

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

**APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DESIGN STRUCTURE
MATRIX (DSM) EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DEL
SECTOR INDUSTRIAL**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE
MANUFACTURA

POR:

ALFONSO PORRAS FERRER

MONTERREY, N.L.

DICIEMBRE 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que el presente proyecto de Tesis presentado por el Ing. Alfonso Porras Ferrer sea aceptado como requisito parcial para obtener el grado académico de:

Maestro en Ciencias con especialidad en Sistemas de Manufactura

Comité de Tesis:

Dr. Adán López Miranda

Asesor

Dr. Ciro Ángel Rodríguez González

Sinodal

Dr. Dagoberto Garza Núñez

Sinodal

Aprobado:

Dr. Joaquín Acevedo Mascarúa

Director de Investigación y Posgrado

Monterrey, N.L., a Diciembre de 2008

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por permitirme vivir cada momento y guiarme en el camino de la vida.

A mis padres, Alfonso y Nora, quienes me dieron la vida, su apoyo incondicional y les debo todo lo que soy. A mis hermanas, Nora y Mercedes, que siempre me han apoyado y me motivan a seguir dando todo por ser una persona de bien.

Agradezco a mi asesor, el Dr. Adán López Miranda, por apoyarme en la realización de este proyecto.

Gracias a mis sinodales, el Dr. Ciro Rodríguez y el Dr. Dagoberto Garza, por su ayuda y tiempo para realizar este trabajo de tesis.

Gracias a las personas, miembros de las compañías, que participaron en el desarrollo del estudio de casos.

Gracias a mis amigos Aarón, Rogelio y Pablo, que me apoyaron durante la realización de la tesis.

Sinceramente,

Alfonso Porrás Ferrer

RESUMEN

La herramienta “Design Structure Matrix” (DSM) ha sido investigada y aplicada por especialistas con mayor atención a partir del inicio de la década de los noventas. Ha mostrado ser una herramienta que presenta ventajas sobre otro tipo de métodos de secuenciación de actividades principalmente en proyectos que presentan actividades iterativas. Dicha herramienta basa su secuenciación en el análisis de la estructura de información existente en los proyectos.

Sin embargo, en estudios realizados por investigadores en Administración de Proyectos se ha encontrado que la DSM aparentemente no forma parte de las herramientas utilizadas realmente por los Administradores de Proyectos del sector industrial. Así también, la DSM no ha sido incluida en las Guías de Conocimientos de instituciones internacionales que certifican en materia de Administración de Proyectos.

Con la finalidad de encontrar las razones por las cuales la DSM no es utilizada por los Administradores de Proyectos del sector industrial, se realizaron 17 estudios de casos y encuestas descriptivas con Administradores de Proyectos de 4 distintas compañías. En los casos estudiados se detectaron dos situaciones: Casos sin previo conocimiento de la DSM y por lo tanto no utilizan la herramienta, y Casos con previo conocimiento de la DSM y sin embargo actualmente no la utilizan.

Se llegó a la conclusión de que la principal razón por la cual la DSM no es utilizada en la práctica industrial podría ser el desconocimiento de la herramienta. Así también, la falta de capacitación y seguimiento en la aplicación de la DSM podría ser motivo para la suspensión de la implementación de la herramienta. Por otro lado, se considera que la DSM no viene a substituir a otras herramientas, más bien puede ser utilizada como herramienta de análisis y secuenciación para finalmente ser complementada por otro tipo de herramientas que permitan una mejor visualización de la secuencia obtenida.

Finalmente, se cree conveniente que, debido al interés mostrado por los Administradores de Proyectos participantes en el presente estudio, Instituciones como el Project Management Institute realicen estudios con el objetivo de evaluar la factibilidad de introducir a la DSM como herramienta de secuenciación de actividades dentro de sus guías de conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Definición del Problema.....	1
1.2 Pregunta de Investigación.....	1
1.3 Objetivo.....	1
1.4 Justificación de la Investigación.....	2
1.5 Metodología de la Investigación.....	2
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Naturaleza de los Proyectos de Desarrollo de Productos.....	3
2.2 Secuenciación de actividades.....	3
2.3 Intercambios de Información.....	4
2.4 Iteraciones.....	5
2.5 Métodos comunes: “Program Evaluation and Review Technique” y “Critical Path Method”.....	7
2.6 Introducción a la Matriz Estructural de Diseño.....	9
2.6.1 Ventajas y utilidad de la DSM.....	10
2.6.2 Aplicaciones Científicas e Industriales.....	12

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.1 Clasificación de la Investigación.....	16
3.2 Selección de la Metodología de Investigación.....	17
3.3 Diseño de la Metodología de Investigación.....	21
3.4 Marco para el Análisis de la Información.....	25
CAPÍTULO 4: CASOS DE ESTUDIO.....	27
4.1 Introducción.....	27
4.2 Casos estudiados en la Compañía de Consultoría.....	28
4.2.1 Compañía y sus Productos/Servicios.....	28
4.2.2 Descripción del Administrador de Proyectos.....	29
4.2.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado.....	30
4.2.4 Descripción de la aplicación práctica de la DSM.....	32
4.2.5 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM.....	38
4.3 Casos estudiados en la Compañía de Electrodomésticos.....	40
4.3.1 Compañía y sus Productos/Servicios.....	40
4.3.2 Descripción del Administrador de Proyectos.....	41
4.3.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado.....	41
4.3.4 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM.....	43

4.4 Casos estudiados en la Compañía de Sistemas Médicos.....	45
4.4.1 Compañía y sus Productos/Servicios.....	45
4.4.2 Descripción del Administrador de Proyectos.....	45
4.4.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado.....	46
4.4.4 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM.....	48
4.5 Casos estudiados en la Compañía Acerera.....	51
4.5.1 Compañía y sus Productos/Servicios.....	51
4.5.2 Descripción del Administrador de Proyectos.....	51
4.5.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado.....	53
4.5.4 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM.....	54
4.6 Análisis entre Administradores de Proyectos.....	56
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....	63
5.1 Limitaciones del Método y el Análisis.....	64
5.2 Tópicos para futuras investigaciones.....	65
ANEXOS.....	67
Anexo A. Carta de Introducción.....	67

Anexo B. Correo Electrónico.....	69
Anexo C. Protocolo del Estudio de Casos.....	70
Anexo D. Encuesta Descriptiva.....	74
Anexo E. Evidencias del Curso impartido en el MIT.....	75
Anexo F. Fragmento de una tarea del Curso impartido en el MIT.....	76
Anexo G. WBS para el Proyecto de Consultoría.....	77
Anexo H. Matriz con parámetros de salida.....	78
Anexo I. Matriz con parámetros de entrada.....	79
Anexo J. DSM del proyecto de Consultoría.....	80
Anexo K. Partición de la DSM mediante macro DSM@MIT V1.9.....	81
Anexo L. Clasificación, Construcción y Optimización de la DSM.....	82
Anexo M. Metodologías de Investigación.....	100
REFERENCIAS.....	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Comparación de DSM contra otras herramientas de secuenciación...	11
Tabla 4.1: Descripción de Casos en Compañía de Consultoría.....	30
Tabla 4.2: Descripción de Casos en Compañía de Electrodomésticos.....	41
Tabla 4.3: Descripción de Casos en Compañía de Sistemas Médicos.....	46
Tabla 4.4: Descripción de Casos en Compañía Acerera.....	52
Tabla 4.5: Análisis Comparativo.....	56
Tabla L1: Representación de Actividades (adaptado de: Oloufa et al, 2003).....	87
Tabla L2: Análisis Tradicional de la DSM (adaptado de: Yassine et al, 2000).....	94
Tabla M1: Comparación de Métodos Cuantitativos y Cualitativos (adaptado de: Gill y Johnson, 2002).....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: WBS para el Proyecto de Consultoría.....	33
Figura 4.2: Matriz con parámetros de salida.....	34
Figura 4.3: Matriz con parámetros de entrada.....	35
Figura 4.4: DSM del proyecto de Consultoría.....	36
Figura 4.5: Partición de la DSM mediante macro DSM@MIT V1.9.....	37
Figura L1: Taxonomía de la DSM (adaptado de: Browning, 2001).....	85
Figura L2: Representación en DSM (adaptado de: Oloufa et al, 2003).....	88
Figura L3: Construcción de DSM (adaptado de: Maheswari y Varghese, 2005)..	93
Figura L4: Partición de la DSM (adaptado de: Batallas y Yassine, 2004).....	97
Figura L5: Agrupación “Clustering” de la DSM (adaptado de: Batallas y Yassine, 2004).....	98

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 4.1: Conocimiento previo de la DSM.....	57
Grafica 4.2: Dificultad de la DSM.....	59

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema

Un amplio grupo de investigadores a nivel mundial, ha puesto su atención sobre el estudio y desarrollo de la Matriz Estructural de Diseño (DSM por sus siglas en inglés) como herramienta para la planeación de proyectos complejos, principalmente en el sector de Desarrollo de Productos. Se han realizado varios casos de estudio sobre aplicaciones donde se muestran las ventajas que la DSM presenta sobre métodos de uso común como PERT, CPM, Gráficos de Gantt, etc.

Sin embargo, investigaciones realizadas sobre las técnicas y herramientas más utilizadas en la Administración de Proyectos (AP) no mencionan a la DSM dentro de sus resultados. Así también, instituciones reconocidas a nivel mundial en materia certificación en AP, tampoco mencionan a la DSM como herramienta formal en el entrenamiento de todo administrador de proyectos. Entendiendo como herramienta formal, a toda aquella que se encuentre incluida dentro de las guías de conocimientos de dichas instituciones.

1.2 Pregunta de Investigación

¿Por qué la herramienta DSM, que aparentemente presenta ventajas sobre los métodos comunes de secuenciación de actividades, no es utilizada por los Administradores de Proyectos del sector Industrial?

1.3 Objetivo

Explorar y documentar las razones o motivos por los cuales la DSM no es utilizada por los Administradores de Proyectos del sector industrial, a pesar de los beneficios y actuales aplicaciones documentadas por investigadores. Si las razones o motivos encontrados son útiles y suficientes, se puede preparar el

terreno para proponer la inclusión de la DSM dentro de las Guías de Conocimiento de Instituciones Internacionales de Administración de Proyectos como herramienta básica en el entrenamiento de todo administrador de proyectos.

1.4 Justificación de la Investigación

Las herramientas de Administración de Proyectos más utilizadas presentan desventajas en cuanto a la secuenciación de las actividades. La DSM ha surgido como una herramienta que permite reducir los riesgos de retrabajo mediante una secuenciación que se basa en los flujos de información entre actividades. Explorar las razones por las cuales la DSM no es utilizada por los administradores de proyectos, permitirá definir si es posible introducir a la DSM como una herramienta básica en el entrenamiento de todo Administrador de Proyectos. De ser así, se tendrá un impacto positivo en cuanto al desempeño y capacidad de administradores para detectar situaciones que puedan comprometer el desarrollo de sus proyectos, y de esta forma lograr que los proyectos se mantengan bajo el tiempo y presupuestos acordados.

1.5 Metodología de la Investigación

La presente investigación tendrá un alcance exploratorio con un enfoque de investigación cualitativo. Con la finalidad de responder a la pregunta de investigación planteada, se aplicarán Estudios de Casos y Encuestas descriptivas. Dichas metodologías se realizarán con Administradores de Proyectos del sector Industrial.

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA Y MARCO TEÓRICO

2.1 Naturaleza de los Proyectos de Desarrollo de Productos

Actualmente el mercado industrial es tan competitivo que ha creado un ambiente altamente retador para el desarrollo de proyectos. Las compañías se encuentran bajo una creciente presión para crear y sostener una ventaja competitiva reduciendo el tiempo de desarrollo de sus productos y el costo, mientras se mantiene un alto nivel de calidad. Estas necesidades conducen a las empresas a centrarse más que nunca en la racionalización de sus procesos de desarrollo de productos (S.H. Cho y Eppinger, 2005).

Un proyecto complejo de diseño, normalmente involucra un gran número de tareas ejecutadas por una red de profesionales de varias disciplinas. Mientras la complejidad incrementa, se vuelve más difícil administrar las interacciones entre las actividades y el personal; en ocasiones puede llegar a ser imposible el predecir el impacto de una sencilla decisión de diseño en el desarrollo de todo el proceso (S.H. Cho y Eppinger, 2005).

Es de suma importancia hacer notar que en etapas tempranas donde se define el proyecto, los cambios en el mismo representan un menor problema. Si se desea terminar con prontitud y con un mínimo de errores, es necesario prestar especial atención en estas fases iniciales (Vázquez, 2004).

2.2 Secuenciación de actividades

La secuenciación de actividades es vital, particularmente en proyectos interdisciplinarios, pero a su vez es un problema sumamente retador. La importancia recae en la reducción de la duración del proceso mediante una secuenciación adecuada, la cual facilitará la culminación temprana del proyecto.

Se ha encontrado que la secuenciación de actividades, es influenciada por la dependencia de información entre las mismas (Maheswari y Varghese, 2005).

Cuando llega el tiempo de que una actividad inicie, y aún no se cuenta con la información adecuada, existen dos formas posibles de proceder (Browning, 2003):

- Esperar por la información adecuada lo cual lleva a retrasar otras actividades.
- Iniciar bajo suposiciones, lo cual generalmente conduce a la salida de información equivocada.

