4. Representación de los ítems en un mapa conceptual (usando un escalado multidimensional y análisis de clústeres)
5. Interpretación de los mapas resultantes

Posteriormente se debe proceder a realizar un análisis de fiabilidad del mapa obtenido.

3.2.1 - Selección y preparación de los participantes

Elegir los participantes adecuados es una de las partes más difíciles a la hora de desarrollar un mapa conceptual. Los experimentos muestran que la conceptualización es mejor cuando el proceso incluye un amplio rango de expertos. En resumen, la participación heterogénea ayuda a asegurar que sean tenidos en cuenta diferentes puntos de vista. [61]

Teniendo en cuenta anterior, puede considerarse un nivel de participación adecuado y aceptable para emplear la técnica un número entre 10 y 20 participantes, previa información de los objetivos del proceso, como recomienda Delbecq en [61].

La razón para afirmar lo dicho son:

- La participación de personas con un buen conocimiento sobre los recursos naturales y requerimientos en un contexto concreto es esencial, puesto que es la única forma de adaptar los resultados obtenidos a la realidad social del mismo.
- La participación de gente con diferentes puntos de vista cuando se diseña un currículum máster es muy importante ([62]). La percepción académica puede ser muy distinta del punto de vista empresarial. Observar el problema desde diferentes ángulos enriquece el proceso de desarrollo.

3.2.2 - Sesión de brainstorming

El siguiente paso consiste en establecer una lista de ítems relacionados con los objetivos del máster propuesto (o del perfil laboral que se pretende cubrir).

Para ello se lleva a cabo esta sesión la cual se enfoca en la *identificación de los conocimientos, habilidades y capacidades que deberían formar parte del currículum máster a estudio*. Todos ellos son considerados importantes desde el punto de vista formativo. [68]

3.2.3 - Estructuración y valoración de los ítems

Cuando un conjunto de ítems que describe el dominio conceptual del tema queda establecido, la información que debe ser proporcionada a continuación es la que trata sobre cómo están éstos relacionados y su importancia relativa en relación al tema a tratar, en nuestro caso, el máster.

Ambas tareas completan la etapa de estructuración de ítems:

- La primera tarea del grupo de trabajo es clasificar los diferentes ítems en grupos basándose en su afinidad con algún concepto relacionado. Cada uno de los participantes aplica su experiencia personal para definir el número de grupos.

Se obtiene así, de cada participante, una matriz de similitud $S_{n \times n}$ (donde n es el número de ítems) definida de forma que el valor de cada elemento (i, j) es igual a 1 si los i -ésimo y j -ésimo ítems están agrupados juntos, 0 en caso contrario.

Cada ítem sólo puede ser emplazado en un grupo. Además, todos los ítems no pueden ser reunidos en un mismo grupo, ni es posible agrupar cada ítem individualmente. Los participantes son animados a ser imaginativos.

La matriz de similitud total $T_{n \times n}$ es obtenida como resultado de la suma de todas las matrices de similitud.

$$\sum_{i=0}^p S_{i_{n \times n}} = T_{n \times n}, \quad \text{donde } \begin{cases} n = n^{\circ} \text{ de ítems} \\ p = n^{\circ} \text{ de participantes} \end{cases}$$

Ecuación 3.1 – Expresión para la obtención de matriz de similitud total

- La segunda tarea consiste en valorar cada ítem de acuerdo con su contribución a los objetivos del máster, teniendo en cuenta las conclusiones de Career Space. Cada uno es valorado siguiendo una escala Likert ([63]) con valores entre 1 y 7, considerando que 1 corresponde a ‘pequeña contribución’, 7 a ‘gran contribución’ y el resto a contribuciones intermedias.

Como ya dijimos antes, una ‘contribución nula’ no es posible, puesto que en la sesión de brainstorming se pedían de forma específica aquellos ítems que contribuyeran a obtener las metas del máster, luego todos tendrán alguna contribución. [68]

3.2.4 - Representación de los ítems en un mapa conceptual

Posteriormente, son realizados un escalado multidimensional y un análisis clúster de los datos usando MATLAB™.

El escalado multidimensional es una herramienta matemática que utiliza la proximidad entre objetos, materias o estímulos para producir una representación espacial de los ítems. Las proximidades están definidas como cualquier conjunto de números que expresa la cantidad de similitud o disimilitud entre pares de objetos, sujetos o estímulos. El objetivo de la escala multidimensional es encontrar coordenadas de puntos en un espacio p -dimensional. Así pues hay una relación sólida entre las proximidades observadas y la distancia entre los puntos. [64]

En los mapas conceptuales este escalado multidimensional genera un mapa de puntos que representa el conjunto de declaraciones hechas durante la sesión de brainstorming. Está basado en los resultados de las matrices de similitud. El enfoque más común suele determinar las coordenadas de los objetos en un proceso iterativo comúnmente conocido como el algoritmo de Shepard-Kruskal ([64]).