Uno de los retos en la planeación y secuenciación de actividades es decidir de entre las suposiciones y la correspondiente secuencia de ejecución, cuál será la que resulte en el menor riesgo de errores y retrabajo (Maheswari y Varghese, 2005).

2.3 Intercambios de Información

El intercambio de información es de suma importancia en proyectos de Desarrollo de Productos (DP) (Eppinger, 2001). DP puede ser visto como el proceso de recolección, creación, interpretación, transformación y transferencia de información (Browning, 2003). Varios investigadores están de acuerdo en que la comunicación frecuente entre los miembros de equipos de DP, es esencial para la mejora de los procesos de DP. Un mejor entendimiento de los flujos de información resultará en una administración mejorada de los procesos de desarrollo (Batallas y Yassine, 2004).

Cuando en una compañía de fabricación de componentes electrónicos los diseñadores de circuitos saben lo que los diseñadores de las carcasas están haciendo, diseñan un circuito que se adapte mejor a las dimensiones de la carcasa. Y cuando los diseñadores de las carcasas saben lo que los diseñadores

de circuitos necesitan, diseñan una carcasa donde sea más fácil instalar el circuito. Estos flujos de información permiten la experimentación e innovación, y por tal razón, varias compañías alientan la retroalimentación e iteración en sus procesos de desarrollo de productos (Eppinger, 2001).

2.4 Iteraciones

La iteración es una característica esencial de los procesos de desarrollo de productos. Es la repetición de actividades de diseño debido a la disponibilidad de información nueva y más acertada (C.H. Chen et al, 2003).

Sin embargo, el exceso de iteraciones entre actividades puede tener serios inconvenientes. Un continuo avance y retroceso del trabajo consume tiempo y recursos. Por lo tanto, varias de las iteraciones pueden resultar parcialmente benéficas o incluso todo un desperdicio (Eppinger, 2001).

Se han distinguido dos tipos de iteraciones (Browning, 2003):

- Planeadas o Anticipadas: Para mejorar la calidad del diseño.
- No planeadas o No intencionales (retrabajo): para corregir la calidad de la información y suposiciones inválidas.

Las iteraciones planeadas ocurren cuando algunas de las actividades de desarrollo son llevadas a cabo a pesar de que la información completa de la actividad predecesora no está disponible o no se conoce con certeza. Conforme esta información incierta se vaya convirtiendo en información disponible, las tareas o actividades son repetidas para verificar las estimaciones iniciales o para acercarse a las especificaciones de diseño. Un ejemplo sencillo de las iteraciones planeadas es el desarrollo de un intercambiador de calor que depende de tres variables claves: la temperatura, el flujo de calor, y el coeficiente de transferencia de calor del material. El valor de cada uno de estos parámetros depende del valor de los otros dos restantes; por lo tanto, para determinar los parámetros de diseño,

la suposición del valor inicial de alguno de los parámetros es necesaria para iniciar con el proceso. Por ejemplo, suponer el valor inicial de la temperatura nos llevará a un valor del flujo de calor, el cual nos llevará a un valor del coeficiente de transferencia de calor. Dicho valor del coeficiente de transferencia de calor nos dará un nuevo valor de la temperatura y así sucesivamente. En la ausencia de restricciones para tiempo de desarrollo y presupuesto, este proceso de iteración continuará hasta que el valor final de la temperatura converja en un valor aceptable (Yassine y Braha, 2003).

Las iteraciones planeadas generalmente son de utilidad en procesos complejos de desarrollo de productos debido a que son utilizadas para refinar diseños que evolucionan constantemente y desarrollan la innovación. Las Tecnologías de Información juegan un papel muy importante en la aceleración de estos procesos iterativos. Alternativamente, las personas involucradas en estos ciclos de iteración, pueden ser ubicadas de forma cercana entre sí durante la fase de desarrollo para facilitar los intercambios de información (Yassine y Braha, 2003). Este tipo de iteraciones producen buenos cambios ingenieriles, sin embargo deben ser administradas efectivamente (Browning, 2003).

Las iteraciones no planeadas ocurren cuando las actividades son repetidas debido a la falla inesperada del diseño en el cumplimiento de las especificaciones. Este tipo de falla ocurre típicamente durante la ejecución de las actividades de experimentación e integración, o debido a los cambios repentinos en los objetivos de diseño ocasionados por los cambios en los requerimientos o necesidades de los clientes. Identificar estas iteraciones inesperadas corresponde a identificar modos de falla potenciales en un proceso de diseño. A diferencia de las iteraciones planeadas, las iteraciones no planeadas tienen una mala connotación y los administradores típicamente tienen que evadirlas en lugar de facilitarlas. Una vez que este tipo de “malas” iteraciones es identificado, los administradores necesitan elaborar planes para reducir la probabilidad de su ocurrencia (Yassine y Braha, 2003).

En un estudio realizado por Sean Osborne en Intel, aproximadamente el 35% del tiempo total de un proyecto es debido a iteraciones con retrabajo (Browning, 2003). La identificación temprana de las iteraciones no planeadas facilita la formalización de los intercambios de información, lo cual resulta en procesos de desarrollo más robustos y con planeación y presupuestos más realistas (Yassine y Braha, 2003).

Algunas de las causas que conducen hacia iteraciones no planeadas o retrabajo son (Browning, 2003):

- Secuenciación pobre de actividades: generando información en el momento equivocado.
- Omisión de actividades: no se crea toda la información correcta.
- Comunicación pobre: no se transmite la información clara, rápida y adecuadamente.
- Cambios en las entradas: socavando los supuestos bajo los cuales las actividades crearon información.
- Errores: creación inadvertida de información deficiente.

Las iteraciones deben ser planeadas y administradas cuidadosamente. Las iteraciones planeadas deben ser promovidas, mientras que las que no son planeadas y conducen al retrabajo deben ser eliminadas. Para conseguir esto, los administradores requieren de herramientas de representación que les ayuden a identificar y modelar las iteraciones (Eppinger, 2001).

2.5 Métodos comunes: “Program Evaluation and Review Technique” y “Critical Path Method”

Debido a la gran complejidad que implican varios proyectos de ingeniería, las técnicas de Administración de Proyectos (AP) han jugado un papel vital en el desarrollo exitoso de dichos proyectos (S.H. Cho y Eppinger, 2005).

Desde la introducción de técnicas de programación de proyectos basadas en redes, tales como el Método de la Ruta Crítica mejor conocido en inglés como “Critical Path Method” (CPM) y “Program Evaluation and Review Technique” (PERT), muchos investigadores han desarrollado extensiones para agregar más capacidad a estos métodos clásicos (S.H. Cho y Eppinger, 2005). El monitoreo de proyectos por medio de programación, previsiones del tiempo posible de culminación y la evaluación de los retrasos, han sido integrados ampliamente en técnicas ya existentes (Oloufa et al, 2003). Algunos de los trabajos pioneros incluyen el uso del muestreo Monte Carlo para tener en cuenta duraciones estocásticas de actividades, una versión gráfica del PERT conocida como GPERT que permite el enrutamiento probabilístico y los lazos de retroalimentación, las relaciones generalizadas de precedencia (GPR), y varias técnicas exactas y heurísticas para el problema de programación de proyectos con restricción de recursos (S.H. Cho y Eppinger, 2005).

Para llevar a cabo la secuenciación de las actividades, herramientas como PERT y CPM, se basan en tres tipos básicos de dependencias (PMBOK, PMI 3rd Edition):

- Dependencias Obligatorias: Son dependencias que no pueden cambiar, como el erigir los muros de una casa antes de levantar el techo.
- Dependencias Discrecionales: Son dependencias que pueden ser a la discreción del administrador del proyecto o simplemente cambiar de proyecto en proyecto.
- Dependencias externas: Son dependencias que pueden estar más allá del control del administrador del proyecto.

Actualmente técnicas gráficas del flujo de trabajo como PERT y CPM siguen siendo las de uso más común. En ellas las actividades son representadas usualmente por cajas y círculos, y la secuencia es representada por medio de flechas. Por ejemplo, la representación en cajas y flechas del proceso de diseño de la suspensión de un automóvil se puede generar hasta en más de 30 páginas. Si el proyecto se compone de tareas que pueden ser realizadas en secuencia sin

temor al retrabajo, entonces se pueden generar gráficos manejables para pequeños segmentos de trabajo (Eppinger, 2001).

Sin embargo el uso de estas herramientas se complica en gran medida cuando lo que pasa en la página 60 obliga a retrabajar una actividad que se encuentra en la página 18, y por lo tanto varias de las actividades subsecuentes antes de la página 60 también tendrán que ser modificadas. Es decir que las herramientas convencionales se vuelven ineficaces en cuanto al manejo de actividades interdependientes se refiere. Es casi imposible para los administradores comprender y modificar la completa organización de un proceso como éste con el uso de técnicas convencionales de administración de proyectos (Eppinger, 2001).

Las iteraciones son una característica fundamental de proyectos complejos de diseño. No obstante, las técnicas basadas en redes de programación de proyectos mencionadas con anterioridad cuentan con capacidades muy limitadas para la modelación de las iteraciones (S.H. Cho y Eppinger, 2005). Estos métodos y técnicas presentan también debilidades en la secuenciación, así como en mostrar y controlar el desarrollo del proceso. (C.H. Chen et al, 2003). Además, no está claro si los comportamientos primarios que dichas técnicas de secuenciación son capaces de capturar (relaciones de precedencia entre actividades, restricción de recursos, duraciones estocásticas de actividades) son aquellos comportamientos realmente críticos para la administración de proyectos ingenieriles. Por tales razones varios investigadores se han enfocado hacia la modelación de métodos distintos a CPM y PERT, con la finalidad de desarrollar modelos para iteraciones en diseño y para describir mejor otros comportamientos (S.H. Cho y Eppinger, 2005).

2.6 Introducción a la Matriz Estructural de Diseño

En el año de 1967, Donald Steward concibió el concepto de Matriz Estructural de Diseño (DSM por sus siglas en inglés) mientras trabajaba en el

diseño de plantas nucleares. Steward describió la DSM como una técnica que ayuda en la definición de especificaciones para variables cuando se requieren soluciones simultáneas. En 1991, Steward publicó un artículo describiendo cómo planear un proceso de diseño mediante el análisis del flujo de la información inherente en el diseño, mostrando dónde utilizar estimaciones, iteraciones, comentarios de diseño, y cómo programar las actividades de diseño involucradas. Steward también demostró cómo el flujo de información es utilizado para la verificación y el control de cambios en los procesos de diseño (Oloufa et al., 2003). Es hasta ese entonces que el método recibe atención y se aplica al proceso de desarrollo de productos como una herramienta poderosa de administración de proyectos (Chen et al., 2003).

La DSM es una representación matricial compacta de la estructura de información de un proceso de diseño. Es un plan de diseño que muestra el orden en que las actividades se desarrollan, dónde se deben de realizar suposiciones, y qué actividades deben ser verificadas (Yassine y Withney, 2000). DSM permite a los administradores e ingenieros de proyectos representar las relaciones entre las actividades para determinar una secuenciación adecuada de las actividades (Yassine y Braha, 2003). También ha sido identificada como una herramienta potencial para modelar actividades interdependientes (Maheswari y Varghese, 2005). Para información sobre la clasificación, construcción y las técnicas de optimización de la DSM referirse al Anexo L de la presente investigación.

2.6.1 Ventajas y utilidad de la DSM

Una de las ventajas más considerables de la DSM sobre otro tipo de herramientas, es su tamaño compacto. Esto le permite brindar un “mapeo sistemático” sobre todos los elementos o actividades, el cual es fácil de leer independientemente del tamaño (Maheswari, 2005). La representación matricial es de gran utilidad para la modelación de sistemas, debido a su capacidad de

representar la ausencia o presencia de relación entre los elementos que conforman al sistema (Vázquez, 2004).

La DSM puede ser utilizada para (Eppinger, 2007):

- Modelar proyectos a nivel de actividades
- Determinar los requerimientos de información en el proceso
- Determinar los requerimientos de información entre las actividades (dependencia de información entre actividades)
- Aislar áreas del proyecto que pueden ser problemáticas y planear más acertada y específicamente.

La Tabla 2.1 presenta las principales ventajas y desventajas de la DSM contra otro tipo de herramientas de secuenciación de actividades:

Tabla 2.1: Comparación de DSM contra otras herramientas de secuenciación

DSM contra PERT/CPM/Diagramas de Bloques/Gráficos Gantt	
Ventajas	Desventajas
Se enfoca tanto en eventos (PERT) como en actividades (CPM)	No involucra las duraciones de actividades y del proyecto
Permite una visión sistémica compacta	No muestra fechas de inicio y fin de actividades/proyecto
Es posible analizar las iteraciones y eliminar o reducir su alcance	No calcula la probabilidad de cumplir las fechas planeadas
Fácilmente se pueden agregar/eliminar actividades y obtener una nueva secuencia	No identifica visualmente la ruta crítica y holguras
Se identifican fácilmente las áreas de riesgo donde se harán suposiciones	Sólo considera restricciones tipo FIN-INICIO
Permite identificar con facilidad posibles bloques técnicos para enfocar esfuerzos.	
Ayuda a identificar actividades omitidas o irrelevantes para el proyecto.	
Basa su secuenciación de actividades en el flujo de información, lo cual puede ayudar a reducir el riesgo de retrabajo.	

2.6.2 Aplicaciones Científicas e Industriales

El uso de la DSM tanto en investigación como en la práctica industrial incrementó considerablemente alrededor de los años noventas. DSM han sido aplicadas en los siguientes campos (Browning, 2001):

- Construcción
- Semiconductores
- Automotriz
- Fotográfico
- Aeroespacial
- Telecomunicaciones
- Manufactura
- Equipamiento industrial
- Industria de la electrónica

Las aplicaciones de DSM que se muestran en la literatura, han enfatizado la importancia de reordenar los elementos dentro de las matrices para establecer procesos de flujo mejorados (Yassine et al., 2000).

A continuación se enlistan aplicaciones o casos de estudio mencionados en la literatura analizada:

- Desarrollo de Cofres y Cinturones de seguridad para la industria automotriz (Ford): Ali Yassine y Daniel Whitney (2000) colaboraron con personal de la empresa Ford en aplicación de DSM, observándose mejoras en los procesos y llevando a la implementación.
- Aplicación de DSM al campo farmacológico y desarrollo de procesos: Se desarrollo una DSM para en el campo de investigación en una empresa de biotecnología, identificándose iteraciones potenciales que pudieron ser evitadas (Anshuman, 2005).

- Diseño de componentes de una torre de enfriamiento inducida: Se llevó a cabo la aplicación de DSM en un proyecto de diseño de componentes para la compañía L&T-ECC, organización líder en construcción en India (Maheswari y Varghese, 2005).
- Proceso de Diseño de un vehículo aéreo no tripulado: Aplicación de DSM en el diseño de un vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés) para una compañía aeroespacial (S.H. Cho y Eppinger, 2005).
- Diseño organizacional de la NASA: Se llevó a cabo una aplicación práctica de DSM en la formulación de Equipos Disciplinarios Integrados (IDT por sus siglas en inglés) para Sistemas de Constelaciones buscando obtener una estructura optimizada (Woodman y Bilardo, 2005).
- Procesos de Diseño en Construcción: Investigadores de la Construcción en la Universidad de Loughborough y en el Centro Técnico de Investigación de Finlandia (VTT), han demostrado por medio de casos de estudio que la DSM puede ser utilizada para encontrar mejores secuencias en los procesos de diseño de construcciones (Maheswari y Varghese, 2005).

Además de las aplicaciones mencionadas se han realizado talleres de instrucción sobre DSM, a los cuales ha asistido personal de compañías importantes como GTE, Ford, Fiat, Visteon, Scandia, Asea Brown Boveri, Lockheed-Martin, Boeing, Pratt & Whitney, Andersen Consulting (hoy Accenture) y otras más que se encuentran aplicando los conceptos de DSM, principalmente en el campo ingenieril (Steward, 2004).

En la literatura analizada, se han realizado varias aplicaciones y casos de estudio con la finalidad de demostrar que la técnica de DSM puede ser utilizada para encontrar mejores secuencias en procesos de distintos campos. Sin

embargo, a pesar de las ventajas que se han presentado a través de la literatura, aplicaciones y casos de estudio, debe mencionarse que la DSM no es formalmente utilizada por los administradores de proyectos del sector industrial.

Como investigador, se tiene una ligera inclinación a pensar que el desconocimiento de la DSM es la principal causa por la cual la herramienta no es utilizada por los Administradores de Proyectos en el sector industrial. Por tal motivo se procedió a contactar vía correo electrónico a los investigadores responsables de dichos estudios sobre las técnicas y herramientas de AP.

El primer investigador al cual se contactó fue al Dr. Claude Besner, Administrador de Proyectos Certificado e investigador en el Departamento de Administración y Tecnología de la Escuela de Negocios en la Universidad de Quebec en Montreal. El Dr. Besner es coautor del artículo titulado “An empirical investigation of Project Management Practice” (2004), y menciona que el restringir la investigación a un listado de setenta herramientas y técnicas específicas de la administración de proyectos bien conocidas, les garantizaba que el cuestionario aplicado fuese bien entendido por los practicantes. El Dr. Besner comentó que “al ser la DSM una herramienta no tan conocida, seguramente podría haber obtenido puntuaciones muy bajas”. Sin embargo, Besner menciona que existe la posibilidad de que la DSM sea incluida en la continuación de la investigación que realizaron.

Otro estudio titulado “Current Practice in Project Management, an empirical study” (2002) y del cual son autores Diana White y Joyce Fortune, tuvo como objetivo el capturar las experiencias reales de los administradores con las distintas herramientas y técnicas existentes en la administración de proyectos. A pesar de que la DSM no se encontró dentro del listado de 44 herramientas y técnicas iniciales, los autores dieron la opción a los practicantes encuestados de incluir cualquier otro tipo de herramienta o técnica que utilizaran para la administración de sus proyectos. Aún así, la DSM no fue mencionada y por lo tanto no apareció en los resultados de la investigación.

Por otro lado, Instituciones de gran importancia a nivel mundial en cuanto a la disciplina de Administración de Proyectos se refiere, como el caso del Instituto de Administración de Proyectos en Estados Unidos de América (PMI por sus siglas en inglés) y la Asociación de Administración de Proyectos del Reino Unido (APM por sus siglas en inglés), no reconocen a la DSM como una herramienta formal de AP. La DSM no es mencionada dentro de los PMBOKs (Project Management Body of Knowledge) de dichas instituciones, “manuales” de todo administrador de proyectos perteneciente a estas instituciones. En ellos, tanto el PMI como el APM abarcan las herramientas que deben ser utilizadas en el proceso de administración de cualquier proyecto.

Como objetivo de la tesis presente, estará el encontrar y documentar las razones o motivos por los cuales la DSM no es utilizada por los administradores de proyectos como una herramienta de secuenciación de actividades en proyectos industriales, a pesar de sus beneficios y actuales aplicaciones en el campo de AP. Lo anterior con la finalidad de preparar el terreno para llevar a la DSM hacia una inclusión como herramienta básica en el entrenamiento de todo administrador de proyectos.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Clasificación de la Investigación

En el problema abordado por la presente investigación, se menciona a la DSM como una herramienta que presenta ventajas sobre métodos clásicos de secuenciación de actividades, pero que aparentemente no es utilizada por administradores de proyectos en el sector industrial. La DSM tampoco es mencionada en las guías de conocimiento de asociaciones en administración de proyectos a nivel internacional.

Por tal motivo se planteó como objetivo el explorar y documentar las razones por las cuales la DSM no es utilizada por los administradores de proyectos. De esta forma, si las razones para utilizarla son válidas y suficientes, se podrá preparar el terreno para proponer la inclusión de la DSM dentro de las guías de conocimiento de institutos encargados de la certificación internacional en administración de proyectos.

Ignacio Méndez (1990) menciona que la elección del tipo de investigación está basada en función de los objetivos que se pretende alcanzar, de los recursos de que se dispone y del tipo específico de problema que se quiere abordar.

Con base en los criterios de clasificación propuestos por Ignacio Méndez (1990), la presente investigación tendrá las siguientes características:

- 1.- De acuerdo con el periodo en que se capta la información, el estudio es prospectivo.
- 2.- De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado, el estudio es transversal.
- 3.- De acuerdo con la comparación de las poblaciones, el estudio es descriptivo.
- 4.- De acuerdo con la interferencia del investigador en el fenómeno que se analiza, el estudio es observacional.

3.2 Selección de la Metodología de Investigación

A lo largo de la historia de la ciencia han surgido diversas corrientes de pensamiento tales como el empirismo, el materialismo dialéctico, el positivismo, la fenomenología, el estructuralismo, así como diversos marcos interpretativos tales como la etnografía y el constructivismo, que han originado diferentes rutas en la búsqueda del conocimiento. Sin embargo, y debido a las diferentes premisas que las sustentan, desde la segunda mitad del siglo XX tales corrientes se han polarizado en dos enfoques principales o aproximaciones al conocimiento: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo de la investigación (Hernández et al., 2006).

El enfoque cuantitativo utiliza la lógica o razonamiento deductivo (Hernández et al., 2006). En él, se parte de un marco general de referencia y se va hacia un caso en particular (Arias, 1975). La explicación deductiva consiste en comprobar si en los hechos se cumple una explicación formulada de antemano de forma especulativa. Si la explicación es cierta, entonces los hechos deberán ocurrir de tal o cual forma. Se trata de comprobar que las explicaciones de que consta una teoría formulada de forma especulativa son ciertas (Losada y López-Feal, 2003). Para mayor información sobre las características de la investigación cuantitativa referirse al Anexo M de la presente investigación.

La presente investigación se basa en una rama de las ciencias sociales, la Administración de Proyectos, cuyo objeto de estudio no puede ser tratado de forma experimental puesto que la manipulación de variables y un ambiente controlado no contribuirían con el cumplimiento de los objetivos de la investigación. Por tal motivo, toda metodología basada en la aproximación deductiva, como los Experimentos, Cuasi-Experimentos, Investigación-Acción, entre otros, serán descartadas como métodos para la presente investigación.

Es a partir de las objeciones a las implicaciones y los supuestos de esa concepción de la ciencia social particular que se plantean enfoques inductivos a la investigación.

La investigación cualitativa está basada en la explicación inductiva, la cual consiste en extrapolar una relación entre hechos descrita en una muestra de casos o individuos a la población de casos o individuos de las mismas características y en condiciones parecidas que no han sido observados. Es decir, el objetivo último de la explicación inductiva es definir constructos o términos teóricos, relacionarlos coherentemente y establecer con ello una teoría o sistema de explicaciones de los hechos (Losada y López-Feal, 2003). En contraste con la tradición deductiva, en la cual se desarrolla una estructura conceptual y teórica previo a la investigación empírica, la teoría es el resultado de la inducción (Gill y Johnson, 2002).

En la revisión bibliográfica, se ha encontrado que los métodos más utilizados en la investigación cualitativa son los siguientes:

- Etnografía,
- Observación Participante,
- Entrevista en profundidad,
- Grupos de discusión participativa,
- Análisis de Documentos,
- Estudio de casos,
- Encuestas.

En la presente investigación se han seleccionado dos metodologías de investigación, el Estudio de Casos y las Encuestas, cuyas características se describen en el presente capítulo. Para una descripción de las características de los demás métodos cualitativos referirse al Anexo M.

El Estudio de casos, es un trabajo de investigación que contribuye únicamente al conocimiento de fenómenos políticos, sociales, individuales y organizacionales. No es de sorprender que el estudio de casos haya sido la estrategia común de investigación en psicología, sociología, ciencias políticas, negocios, trabajo social y planeación. En todas estas situaciones, la necesidad distintiva por los estudios de casos surge del deseo de comprender fenómenos sociales complejos. En resumen, el estudio de caso permite una investigación para conservar el sentido holístico y características de los eventos de la vida real, como los ciclos de vida individuales, procesos organizacionales y administrativos, cambios en vecindarios, relaciones internacionales, y la maduración de las industrias (Yin, 1994).

Robert Yin (1994) menciona que la pregunta de investigación es un factor crítico para la selección de la estrategia de investigación. En el presente trabajo de investigación ha sido previamente planteada la siguiente pregunta de investigación, *¿Por qué la herramienta DSM, que aparentemente presenta ventajas sobre los métodos comunes de secuenciación de actividades, no es utilizada por los Administradores de Proyectos del sector Industrial?* Robert Yin (1994) menciona que el estudio de casos es la estrategia preferida cuando las preguntas “¿Cómo?” y “¿Porqué?” son planteadas en una investigación, así como cuando el investigador tiene poco control sobre los eventos, y cuando el enfoque es sobre fenómenos contemporáneos en un contexto de la vida real. El estudio de casos también ha sido mencionada como una estrategia favorable para estudios exploratorios, lo cual, aunado a las características mencionadas, lo convierte en la metodología adecuada para lograr responder a la pregunta de investigación y cumplir con los objetivos de la presente investigación.

Las Encuestas comúnmente están relacionadas con la metodología cuantitativa. Sin embargo autores como Gill y Johnson (2002) mencionan que las encuestas ocupan una posición intermedia entre la etnografía y la investigación experimental debido a que la forma que la encuesta adquiere difiere

considerablemente dependiendo de las intenciones y disposiciones del investigador.

Por ejemplo, en algunas ocasiones, al tomar la lógica de la experimentación fuera del laboratorio y llevarla hacia el campo para evaluar las relaciones causales, se enfatiza una orientación deductiva. Estas son conocidas como Encuestas Analíticas, las cuales reconocen su posición intermedia y su relación con la lógica de la investigación deductiva por su énfasis en la confiabilidad en la recopilación de datos y el control estadístico de las variables en lugar de los controles físicos de los laboratorios. En su intento por superar la principal debilidad percibida de los experimentos, se hace hincapié en la generalización de los resultados. Sin embargo, este tipo de encuesta no será elegido debido a su carácter deductivo antes mencionado.

Alternativamente, el uso de encuestas para explorar un área fundamental, comúnmente utilizando preguntas abiertas para recolectar la información de forma inductiva, fusiona el enfoque de las encuestas con el estilo de una investigación con orientación etnográfica, surgiendo las Encuestas Descriptivas. De hecho, el estudio de investigación puede comenzar con una investigación exploratoria no estructurada y utilizando abiertamente los métodos etnográficos. Así, la teoría se desarrolla inductivamente para más tarde someterse a prueba utilizando un cuestionario más estructurado como parte del estudio principal (Gill y Johnson, 2002).