El escalado multidimensional lleva al analista a especificar el número de dimensiones para representar el conjunto de puntos. Si se requiere una solución unidimensional, todos los puntos se representarán sobre una única línea. Una solución bidimensional coloca el conjunto de puntos sobre un plano. El analista podría utilizar n dimensiones para ello. Sin embargo, es difícil dibujar e interpretar soluciones de tres o más dimensiones. Es por ello que en los mapas conceptuales se utilizan gráficos bidimensionales.

Se distribuyen los distintos ítem en un plano bidimensional a partir de las matrices de similitud, de manera que la distancia entre los distintos ítem es inversamente proporcional a la afinidad entre ellos, es decir, aquellos ítem situados en lugares cercanos en dicho plano bidimensional están conceptualmente más relacionados entre sí que aquellos situados en lugares lejanos del plano. Al elegir la representación en un espacio bidimensional se asume una pérdida de información aceptable, a cambio de facilitar la interpretación de los datos, [68] y [69].

Por otra parte, el análisis clúster organiza la información tomando como punto de partida la nube de puntos extraída del escalado multidimensional y no la Matriz de Similitud ([65]). Se utiliza el algoritmo de Ward para el análisis clúster porque ofrece soluciones más sensibles e interpretables que cualquier otra aproximación, [66].

Inicialmente, el análisis clúster considera cada ítem como un clúster propio, obteniéndose una solución con n clústeres. Para cada nivel de análisis, el algoritmo de Ward combina dos clústeres siguiendo una estrategia acumulativa, optimizando un estadístico dado por la suma de las distancias al cuadrado de cada elemento al centro del clúster. A medida que el algoritmo progresa, los distintos ítems se van agrupando en un menor número de clúster hasta que, al final, todos los ítems se encontrarían contenidos en un solo clúster. Lo más importante es determinar el número de clústeres a utilizar en la solución final. Para ello, se exige discreción al examinar las distintas posibles soluciones de clústeres para decidir cuál tiene sentido. Como norma se suele utilizar aquel número de clústeres que yerre por exceso, más que por defecto, es decir, es

preferible tener un número mayor de clústeres a tener un clúster que contenga conceptos heterogéneos.

Una vez llevado a cabo el escalado multidimensional y el análisis clúster, se generan un mapa de puntos y un mapa clúster. El análisis final requiere obtener las ponderaciones medias de los participantes para cada ítem y para cada clúster, los cuales generarán un mapa de puntos ponderados y un mapa de clústeres ponderado, [68] y [69].

3.2.5 - Interpretación de mapas resultantes

Un grupo de trabajo final es organizado para interpretar los mapas. Generalmente, los resultados derivados del análisis clúster son más difíciles de interpretar que aquellos provenientes del escalado multidimensional.

El análisis clúster es visto como un indicador. Por momentos, uno puede pensar en “ordenar visualmente” los clústeres en partes sensibles de forma que el espacio multidimensional pueda ser interpretado más fácilmente.

La clave está en mantener la integridad de los resultados del escalado multidimensional logrando una solución que no permita que se solapen los clústeres. Debe ser alcanzado un consenso en los nombres dados a los diferentes clústeres, partiendo de aquellos nombres dados a los grupos por los participantes [68].

3.2.6 - Análisis de fiabilidad

En los mapas conceptuales no se asume una respuesta como correcta o incorrecta. Para valorar la fiabilidad, la estructura de la matriz de datos se invierte (con respecto a la teoría tradicional) de manera que las personas se colocan como columnas y los ítems (o pares de ítem) como filas. La valoración de la fiabilidad se centra en la consistencia a través del conjunto de participantes supuestamente homogéneos en cierta medida. En este sentido es útil hablar de la fiabilidad de la matriz de similitud o la fiabilidad del mapa, pero no de la fiabilidad de las declaraciones individuales ([67]).

El producto central del proceso del mapa conceptual es el propio mapa bidimensional y, en consecuencia, los esfuerzos para comprobar la fiabilidad se dirigen a las fases centrales de análisis: estructuración y representación.