La Encuesta Descriptiva se interesa principalmente en abordar las características particulares de una población específica de sujetos, ya sea en un punto fijo del tiempo o en tiempos que varían con propósitos comparativos. Como tales no comparten el énfasis en el control de los diseños analíticos, pero sí comparten la preocupación por garantizar una muestra representativa de la población. Se trata de garantizar que las evaluaciones posteriores de los atributos de la población sean precisos y que las conclusiones sean generalizables, en otras palabras, tienen validez poblacional (Gill y Johnson, 2002). De esta forma, la

encuesta descriptiva surge también como una estrategia apropiada para la presente investigación.

Robert Yin (1994) menciona que es posible utilizar más de una estrategia de investigación para el mismo estudio, pues estas no son mutuamente excluyentes. Sin embargo, se indica que se deben de identificar las situaciones en las cuales una estrategia presenta ventajas sobre la otra.

Para fines del presente estudio, se tomarán dos estrategias de investigación para cumplir con los objetivos planteados. La investigación iniciará utilizando el estudio de casos como estrategia principal, para finalmente complementar la investigación aplicando encuestas descriptivas a los administradores de proyectos participantes en los estudios de casos de las empresas seleccionadas.

3.3 Diseño de la Metodología de Investigación

El siguiente paso en la presente investigación consiste en el diseño de las metodologías seleccionadas, es decir, el diseño del estudio de casos y la encuesta.

Cada tipo de investigación empírica tiene un implícito, si no explícito, diseño de la investigación. En el más elemental sentido, el diseño es la secuencia lógica que conecta los datos empíricos con la pregunta de investigación inicial del estudio y, en última instancia, con sus conclusiones. Coloquialmente, un diseño de investigación es *un plan de acción para llegar de aquí a allí*, donde “aquí” puede ser definido como el conjunto inicial de preguntas a responder, y “allí” es el conjunto de conclusiones o respuestas sobre dichas preguntas. Entre “aquí” y “allí” se puede encontrar un número de pasos, incluyendo la recolección y el análisis de la información relevante. El propósito principal del diseño es el de ayudar a evitar la situación en la cual la evidencia obtenida no se relaciona con las preguntas de investigación iniciales (Yin, 1994).

En la revisión de literatura relacionada con el diseño de estudio de casos, se encontró que investigadores mencionan como importantes a distintos componentes del diseño de la investigación. El diseño del presente estudio se hará con base en los componentes encontrados como relevantes.

El primer paso consiste en la definición de la *pregunta de investigación*. Mintzberg (1979) hace notar la importancia de definir claramente la pregunta de investigación al mencionar que “no importa que tan pequeña sea nuestra muestra o cuál sea nuestro interés, siempre debemos de introducirnos en las organizaciones con un enfoque bien definido, la recolección específica de información sistemáticamente”. Es decir, la pregunta de investigación nos servirá como enfoque de la investigación, evitando que nuestro estudio divague en la inmensidad de información disponible.

En el presente estudio fue planteada la siguiente pregunta de investigación, *¿Por qué la herramienta DSM, que aparentemente presenta ventajas sobre los métodos comunes de secuenciación de actividades, no es utilizada por los Administradores de Proyectos del sector Industrial?* Es la pregunta “porqué”, la cual capta nuestro interés y nos lleva a la selección del estudio de casos como estrategia de investigación.

Robert Yin (1994) menciona que en los estudios exploratorios es necesario establecer el *propósito de la investigación*, de forma que se pueda obtener el criterio por el cual dicha exploración sea considerada exitosa. En la presente investigación se tiene como propósito el encontrar las razones por las cuáles la DSM aparentemente no es utilizada por los administradores de proyectos del sector industrial, y de ser válidas dichas razones para su aplicación, proponer su inclusión dentro de las guías de conocimiento de instituciones certificadoras en Administración de Proyectos. De esta forma se tendrá a la DSM como una herramienta básica en el entrenamiento de todo administrador de proyectos. Con la finalidad de cumplir este propósito, se desarrollará un diseño que permita

obtener las razones por las cuales aparentemente la DSM aparentemente no es utilizada por administradores de proyectos del sector industrial.

Como una guía general, la definición de la *unidad de análisis* (y por lo tanto del caso) está relacionada con la forma en que la pregunta de investigación inicial se ha formulado (Yin, 1994). Debido a que en la presente investigación se pretende encontrar las razones por las cuales la DSM aparentemente no es utilizada por los administradores de proyectos de nivel industrial, se planteará como unidad de análisis a los administradores de proyectos.

Debido a que la unidad de análisis serán los administradores de proyectos, el *escenario* tendrá que ser organizaciones en las cuales se trabaje por proyectos. Puesto que la DSM es una herramienta que presenta mayor potencial para proyectos de desarrollo de nuevos productos, se buscará aplicar el estudio en empresas que presenten proyectos con la característica de involucrar actividades iterativas como en el caso del desarrollo de nuevos productos. Tal es el caso de la aplicación de la DSM en el diseño organizacional de la NASA, buscando obtener una estructura optimizada al formular equipos disciplinarios integrados dentro de su organización (Woodman y Bilardo, 2005). Por lo tanto no se descartarán las empresas con giros distintos al desarrollo de productos.

El siguiente paso consiste en la *selección del número de casos a aplicar*. Voss (2002) menciona que mientras menor sea el número de casos seleccionado, existirá más oportunidad de profundizar en la observación. Sin embargo, la desventaja de los estudios de un sólo caso radica en la limitante para generalizar analíticamente las conclusiones. Tomando en cuenta dicha limitante, se ha optado por una metodología de “multi-casos”.

Robert Yin (1994) menciona que así como un sólo individuo puede representar un caso, la recolección de información y el estudio de varios individuos o “casos” puede ser incluida en un estudio de multi-casos. A pesar de que ésta

metodología reduce la profundidad con la cual se introduce en cada caso, permitirá obtener mayor validez al externalizar los resultados.

Voss (2002) menciona que el estudio de sólo una organización puede involucrar un número distinto de casos, pues el número de casos estudiado puede ser distinto del número de organizaciones. Así también Voss menciona que la técnica de multi-casos puede reducir la profundidad del estudio cuando los recursos son limitados, sin embargo puede aumentar la validez para externalizar los resultados y ayudar a evitar el sesgo debido al investigador.

En la literatura se menciona que los estudios de tipo multi-caso varían el número de casos entre 3 y 30. Debido a las restricciones de tiempo y recursos de la presente investigación, el objetivo planteado será aplicar un número de casos dentro de tal intervalo. Para fines de la presente investigación, los casos serán los administradores de proyectos tal y como se ha mencionado en la definición de la unidad de análisis.

El proceso para la *selección de las empresas* se basó en el método de “conveniencia”. El investigador propondrá 3 empresas, y el asesor del estudio propondrá otras 3 empresas. Se enviarán cartas solicitando acceso (carta de acceso en documentos anexos) para realizar la investigación. La aplicación de la misma se hará en una selección de las empresas que hayan decidido participar en el presente estudio.

A pesar de que las posiciones dentro de la estructura organizacional de las empresas puede variar, es importante señalar hacia quién se dirige el estudio. Con el propósito de presentar y aplicar la herramienta DSM dentro del proceso de planeación de los proyectos del sector industrial, la *posición de los participantes* constará básicamente de aquellos encargados de la planeación de las actividades a desarrollar dentro del proyecto, comúnmente llamados Administradores de Proyectos, Líderes de Proyectos o Ingenieros de Proyectos. Sin embargo, con la

finalidad de obtener la mayor cantidad de información sobre las actividades de los proyectos, será necesaria la participación de quienes estén involucrados en el desarrollo de las actividades del proyecto.

El siguiente paso es la *selección de las fuentes de información*. Para la presente investigación, la información provendrá principalmente de la triangulación entre entrevistas, revisión de documentos, observación directa, discusión abierta y la aplicación de cuestionarios y encuestas descriptivas (documentos anexados en el estudio) con la finalidad de recibir retroalimentación por parte de los participantes en el estudio.

Finalmente el paso siguiente en la investigación es preparar el *plan para recolectar la información*. Especialmente cuando se presentan investigaciones donde se aplican multi-casos, Robert Yin (1994) recomienda el uso de un instrumento llamado Protocolo de Estudio de Casos (documento anexado en el estudio), mencionando que “el protocolo contiene al instrumento y también los procedimientos y reglas generales que deben ser seguidos al utilizar el instrumento”. El protocolo es una gran táctica para aumentar la confiabilidad del estudio de caso de investigación y está destinado a guiar al investigador para llevar a cabo el estudio de caso (Yin, 1994).

3.4 Marco para el Análisis de la Información

Como ya se ha mencionado, el presente estudio comprende una investigación cualitativa basada en la explicación inductiva. Es importante recalcar que el objetivo último de la explicación inductiva es “definir constructos o términos teóricos, relacionarlos coherentemente y establecer con ello una teoría o sistema de explicaciones de los hechos” (Losada y López-Feal, 2003).

Así también se hizo saber que se utilizarán dos metodologías para la investigación, el estudio de casos y la encuesta descriptiva. Ésta última, tal y como mencionan Gill y Johnson (2002), utiliza preguntas abiertas para recolectar la información de forma inductiva, fusionando el enfoque de las encuestas con el estilo de una investigación con orientación etnográfica. Creswell (2007) menciona que la Etnografía y los Estudios de Casos presentan procedimientos de análisis de la información en común.

Para el Estudio de Casos, como en la Etnografía, el análisis de la información consiste en realizar una detallada descripción del caso y el escenario (Creswell, 2007). Además, Robert Stake (1995) menciona que en el análisis e interpretación de la información en los estudios de casos, el investigador puede establecer Patrones y encontrar correspondencia entre los casos. Finalmente, el investigador desarrolla Generalizaciones Naturalistas al analizar la información, generalizaciones por las cuales las personas pueden aprender del caso por sí mismos o aplicarlas a otras poblaciones de casos.

CAPÍTULO 4: CASOS DE ESTUDIO

4.1 Introducción

El propósito del presente capítulo es el de realizar una descripción de los 17 casos de estudio analizados en las cuatro organizaciones.

El número de casos aplicados en cada organización varía dependiendo de la disponibilidad de personal y de tiempo en la misma. El número de organizaciones en las cuales se aplicaron los casos de estudio fue de cuatro, teniendo los siguientes giros o sectores de negocio: consultoría, electrodomésticos, sistemas médicos, acerera.

La descripción de los casos de estudio será agrupada por organizaciones y tendrá la siguiente estructura. Primero se describirá la compañía y sus productos o servicios. A continuación se presentará una descripción, a manera de tabla, de los casos de estudio realizados dentro de la organización, es decir, de los administradores de proyectos de cada organización que participaron en el estudio. Posteriormente se hará una descripción de las metodologías, herramientas y técnicas utilizadas actualmente para la secuenciación de las actividades dentro de los proyectos en los cuales participan. A continuación, en caso de haberse realizado una aplicación práctica de la herramienta, ésta será descrita. Se presentará la información obtenida en campo y el análisis de los administradores de proyectos por medio de retroalimentación obtenida por las encuestas descriptivas aplicadas. Lo anterior con la finalidad de presentar los resultados y encontrar correspondencia entre los casos. Es importante mencionar que a pesar de que se presentarán gráficos y números en el análisis, la presente investigación no pretende ser estadísticamente representativa pues se trata de un estudio cualitativo y no cuantitativo.

4.2 Casos estudiados en la Compañía de Consultoría

4.2.1 Compañía y sus Productos/Servicios

La compañía se dedica a brindar soluciones industriales mediante el diseño e innovación de procesos y productos. Los principales sectores en los cuales se desempeña son la Manufactura y maquiladora, Alimentos y Salud, y el Hogar y consumo.

Es una compañía mexicana formada por personal capacitado en procesos de manufactura, diseño mecánico, pruebas de producto, y análisis de laboratorio y computacional. Cuenta con más de diez años de experiencia en el desarrollo de proyectos dentro del sector industrial.

La compañía desarrolla su trabajo mediante un sistema colaborativo. Lo anterior quiere decir que cuentan con una red de “compañías hermanas”, tal y como lo mencionó personal de la compañía, mediante la cual se busca brindar una solución integral al cliente.

Los principales servicios brindados por la compañía son:

- Diseño e Innovación de Productos:
 - Diseño bajo demanda de componentes mecánicos y equipos.
 - Mejora y rediseño de equipos
 - Diseño y fabricación de prototipos funcionales o de visualización
- Optimización de procesos en base a estudios científicos
 - Disminución de desperdicios, tiempo, consumibles, defectos
 - Mejora de procesos y calidad
 - Procesos de soldadura
- Análisis mecánico, estructural y funcional de productos
 - Cálculo de componentes mecánicos
 - Análisis de componentes y ensamblajes
 - Optimización de Productos

- Servicios de pruebas y laboratorio
 - o Análisis de fallas
 - o Pruebas de laboratorio
- Capacitación
 - o Procesos de unión y corte, soldadura, brazing.
 - o Sistemas de medición y repetitividad
 - o Herramientas Estadísticas de aseguramiento de calidad.