En un estudio publicado por Trochim en 1993 ([67]) se estudia la fiabilidad de los mapas conceptuales mediante seis coeficientes que pueden ser fácilmente estimados a partir de los datos disponibles de cualquier proyecto de mapa conceptual. Estos coeficientes fueron definidos y estimados para 38 proyectos de mapas conceptuales. Los resultados indican que el proceso de mapa conceptual puede ser considerado fiable de acuerdo a los estándares generalmente reconocidos para niveles aceptables de fiabilidad. Este artículo sólo consideraba la fiabilidad de los mapas conceptuales.

Todos los estimadores de fiabilidad referidos a los mapas conceptuales y utilizados en el estudio de Trochim para demostrar la fiabilidad de los mismos han de ser calculados para cada caso concreto y comparados con los resultados obtenidos en las investigaciones de Trochim (ver Tabla 3.4):

	r_{II}	r_{IT}	r_{IM}	r_{RR}	r_{SHT}	r_{SHM}
Número de proyectos	33	33	33	37	33	33
Media	0.81507	0.92965	0.86371	0.78374	0.83330	0.55172
Mediana	0.82060	0.93070	0.86280	0.82120	0.84888	0.55881
Mínimo	0.67040	0.88230	0.74030	0.42700	0.72493	0.25948
Máximo	0.93400	0.97370	0.95490	0.93540	0.93269	0.90722
Desviación típica	0.07016	0.02207	0.04771	0.12125	0.05485	0.15579

Tabla 3.4 - Estadísticos descriptivos para la estimación de la fiabilidad

Los estimadores descritos por este artículo son:

- r_{II} : Fiabilidad individuo a individuo
- r_{IT} : Fiabilidad individuo a matriz total
- r_{IM} : Fiabilidad individuo a matriz de distancias
- r_{RR} : Fiabilidad de los ratings
- r_{SHT} : Fiabilidad de las ordenaciones (matriz de similitud total)
- r_{SHM} : Fiabilidad de las ordenaciones (matrices de similitud)

La fiabilidad individuo a individuo (r_{II}) correlaciona la matriz binaria de agrupación de cada persona $S_{n \times n}$, para todos los pares de individuos, es decir, trata de ver cómo están de correlacionados las agrupaciones realizadas por los distintos participantes en el proyecto de elaboración del mapa conceptual. Se calcula hallando la media de estas correlaciones y aplicando el corrector Spearman-Brown [70],

$$r_{kk} = \frac{k \cdot \bar{r}_{ij}}{1 + (k - 1)\bar{r}_{ij}}$$

Ecuación 3.2 – Expresión del corrector Spearman-Brown

donde el significado de las variables es:

- r_{ij} : Correlación estimada a partir de los datos
- k : N/n donde N es el tamaño de la muestra total y n es el tamaño de la muestra sobre la que se basa r_{ij}
- r_{kk} : Fiabilidad estimada del corrector Spearman-Brown

La fiabilidad individuo a matriz total (r_{IT}) correlaciona la matriz binaria de agrupación de cada persona ($S_{n \times n}$) con la matriz total ($T_{n \times n}$), es decir, trata de determinar cómo se correlaciona la agrupación realizada por cada persona con todas las agrupaciones. Se calcula hallando la media de estas correlaciones y aplicándoseles, igualmente, el corrector Spearman-Brown.

La fiabilidad individuo a matriz de distancias (r_{IM}) correlaciona la matriz binaria de agrupación de cada persona ($S_{n \times n}$), con la matriz de distancias euclidiana ($D_{n \times n}$):

$$D_{ij} = \sqrt{(x_{i1} + x_{j1})^2 + (x_{i2} + x_{j2})^2}$$

Ecuación 3.3 - Matriz de distancias euclidiana

Se calcula, al igual que en el caso anterior, hallando la media de estas correlaciones y aplicando el corrector Spearman-Brown.

La fiabilidad de los ratings o ponderaciones (r_{RR}) computa las correlaciones entre las ponderaciones de cada par de personas. Se calcula hallando la media de estas correlaciones y aplicando el corrector Spearman-Brown.

La fiabilidad de las ordenaciones (r_{SHT} y r_{SHM}) divide el conjunto de agrupaciones de cada proyecto en dos mitades y computa mapas conceptuales para cada grupo (A y B). Las matrices totales, T_A y T_B , se correlacionan y se les aplica la corrección de Spearman-Brown, ya comentada, para obtener el r_{SHT} . Se correlacionan las distancias euclídeas entre todos los pares de puntos de los dos mapas, D_A y D_B , y se les aplica el corrector Spearman-Brown para obtener r_{SHM} .

En definitiva, podrá decirse que un mapa conceptual es fiable siempre y cuando los distintos indicadores de fiabilidad muestren un valor que se encuentre dentro de los límites aceptados por Trochim.