Los servicios brindados por la compañía abarcan desde la detección de necesidades, hasta el diseño o mejora de los procesos y productos de sus clientes. Así también realizan análisis y recomendaciones de alternativas de solución para mantener un control de costos en función de la calidad deseada por el cliente.

Personal de la compañía comentó que el modelo de trabajo que siguen, se rige mediante las siguientes cuatro etapas:

- Detección de reto o necesidad
- Análisis de alternativas
- Desarrollo de solución
- Presentación de resultados

4.2.2 Descripción del Administrador de Proyectos

Dentro de esta compañía se tuvo la oportunidad de trabajar en conjunto con el ingeniero que ocupa el cargo de Consultor Senior.

La Tabla 4.1 presenta una descripción del caso aplicado:

Tabla 4.1: Descripción de Casos en Compañía de Consultoría

Puesto	Actividades	Capacitación en AP
Consultor Senior	<ul style="list-style-type: none">- Venta de proyectos de desarrollo de tecnología.- Participación en los proyectos desde la detección de necesidades hasta la entrega del proyecto asegurando que cumpla con los términos acordados con el cliente.- Administración de los Proyectos	<ul style="list-style-type: none">- Experiencia de tres años como administrador de proyectos.- No ha sido capacitado ni certificado como administrador de proyectos.- Curso básico de MS Project.

4.2.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado

Dentro de la Compañía, el proceso de secuenciación de actividades inicia con el documento en el cual se registran los objetivos, alcances y entregables del proyecto. De esta forma elaboran una propuesta técnica y económica con la cual llevan a cabo la venta del proyecto. La programación del mismo es realizada con base en los entregables que fueron acordados en dicho documento.

Para la definición de las actividades que compondrán al proyecto, inicialmente y antes de cotejar con el cliente, se realiza una determinación de las actividades utilizando Diagramas de Bloques como herramienta. La asignación de dichas actividades es realizada en conjunto por personas del área de Diseño, Materiales y Manufactura, y Finanzas.

Para definir los requerimientos de cada actividad, siguen dos procesos distintos dependiendo de la naturaleza del proyecto. En un proyecto de análisis de proceso o producto, se realiza un proceso en “reversa”, es decir que inician considerando el objetivo final y de ahí comienzan a definir requerimientos hasta llegar a las actividades iniciales. En un proyecto de diseño a solicitud, siguen una secuencia progresiva para definir los requerimientos de las actividades. En la compañía consideran los entregables como requerimientos de las actividades y los definen con base en la experiencia.

Para llevar a cabo la secuenciación de actividades, realizan una deliberación en equipo, y en caso de ser requerido el Administrador del Proyecto realiza una asignación final sobre dicha responsabilidad.

Es importante mencionar que la empresa no cuenta con una metodología rigurosamente establecida para la planeación de sus proyectos. Así también, han mencionado que consideran que la técnica utilizada para programar sus actividades no es la más adecuada y que saben que tienen mucho por mejorar y aprender en dicho tema. Ocasionalmente utilizan una herramienta de tipo software llamada Planner 0.14.2 para llevar a cabo una representación gráfica de la secuencia del proyecto.

El problema que comúnmente se les presenta al secuenciar las actividades de sus proyectos es la incertidumbre sobre la secuenciación de las actividades que son interdependientes. Dicha incertidumbre les ha provocado recientemente que dos proyectos estuviesen fuera de control.

Por otro lado, se ha mencionado que al tener distintos tipos de proyectos, las dificultades que se presentan para planearlos son distintas. En proyectos de innovación comentan es donde más dificultades han tenido para poder detallar las actividades. En proyectos de diseño han encontrado mayor facilidad para realizar las asignaciones de las actividades. Cuando han realizado proyectos de fabricación exclusivamente, consideran que las actividades se realizan de una forma “natural”, es decir, con muy poca planeación.

En la compañía se considera que para que el proyecto les resulte exitoso debe cumplir con lo siguiente:

- Que se cumplan todos los entregables a tiempo.
- Que se cubran las expectativas financieras (utilidades)
- Que se recomiende el buen impacto del proyecto con la finalidad de adquirir nuevos clientes o tener clientes recurrentes.

4.2.4 Descripción de la aplicación práctica de la DSM

Recientemente la Compañía fue asignada para un nuevo proyecto con una Empresa Global. Hubo la oportunidad de participar con el Consultor Senior en la planeación y realizar una aplicación práctica de la DSM en dicho proyecto.

El proyecto consiste en el diseño de una nueva línea de proceso. El cliente ha encontrado una nueva forma de llevar a cabo el proceso de soldadura, lo cual le reduce el costo de fabricación. Por tal motivo, se ha solicitado el diseño de un sistema que permita utilizar la nueva técnica de soldadura. Dicho sistema incluye el diseño de la maquinaria que permitirá obtener los beneficios del nuevo proceso de soldadura.

Basados en la metodología propuesta por Maheswari en su artículo “A Structured Approach to Form Dependency Structure Matrix for Construction Projects” (2005), se inició con la definición de las actividades que compondrán al proyecto. Para definir dichas actividades se utilizó la Estructura de la División del Trabajo (EDT) para desglosar el proyecto hasta el nivel de actividades o paquetes de trabajo. La construcción de la EDT estuvo basada en los requerimientos del cliente, la documentación tecnológica y la experiencia del líder del proyecto.

La Figura 4.1 muestra, a manera de ilustración, la EDT obtenida para el proceso del diseño de la nueva línea (revisar Anexo G para una vista ampliada):

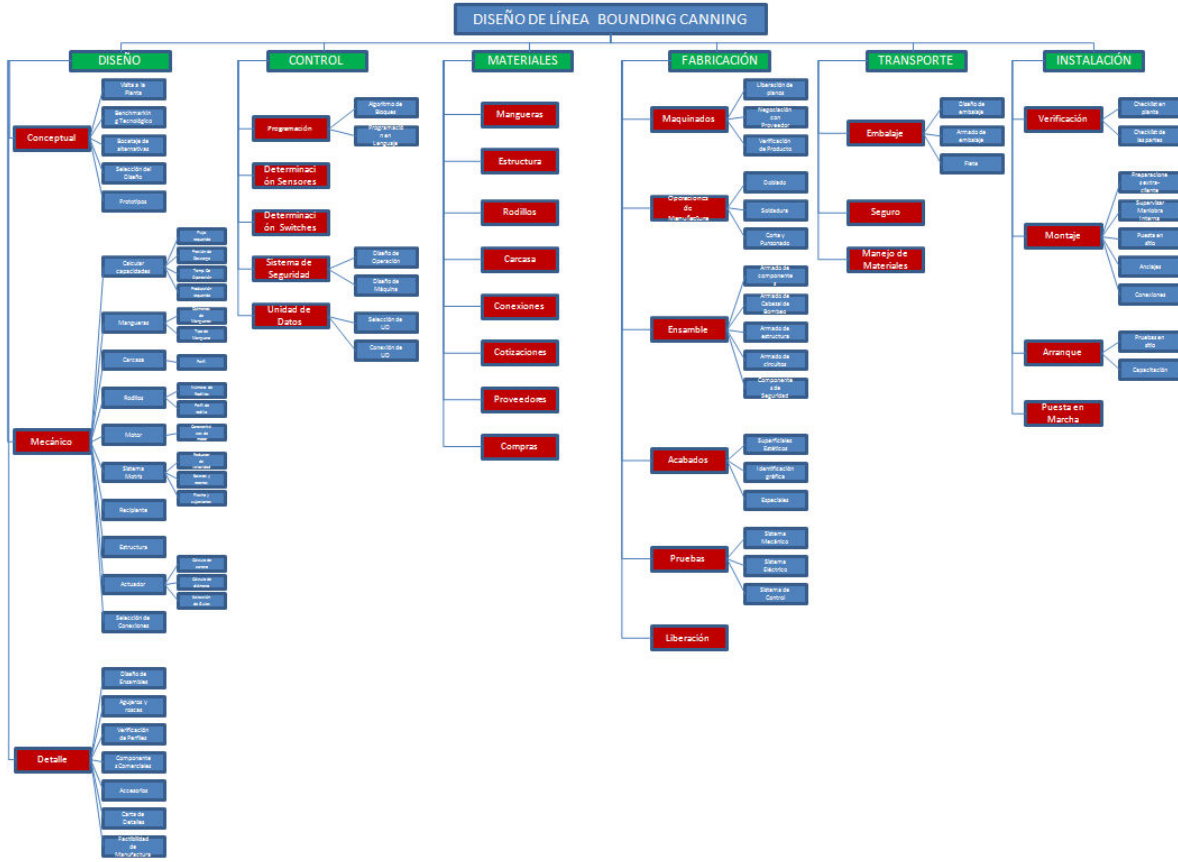


Figura 4.1: WBS para el Proyecto de Consultoría

El siguiente paso en la metodología de construcción de la DSM es el de construir un par de matrices para definir las salidas (o entregables) y entradas (o requisitos) de cada una de las actividades definidas por medio de la EDT. Lo anterior con la finalidad de definir cuáles serán las relaciones de dependencia entre las actividades del proyecto. Se empezó primero con la matriz de parámetros de salida con la finalidad de tener en mente el proceso y propósito de cada actividad.

La matriz de actividades con sus parámetros de salida resultante se presenta en la Figura 4.2 (revisar Anexo H para una vista ampliada):

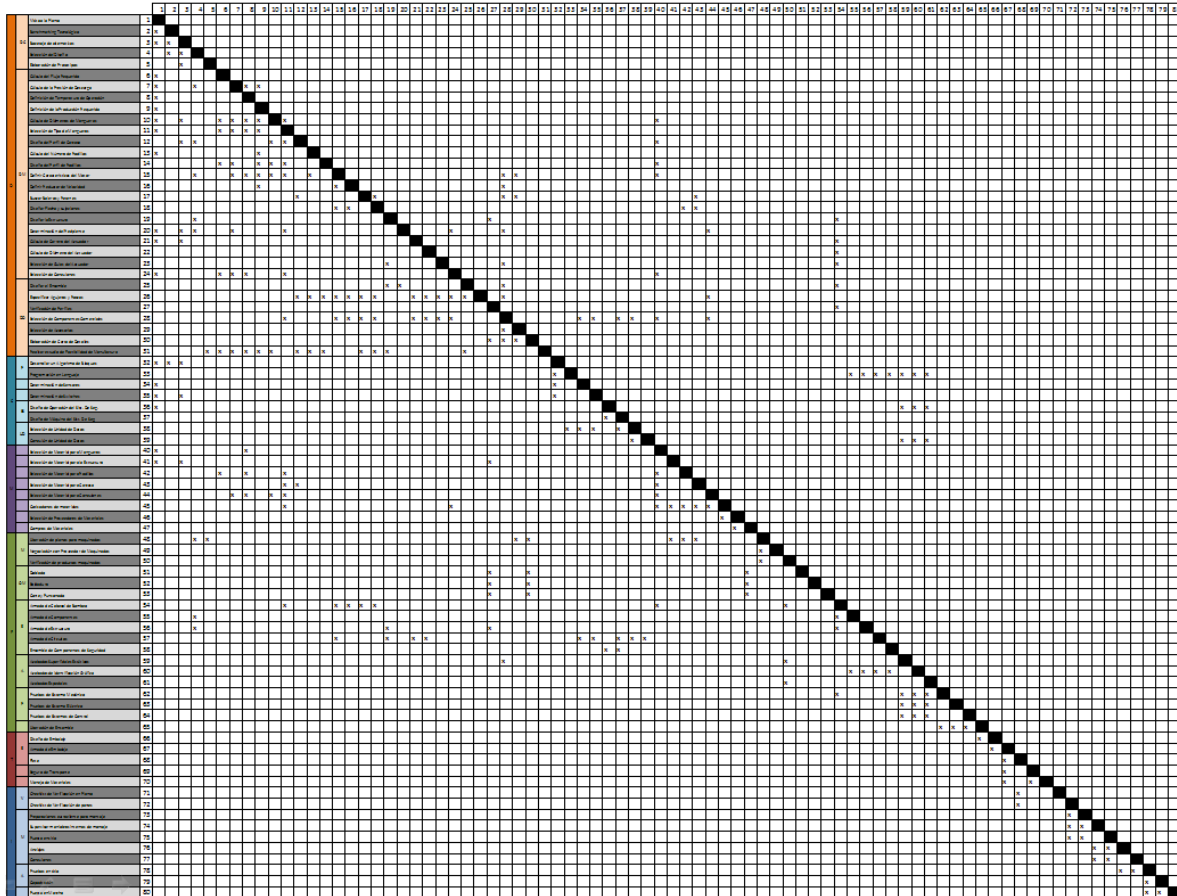


Figura 4.4: DSM del proyecto de Consultoría

En la DSM previa a su análisis, tenemos 50 marcas sobre la diagonal, lo cual nos indica que existen 50 posibles iteraciones en el proceso de desarrollo del proyecto.

El siguiente paso es el realizar el análisis y partición de la DSM. Se utilizó una aplicación en forma de macro para Excel llamada DSM@MIT Versión 1.9. Dicha aplicación fue presentada y desarrollada por Soo-Haeng Cho (2001) en el estudio de Tesis llamado “An integrated method for managing complex engineering projects using the design structure matrix and advanced simulation”.

4.2.5 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM

Tras haber aplicado cuestionarios de perfil, presentado la DSM y realizado una aplicación práctica de la misma, se procedió a la aplicación de la encuesta descriptiva.

En éste primer caso, el Administrador de Proyectos (AP) no contaba con previo conocimiento sobre la DSM. Por otro lado, ha mostrado interés sobre la herramienta y comenta que le llama la atención el hecho de poder generar modelos más simples que el diagrama de Gantt y con una visión sistémica. Así también la posibilidad de aplicación en proyectos de ingeniería fue de interés para el AP.

Al preguntar sobre si considera a la DSM como una herramienta de utilidad para sus proyectos, el AP mencionó “Una vez que domine su operación, la forma compacta de mostrar las áreas críticas y la ruta de secuencias podrán ayudarnos a generar mejor distribución en los equipos de trabajo y en las cargas de trabajo de cada uno de ellos”. Así también el AP considera que la DSM puede tener un impacto positivo en sus proyectos al ayudarlo a reducir los riesgos de desperdicio en tiempo y costos.

Sobre la dificultad encontrada para manejar y aplicar la DSM, el AP comenta que sería ideal tener un curso de capacitación sobre la DSM con la finalidad de terminar de entender todo el potencial de la herramienta. Se menciona que una vez cursada una capacitación en la DSM, no sería difícil aplicar por cuenta propia la herramienta. Además, consideran que la DSM no representa más dificultad o trabajo que el método utilizado actualmente para la secuenciación de sus actividades.

Una vez que se obtuvo retroalimentación sobre la impresión que la DSM deja en el AP, es importante saber qué tan factible es introducir la DSM en la empresa donde se aplicaron los casos de estudio. Para la Compañía de Consultoría la introducción de la DSM es considerada factible mediante la capacitación. Se menciona que existe la necesidad de realizar un control más

“serio” sobre sus proyectos, y que hasta la fecha desconocían sobre herramientas que aplicarían para el tipo de proyectos que desarrollan.

Finalmente al preguntar sobre si la DSM debería formar parte del entrenamiento de aquellos que administran los proyectos en la empresa, se comentó que “definitivamente sí, porque a la fecha desconocemos los costos totales durante el proyecto y consideramos que la DSM podría reducir el margen de error debido a malas decisiones”. Así también se consideró que quienes deberían de recibir capacitación sobre la DSM serían tanto los administradores de proyectos como los expertos de las distintas áreas de cada proyecto.

4.3 Casos estudiados en la Compañía de Electrodomésticos

4.3.1 Compañía y sus Productos/Servicios

La Compañía es líder mundial en fabricación y comercialización de electrodomésticos, con ventas anuales superiores a los \$19 mil millones de dólares y empleando a más de 73 mil empleados alrededor del mundo. La compañía cuenta con más de 72 plantas de manufactura y centros de investigación y tecnología en el mundo. Así también, presenta sus productos a los clientes a través de distintos nombres de marca en casi todos los países del mundo. La diversidad de productos que tiene la compañía abarca el cuidado de la ropa, la preparación y conservación de alimentos y la limpieza en cocina.

La compañía ha puesto especial atención al desarrollo de productos y tecnologías de información con la finalidad de brindar innovación continua a los consumidores. Prueba de lo anterior es que promueve en sus empleados el pensamiento creativo mediante entrenamientos basados en iniciativas innovadoras, lo cual le ha generado nuevas ideas, nuevos productos y servicios. Así también, se ha invertido en el rediseño de procesos de negocio, entrenamiento de cientos de empleados, creación de un sistema de administración de la innovación y en el cambio cultural dentro de la compañía. Dicho esfuerzo es el que ha logrado que en poco más de diez años la compañía haya pasado de ser líder regional, a ser el líder mundial en su negocio.

En México, la compañía recientemente culminó con la adquisición de una empresa con la cual mantenía relación desde 1987. De esta forma, la compañía tiene acceso al mercado creciente en México y extiende su capacidad exportación hacia el resto del continente.

4.3.2 Descripción del Administrador de Proyectos

En la compañía se tuvo la colaboración de dos líderes de proyectos que laboran en el Centro de Tecnología de la Compañía. Es importante mencionar que en ésta compañía ya se tenía conocimiento sobre la herramienta DSM pues hace un par de años asistieron a un curso impartido en el Instituto Tecnológico de Massachusetts por el Dr. Steven Eppinger, quien es uno de los investigadores que apoya y promueve la DSM a nivel mundial y que ha escrito varios artículos científicos relacionados con la misma.

En la Tabla 4.2 se presenta una descripción de los AP participantes:

Tabla 4.2: Descripción de Casos en Compañía de Electrodomésticos

Puesto	Actividades	Capacitación en AP
Lead Engineer & Black Belt	<ul style="list-style-type: none"> - Administración de Proyectos y Procesos de “Robust Design”. - Colaborando de principio a fin en el desarrollo de los proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 6 años como AP y de 4 años como Administrador del Proceso “Robust Design” - Obtuvo la certificación “Proficient” en AP (basada en el PMI) dentro de su Compañía.
Líder de Estructuras Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> - Consultor de Ingeniería Mecánica (Estructuras) - Administrador de Proyectos y Revisor de Diseños Estructurales. - Ingeniería Asistida por Computadora. - Revisión de las etapas de desarrollo de los proyectos hasta su implementación. - Proyectos de Calidad y Reducción de Costos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 5 años como administrador de proyectos. - No ha sido certificado como AP.

4.3.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado

El proceso de secuenciación de actividades seguido por los administradores de proyectos está basado en la segmentación de las etapas de diseño de los productos y en el establecimiento de las metas intermedias. Tal y como lo mencionó uno de los participantes, “Consiste en seguir una serie de pasos ya establecidos con entregables parciales a lo largo del proceso de desarrollo de producto”. Es importante hacer notar que en la compañía ya se tienen pre-establecidos los puntos de revisión en los proyectos.

Para la definición de las actividades en los proyectos, se mencionó que varía dependiendo del tamaño y complejidad del proyecto, pero típicamente quienes se involucran son los líderes del proyecto y la gerencia. Por su parte, el líder del proyecto será el encargado de realizar la secuenciación de las actividades.

En la definición de los requerimientos de las actividades, se apoyan en herramientas de diseño como QFD y FMEA. También se utilizan los diagramas de Gantt para la representación gráfica de sus proyectos. En cuanto al software utilizado, se comentó que no se maneja ninguno específico. Básicamente apoyan sus actividades de administración de proyectos en el uso de Excel y MS Project.

Los principales problemas a los que se enfrentan, cuando están en la etapa de secuenciación de actividades, se relacionan con la falta de información y omisión de actividades en el plan. Mencionan que debido a ello, la incertidumbre en la toma de decisiones se ha llegado a presentar.

Los administradores de proyectos mencionan que para calificar como exitoso a un proyecto se basan en el aspecto financiero y el impacto que se tenga en el mercado. Así también, consideran de gran importancia que el proyecto esté dentro del tiempo planeado y que la calidad sea la que el cliente les exige.

Se ha mencionado que hace algunos años los proyectos frecuentemente estaban fuera de tiempo y presupuestos planeados, pero que gracias a las mejoras establecidas, el aprendizaje y desarrollo de los ingenieros, se ha logrado reducir dicha situación. Es importante mencionar que a pesar de que los administradores de proyectos participantes piensan que las técnicas que utilizan para planear y programar las actividades en sus proyectos son suficientemente buenas, consideran que no son las óptimas y que podrían ser mejoradas.

4.3.4 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM

Como se mencionó previamente, los administradores de proyectos participantes en la Compañía de Electrodomésticos ya tenían un conocimiento previo sobre la herramienta DSM. Se comentó que hace 4 años aproximadamente se acudió a un seminario de Administración de Proyectos de Diseño Complejos en el Instituto Tecnológico de Massachusetts impartido por el Dr. Steven Eppinger.

Con motivo de que ya habían tenido contacto con la herramienta, se preguntó también sobre sus experiencias y aplicaciones con la misma. En la empresa aplicaron a manera de ejercicio la DSM en la planeación de un par de proyectos desarrollados hace 3 años. Al preguntar sobre los resultados, se comentó que “identificamos cuáles eran las posibles iteraciones que se tendrían que hacer en el diseño, lo cual ayudó a establecer la ruta crítica de algunos subsistemas y la liberación de las herramientas de largo plazo”. Así también nos comentaron que en general la ayuda fue conceptual, puesto que tuvieron dificultades para “manejar” un software que les ayudaría a manipular la DSM y obtener la nueva secuencia. Por lo anterior, decidieron definir la secuenciación con base en su experiencia y a métodos internos de la compañía.

Por otro lado, se comentó que consideran que lo interesante de la DSM es que les ayudó a entender que el diseño no debe ser planeado con base en “tareas cronológicas”, sino que la planeación debe considerar las iteraciones para de esta forma poder lograr el propósito del diseño en primera instancia. También comentan que es de llamar la atención que la DSM puede ayudarlos en distintos procesos y no sólo en los referidos al diseño.

Es importante mencionar que consideran que el error está en pensar que la herramienta es “mágica”. Comentan que “necesitas sólido conocimiento del diseño, fundamentos técnicos y entender las bases de la Administración de Proyectos para entonces alimentar con información de calidad a la DSM y de esta forma el resultado sea una secuencia que trace la verdadera ruta crítica”.

Al preguntar sobre la utilidad de la DSM dentro de los proyectos de su compañía, comentaron que consideran a la herramienta como útil puesto que se dedican principalmente al diseño e ingeniería de producto y por lo tanto sus planes “necesitan al menos la filosofía o el concepto de iteraciones de diseño y secuenciación de actividades”. De esta forma consideran se puede “ayudar a los ingenieros a visualizar las implicaciones del diseño e identificar los riesgos”. Comentan que la DSM podría serles de utilidad también debido a la complejidad y variedad de los proyectos que desarrollan. De esta forma consideran un impacto positivo al permitirles identificar la ruta crítica de sus proyectos, obtener una mejor organización de los mismos y ser más eficientes en la toma de decisiones.

Por otro lado, los Administradores de Proyectos de la compañía no consideran a la DSM como una herramienta difícil de manejar y aplicar en sus proyectos. Sin embargo, mencionan que “se necesita que el ingeniero que planea las actividades tenga la suficiente experiencia para que se tomen todas las consideraciones necesarias”. Así también comentan que “el reto es entender el concepto y luego aplicarlo en el trabajo diario de planeación del diseño”.

Sobre la factibilidad de introducir a la DSM como una herramienta para los proyectos de su compañía, comentan que podría existir una resistencia al cambio, sin embargo, mencionan que si se promueve su uso y se muestran resultados positivos se facilitaría la adopción de la herramienta dentro de la empresa.

Finalmente se comentó que sería benéfico el introducir a la DSM en la capacitación de los administradores de proyectos, y mencionan que con especial atención para los Líderes Técnicos de Proyectos y “Program Managers”.

4.4 Casos estudiados en la Compañía de Sistemas Médicos

4.4.1 Compañía y sus Productos/Servicios

Durante más de un siglo, la Compañía se ha dedicado a proporcionar tecnologías médicas con la finalidad de propiciar el avance tecnológico en la atención médica. La experiencia de la Compañía en el diagnóstico por imágenes, tecnología informática, diagnóstico médico, sistemas de monitorización de pacientes, investigación de enfermedades, descubrimiento y desarrollo de medicinas y productos biofarmacéuticos, está dedicada a detectar las enfermedades en una fase precoz, y tratar de una manera más eficaz, con terapias diseñadas a la medida de cada paciente. Así también, la Compañía ofrece un amplio campo de servicios para mejorar la productividad en el cuidado de la salud, proporcionando un mejor diagnóstico y tratamiento a los pacientes.

La Compañía es un motor de crecimiento internacional con una facturación de 15 mil millones de dólares estadounidenses. Representa una gran promesa para los pacientes, clientes, empleados y accionistas.

Actualmente la Compañía tiene presencia en más de 100 países y con más de 45 mil empleados. Específicamente en Monterrey, N.L, México, se tiene un Centro de Ingeniería y Manufactura cuyo producto principal es el diseño y fabricación de equipos de resonancia magnética.

4.4.2 Descripción del Administrador de Proyectos

En la Compañía se tuvo la oportunidad de contar con la participación de 8 miembros que fungen como líderes de proyectos en distintas áreas como diseño mecánico y eléctrico, abastecimiento, compras, etc.

La Tabla 4.3 presenta el perfil de los participantes:

Tabla 4.3: Descripción de Casos en Compañía de Sistemas Médicos

Puesto	Actividades	Capacitación en AP
Ingeniero de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Participación en actividades de diseño, calidad y proyectos. - Definición de los requerimientos al inicio de los proyectos - Validación del proyecto en su culminación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 6 años como administrador de proyectos. - Ha sido capacitado en AP, sin embargo no se ha certificado como tal.
Líder de Proyectos de Nuevos Productos	<ul style="list-style-type: none"> - Ingeniería de diseño para resonancia magnética. - Participación en todas las etapas del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 4 años como administrador de proyectos. - Ha sido capacitado en AP, sin embargo no se ha certificado como tal.
Líder Regional de Abastecimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Sus actividades se basan en la toma de decisiones desde la conceptualización del proyecto hasta la ejecución y vida útil del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 7 años como administrador de proyectos. - Ha sido capacitado en AP, sin embargo no se ha certificado como tal.
Comprador	<ul style="list-style-type: none"> - Administración de proyectos de transferencia - Negociaciones - Desarrollo de proveedores - Contratos - Compra de partes de fabricación y maquinados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 2 años como administrador de proyectos. - Ha sido capacitado en AP, sin embargo no se ha certificado como tal.
Ingeniero de Diseño y Desarrollo X-Ray	<ul style="list-style-type: none"> - Planeación de actividades de verificación/validación - Ejecución del proyecto y transferencia de producto a manufactura. - Diseño de tarjetas electrónicas (Lead System Designer) 	<ul style="list-style-type: none"> - No ha sido capacitado ni certificado en temas de administración de proyectos.
Ingeniero Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Proyectos de Diseño, Calidad y Productividad. - Desde la especificación del diseño hasta la validación del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiencia de 2 años como administrador de proyectos. - Ha sido capacitado en AP, sin embargo no se ha certificado como tal.
Especialista de Compras	<ul style="list-style-type: none"> - Planeación y desarrollo de proveedores de la industria metal mecánica - Sus actividades van desde el desarrollo de prototipos y sugerencias de rediseño, hasta la estabilización de la producción. 	<ul style="list-style-type: none"> - No ha sido capacitado ni certificado en temas de administración de proyectos.
Ingeniero Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Sus responsabilidades inician con la asignación del proyecto. - Diseño electrónico 	<ul style="list-style-type: none"> - Ha sido capacitado en manejo de software de Administración de Proyectos, sin embargo no se ha certificado.

4.4.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado

Para la secuenciación de las actividades, los Administradores de Proyectos se basan principalmente en una metodología interna desarrollada por la compañía. Dicha metodología se desarrolla en cuatro etapas una vez aprobado el proyecto. Además, la metodología interna es apoyada por otro tipo de herramientas como

bussiness case, ruta crítica, Gantt charts y aplicaciones de software como MS Project, Excel, Visio, Open Project y un sistema interno llamado eNPI.

Con respecto a la percepción sobre proceso de secuenciación de actividades en la compañía, la mayoría de los casos presentó comentarios sobre varias oportunidades de mejora. En general, la herramienta interna es considerada como burocrática, poco práctica y poco estructurada. Tal y como comenta un participante “siempre estamos de prisa y en general la planeación podría ser mejor”. Lo anterior los ha llevado a tener proyectos que no cumplen con los tiempos planeados.

Por otro lado, en la compañía se comentó que la comunicación entre departamentos es buena y por lo tanto las reuniones de equipos de trabajo son comunes. De esta forma la definición de las actividades a realizar en los proyectos se facilita, participando principalmente los líderes de áreas y proyectos, gerentes y el equipo de trabajo, quienes se basan en la experiencia para definir los requerimientos de las actividades. Finalmente la tarea de llevar a cabo la secuenciación de las actividades recae en la responsabilidad del líder del proyecto.

Los Administradores de Proyectos mencionan que las dificultades más comunes que se les han presentado en la secuenciación de actividades son:

- Definición sobre cuáles actividades son críticas y repetitivas
- El tiempo de planeación no es adecuado
- Diferencias de prioridades sobre los proyectos
- Imprevistos fuera del alcance de la empresa
- Conflicto de recursos

Por tales dificultades, las participantes consideran que a pesar de tener una metodología interna desarrollada por la compañía, las oportunidades de mejora son varias.

Finalmente se comentó que en la Compañía se califican como exitosos aquellos proyectos que cumplen con los objetivos de costo, tiempo y calidad.

4.4.4 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM

En la Compañía de Sistemas Médicos ninguno de los casos de estudio contaba con previo conocimiento sobre la DSM. Una vez aplicado el estudio en la compañía, la respuesta sobre la DSM fue positiva en general.

Para los AP la DSM les pareció una herramienta interesante, donde lo que más les llamó la atención sobre la misma fue:

- La posibilidad de disminuir el número y alcance de las iteraciones
- El poder reajustar la secuencia de las actividades o tareas
- Tener un enfoque diferente para secuenciar las actividades
- La capacidad de tomar decisiones con base en prioridades y la oportunidad de mejorar la secuencia de las tareas
- La visión sistémica de la secuencia apropiada de las actividades
- Una manera gráfica de visualizar las interrelaciones en las tareas
- La posibilidad de aplicación en proyectos de diferentes ramas
- Poder utilizarla como paso previo al uso del MS Project

Sobre la utilidad que la DSM puede representar para su trabajo y su Compañía, se menciona que actualmente varios de sus procesos están regidos por procedimientos burocráticos e ineficientes, por lo que ven a la DSM como una herramienta que les puede ayudar a realizar los proyectos de una forma más práctica. También se ha mencionado que debido a la naturaleza de los proyectos que maneja la compañía, la DSM los podría ayudar a optimizar el tiempo de culminación de los mismos y a tener un uso más eficiente de sus recursos.

Al preguntarles sobre el impacto que la DSM podría tener dentro de su empresa, los AP visualizaron positivamente los siguientes puntos:

- Mejor planeación para los proyectos
- Positivo para la administración de proyectos de transferencia de piezas entre proveedores
- Reducción del tiempo de desarrollo de proyectos
- Optimizar el tiempo de actividades
- Una correcta planeación de actividades y definición de los recursos necesarios para la ejecución a tiempo de los proyectos
- Reducción de los retrasos
- Cumplimiento de las fechas planeadas en los proyectos
- Identificación de las actividades interrelacionadas
- Secuencias cuyas fallas e iteraciones tengan un menor impacto en la ejecución del proyecto

Por otro lado, los AP consideran que la DSM no es una herramienta difícil de manejar y aplicar en los proyectos. Sin embargo consideran que es muy dependiente de la experiencia de quien la utilice, ya la rotación de personal podría provocar la pérdida de la experiencia dentro de la empresa. Así también, resaltan que en los proyectos que desarrollan también van aprendiendo “sobre la marcha”, por lo que en ocasiones surgen imprevistos que cambian al proyecto y consideran un tanto difícil el poder contemplar desde un inicio todo lo que el proyecto requiera. Una vez tocado el punto anterior, se les explicó también la posibilidad de agregar actividades emergentes dentro de la DSM y la posibilidad de introducirlas fácilmente en el manejo de la matriz. Con base en lo anterior, los AP concordaron en que la DSM podría ser muy aplicable en sus proyectos puesto que comúnmente presentan “zigzag” o iteraciones entre sus actividades.

Sobre la introducción de la DSM en su compañía, mencionan que podría existir un poco de resistencia al cambio puesto que ellos ya son proporcionados con metodologías internas de trabajo. Sin embargo, debido a la necesidad que presentan de mejorar la planeación de sus proyectos y a la relación que existe entre las cualidades de la DSM y la naturaleza de sus proyectos, consideran que sería muy interesante el probar la herramienta con algún proyecto específico, tal

vez pequeño, y evaluar la eficiencia de la herramienta. Lo anterior facilitaría la integración de la DSM como herramienta en el desarrollo de sus proyectos.

Consideran que sería benéfico que los Gerentes y Líderes e Integradores de Proyectos pudiesen capacitarse en el manejo de la DSM. Sin embargo, no descartan la idea de que todos aquellos miembros de equipos de proyectos tuviesen conocimientos sobre la DSM, puesto que en la planeación de los proyectos requieren retroalimentación de todo el equipo.

4.5 Casos estudiados en la Compañía Acerera

4.5.1 Compañía y sus Productos/Servicios

Es una empresa productora de aceros planos y largos con centros productivos localizados en Argentina, México, Estados Unidos y Guatemala. Es líder en el mercado latinoamericano con procesos integrados para la fabricación de acero y derivados.

Con un volumen de ventas aproximadas de más de 8 millones de toneladas, la Compañía es el mayor fabricante de productos terminados de acero en América Latina. Su modelo de gestión se asienta en el desarrollo de bases productivas para consolidar la eficiencia y sinergia de sus procesos, fabricando productos de alto valor agregado y apostando al crecimiento de los países y los mercados en donde opera.

La Compañía en México es un complejo siderúrgico altamente integrado en su cadena de valor. Sus actividades abarcan desde la extracción de mineral de hierro en sus propias minas y la fabricación de acero, hasta la elaboración de productos terminados de alto valor agregado y su distribución.

La Compañía desarrolla sus actividades industriales en todo el territorio mexicano. Es propietario y copropietario de compañías mineras que poseen plantas de peletización y minas de hierro. Posee también dos plantas productoras de productos largos; dos plantas productoras de aceros planos; cuatro plantas de recubiertos; centros de servicio y centros de distribución en las principales ciudades de México.

4.5.2 Descripción del Administrador de Proyectos

Se tuvo la oportunidad de contar con 6 participantes en la Compañía, quienes administran y lideran proyectos de distintas áreas como automatización, recubiertos, inversiones, ingeniería, etc.

La Tabla 4.4 presenta una descripción de los casos estudiados:

Tabla 4.4: Descripción de Casos en Compañía Acerera

Puesto	Actividades	Capacitación en AP
Gerente de Proyectos Recubiertos	<ul style="list-style-type: none"> - Dirigir los procesos de administración de proyectos y sus áreas de conocimiento para la instalación de líneas productivas e infraestructura de procesamiento de acero recubierto. - Distribución y balanceo de recursos - Supervisión del desarrollo de presupuestos, programas y procuración - Monitoreo, pronóstico y reporte de resultados - Promoción de acciones para asegurar los resultados. - Su participación en proyectos abarca desde la etapa conceptual previa a la autorización, hasta la entrega del proyecto materializado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con 12 años de experiencia como AP. - Ha sido capacitado en temas de administración de proyectos. - Cuenta con certificación como AP por parte del Tecnológico de Monterrey.
Líder de Proyectos en Automatización	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación y administración de proyectos. - Su participación inicia con la ingeniería conceptual del proyecto y termina con el cierre del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con 5 años de experiencia como AP. - Ha sido capacitado en temas de administración de proyectos, sin embargo no cuenta con la certificación como tal.
Líder de Control de Inversiones	<ul style="list-style-type: none"> - Control de presupuestos en proyectos de inversión y monitoreo de flujos - Su participación en proyectos inicia con las actividades de generación de erogaciones y culmina con el cierre del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con más de 10 años de experiencia como AP. - Ha sido capacitado en temas de administración de proyectos. - Cuenta con certificación como AP por parte del Tecnológico de Monterrey.
Líder de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Conceptualización de proyectos, Especificaciones, Compras, Administración del costo-tiempo del proyecto, Ingeniería de instalación, Construcción, Puesta en marcha. - En general sus actividades van desde el estudio conceptual del proyecto y su detección de necesidades, hasta la puesta en marcha. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con más de 10 años de experiencia como AP. - Ha sido capacitado en temas de administración de proyectos. - Cuenta con certificación como AP por parte del Tecnológico de Monterrey.
Líder de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Ejecución y control de proyectos de inversión - Administración de los recursos económicos y humanos en los proyectos - Su participación inicia con el estudio y análisis para determinar el presupuesto y programa de ejecución de la inversión, y termina con la entrega del proyecto operando. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con más de 30 años de experiencia como AP. - Ha sido capacitado en temas de administración de proyectos. - Cuenta con certificación como AP por parte del Tecnológico de Monterrey.
Ingeniero de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Su participación abarca el desarrollo de proyectos de ingeniería desde su concepción hasta la puesta en marcha. - Elaboración del formato de autorización de inversiones del proyecto. - Elaborar programa de actividades. - Elaborar especificaciones de equipos - Revisión de ingenierías - Compras de materiales - Especificación y supervisión de la ejecución - Control de presupuesto y flujos. - Supervisar el comisionamiento y puesta en marcha - Entrega a cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenta con 3 años de experiencia como AP. - Ha sido capacitado en temas de administración de proyectos. - Cuenta con certificación como AP por parte del Tecnológico de Monterrey.

4.5.3 Proceso de Secuenciación de Actividades utilizado

Al realizar los casos de estudio con los Administradores de Proyectos de la compañía acerera se tuvo la impresión de que la planeación de los proyectos sigue un proceso más estructurado. La secuenciación de las actividades está correctamente contemplada dentro del proceso de planeación de proyectos, el cual tiene la siguiente estructura:

- Planeación del alcance del proyecto
- Desglose estructurado del trabajo
- Definición de la secuencia de ejecución de cada actividad y evento
- Establecimiento de relaciones de dependencia entre actividades y eventos
- Análisis de tiempos y recursos
- Estimación de duraciones más probables de las actividades

Los líderes de proyectos realizan la secuenciación de las actividades con base en herramientas como los diagramas de Gantt, método de la ruta crítica y estructura de la división del trabajo. Así también, se apoyan en el uso de aplicaciones de software como MS Project y MS Excel.

La definición de los requerimientos y entregables de cada una de las actividades está basada en la experiencia para definir los “eventos” de las actividades. Tal y como mencionan los participantes “Normalmente partimos de un objetivo del proyecto, del cual de acuerdo a nuestra experiencia generamos un WBS para que partiendo de él generamos entradas y entregables ó salidas”. Los principales responsables de realizar tal tarea son los líderes de proyectos, quienes en conjunto con su equipo y en ocasiones el cliente llevan a cabo la definición de actividades con sus “entradas” y “salidas”.

Los problemas más comunes que se les han presentado al secuenciar sus actividades están relacionados con las interferencias con producción y mantenimiento. Los participantes mencionan que “Cuando el proyecto tiene

interferencias que están atadas a la liberación de gente de producción ó de mantenimiento normalmente se generan grandes retrasos no visualizados en el inicio, al igual que el incumplimiento de los proveedores de equipos principales”. Así también han mencionado tener dificultad al determinar las precedencias y duraciones de actividades, así como la omisión de ellas también.

A pesar de que los participantes, en general, consideran que la metodología empleada para secuencias las actividades es adecuada, también comentan que alrededor del 50% de sus proyectos están fuera de costo y tiempo, parámetros utilizados para considerar exitoso al proyecto.

4.5.4 Análisis y Retroalimentación sobre la DSM

En los casos estudiados la mayoría de los AP participantes ya cuentan con capacitación y alguna certificación en Administración de Proyectos. Con ese conocimiento previo, encontraron con gran interés a la DSM, de la cual no tenían conocimiento alguno, y mencionaron los siguientes puntos dentro de lo que más les llamó la atención:

- La posibilidad de optimizar la secuencia de actividades de diseño y construcción
- Otra forma de ver y generar la dependencia de actividades
- La posibilidad de identificar y asilar el grupo de actividades que pueden generar retraso en la terminación de un proyecto
- La manera de definición de entradas y salidas para formar la matriz
- Una herramienta de apoyo en el análisis de actividades y su secuenciación
- La simplicidad y posibilidad de visualizar todo el proyecto en un “bloque”

Los participantes consideran que la DSM podría ser de utilidad en sus proyectos puesto que les permitiría clarificar las interdependencias y les aseguraría obtener una secuencia optimizada sobre todo en aquellos proyectos

con alta presencia de actividades iterativas como en Desarrollo de Nuevos Productos y Construcción. También mencionan que la DSM sería útil puesto que “ya desde la etapa de planeación se podría minimizar el riesgo de omitir actividades”.

Los principales impactos que los AP visualizan al aplicar la DSM serían en:

- Optimización de recursos
- Minimizar el tiempo de desarrollo del proyecto
- Cumplimiento de costos y tiempos
- Precisión en los tiempos de paro de línea
- Documentar las interdependencias de información

En cuanto al manejo de la DSM, los AP consideran que no es una herramienta difícil de aplicar, pero sí tendrían que ser cuidadosos para aplicarla en los proyectos adecuados. Así también consideran positivo el hecho de que la DSM se puede relacionar con metodologías y herramientas como la Estructura de la División del Trabajo (EDT), lo cual facilita la aplicación de la DSM puesto que ya están familiarizados con dichas herramientas.

Sobre la adopción de la DSM como herramienta para la administración de proyectos, los AP consideran factible el introducirla dentro de las herramientas de los administradores de proyectos, pero a su vez consideran un tanto complicado el introducirla a un nivel organizacional puesto que se encuentran en un sector industrial tradicionalista donde todavía no se tiene una cultura de administración de proyectos. Sin embargo, los AP consideran que la DSM sí debería formar parte del entrenamiento de los administradores de proyectos debido a su utilidad y también como una forma de reducir dicha resistencia al cambio.

Finalmente consideran crítico y factible que quienes se reúnan en la definición de las actividades del proyecto y su secuenciación, sean los administradores de proyectos y los expertos de cada área de los proyectos, y por lo tanto sean ellos quienes se capaciten en el manejo de la DSM.

4.6 Análisis entre Administradores de Proyectos

La Tabla 4.5 muestra las principales limitantes y ventajas sobre la DSM observadas por los Administradores de Proyectos. El comparativo se divide entre quienes ya tenían un conocimiento previo de la DSM y quienes no lo tenían.

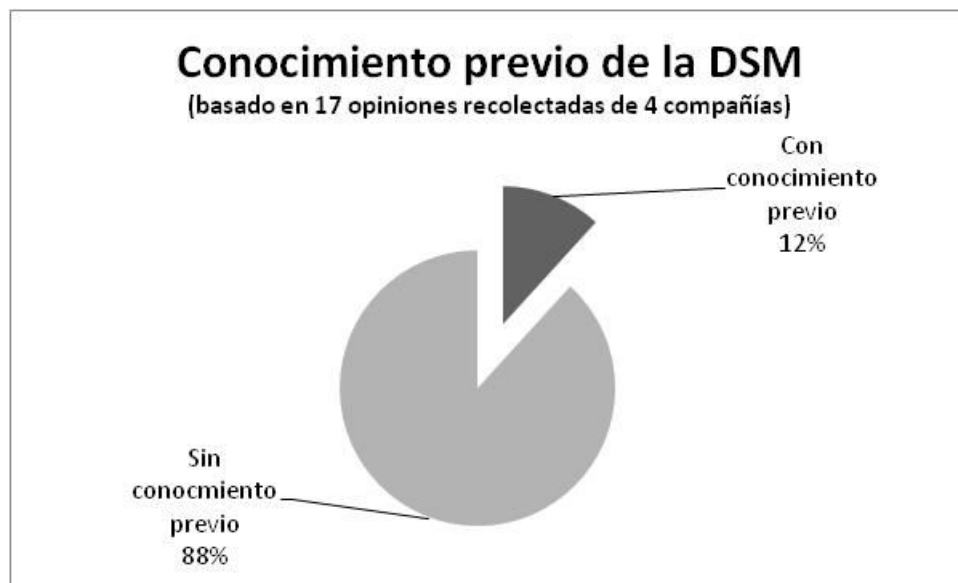
Tabla 4.5: Análisis Comparativo

Tipo de Caso:	Con conocimiento previo sobre la DSM
No. De Casos:	2 (una sólo compañía)
Observaciones Positivas:	<ul style="list-style-type: none"> - Planeación con base en las iteraciones - Ayuda a visualizar las implicaciones del diseño e identificar riesgos - Organización de procesos
Limitantes Detectadas:	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de conocimientos sólidos de diseño, fundamentos técnicos y bases de AP. - Posible resistencia al cambio. - Requiere de experiencia en los procesos
Tipo de Caso:	Sin conocimiento previo sobre la DSM
No. De Casos:	15 (en 3 compañías)
Observaciones Positivas:	<ul style="list-style-type: none"> - Modelo Simple - Posible mejor distribución de equipos de trabajo - Reducción de riesgo y desperdicio en costo y tiempo - Disminución de las iteraciones - Visualización compacta del proyecto - Secuenciación práctica de las actividades - Reduce el proceso burocrático - Etapa previa al uso de MS Project - Reducción de Tiempos de desperdicio - Ejecución en distintas ramas - Uso eficiente de recursos - Optimizar la secuencia de actividades - Clarifica las interdependencias - Visualización del proyecto en una matriz compacta - Se puede relacionar con herramientas ya conocidas - Optimizar el uso de los recursos - Minimiza el riesgo de omitir actividades - Impacto directo en el costo y tiempo del proyecto. - Identifica áreas problemáticas
Limitantes Detectadas:	<ul style="list-style-type: none"> - Se requiere un curso de capacitación (no una limitante en realidad) - Va en contra de la cultura de ejecución rápida - Ya existen procesos corporativos globales definidos que pueden dificultar su introducción debido a la resistencia al cambio - Resistencia al cambio en un sector industrial tradicionalista - Requiere de una buena alimentación de información

Al preguntar a los Administradores de Proyectos sobre si recomendarían el uso de la DSM para los proyectos dentro de sus compañías, el 100% respondió afirmativamente que recomendarían el uso de la herramienta.

A continuación, se presentará una selección de las preguntas principales de la encuesta descriptiva con la finalidad de mostrar las opiniones en las que hubo consenso. Nuevamente se hace mención de que a pesar de que se incluyen gráficos y números, la presente investigación no pretende ser estadísticamente significativa.

- *¿Tenía conocimiento previo sobre la herramienta DSM?*



Gráfica 4.1: Conocimiento previo de la DSM

El 88% de los casos estudiados (15 de 17) no tenía un previo conocimiento sobre la DSM, sin embargo los 2 casos aplicados en la compañía de electrodomésticos ya habían realizado aplicaciones de la DSM en un par de proyectos a manera de ejercicio. Lo anterior nos presenta dos situaciones:

- Administradores de Proyectos que no conocían la DSM, y por lo tanto no la utilizaban.
- Administradores de Proyectos que sí conocían la DSM y sin embargo no la utilizan actualmente.

En la primera situación descrita, podemos hacer referencia nuevamente a los estudios realizados por Besner (2004) y White & Fortune (2002) en los cuales se encontró que aparentemente la DSM no forma parte de las herramientas con las cuales los Administradores de Proyectos del sector industrial administran sus proyectos. Esta situación refuerza la inferencia de que el desconocimiento de la herramienta puede ser la principal causa de su falta de aplicación a nivel industrial.

En la segunda situación, los administradores de proyectos, comentaron que la principal aportación que recibieron por parte de la DSM fue conceptual puesto que tuvieron problemas para manejar el software que manipula la DSM y por lo tanto la secuenciación terminó realizándose con base en la experiencia y en los métodos de la compañía.

Como ya se mencionó con anterioridad, los Administradores de Proyectos de la Compañía de Electrodomésticos tomaron un seminario sobre Administración de Proyectos Complejos de Diseño, impartido por el Dr. Eppinger en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Debido a los problemas que se les presentaron al manejar el software para obtener una secuencia, se cree que en el seminario no se adentró lo suficiente en la aplicación, ejercicios y manejo de software para manipular la DSM.

Con base en lo anterior, es posible pensar que un entrenamiento en el uso de la herramienta, seguido de asesorías y monitoreo durante la aplicación de la DSM y el desarrollo del proyecto, podrían ayudar a que se incrementara el uso de la herramienta.

- *¿Considera usted que la DSM podría ser una herramienta de utilidad para su compañía? ¿por qué?*

En la retroalimentación obtenida sobre esta pregunta, hubo un consenso general en el que el 100% de los administradores de proyectos concordaron que la DSM es una herramienta interesante y que podría ser útil para sus proyectos.

Algunos de los puntos de utilidad que los participantes notaron sobre la DSM son:

- Mejor uso de los recursos disponibles
- Secuencias optimizadas basadas en actividades iterativas
- Reducción del riesgo de retrasar el proyecto.

- *¿Considera que la DSM es una herramienta difícil de manejar y aplicar en los proyectos de su empresa? ¿por qué?*



Grafica 4.2: Dificultad de la DSM

En gran parte de los casos aplicados se consideró que la DSM no sería una herramienta difícil de manejar y aplicar en los proyectos. Sin embargo, se encontraron algunos comentarios que vale la pena mencionar.

El Administrador de Proyectos en la empresa de Consultoría considera que la DSM no es una herramienta difícil de aplicar, sin embargo, considera que sería necesario un curso de capacitación para poder terminar de entender todo el potencial de la herramienta e introducirla correctamente en sus proyectos.

En los casos aplicados en la compañía de electrodomésticos se mencionó que la DSM aparenta no ser complicada, sin embargo se tiene “el reto de entender el concepto y aplicarlo en el trabajo diario de planeación del diseño”. Por otro lado se comentó que a pesar de parecer una herramienta sencilla, “es necesario que el ingeniero encargado de la planeación de las actividades tenga la suficiente experiencia para tomar en cuenta todas las consideraciones necesarias”.

En los Administradores de Proyectos de la compañía de Sistemas Médicos hubo consenso al considerar que la DSM no es una herramienta difícil de aplicar. Sin embargo, hubo tres casos que comentaron que la aplicación de la DSM podría ser difícil debido a lo siguiente:

- Implica un cambio en la cultura o costumbre de trabajo.
- En ocasiones tienen actividades regidas por organizaciones gubernamentales
- Se puede ir en contra de la “cultura de ejecución rápida”

Así también, un par de casos consideraron que no aparenta ser una herramienta difícil de aplicar, pero que un ejemplo práctico les ayudaría a tener una idea más clara.

Para los casos aplicados en la Compañía Acerera, la DSM no parece ser una herramienta difícil de aplicar en los proyectos. Sin embargo, hubo dos casos que comentaron respectivamente los siguientes puntos:

- La DSM podría dificultarse en proyectos que involucran una gran cantidad de actividades
- Se debe tener cuidado en aplicar la DSM en los proyectos adecuados.

El hecho de que la percepción general de los Administradores de Proyectos participantes, después de realizado el estudio, es de que la DSM no aparenta ser una herramienta complicada y difícil de aplicar, no necesariamente representa la realidad. Se debe resaltar el hecho de que en la mayoría de los casos participantes no se ha tenido la oportunidad de realizar aplicaciones prácticas, lo cual puede disminuir la validez de su retroalimentación sobre la dificultad para aplicar la DSM.

Después del presente estudio, sólo el 17% (3 de 17) de los Administradores de Proyectos participantes han realizado aplicaciones prácticas de la DSM. En el caso de la empresa de consultoría, el Administrador de Proyectos participante en la aplicación de la DSM consideró que sería necesario un curso de capacitación para poder tener una mejor concepción sobre la aplicación en futuros proyectos. Debido a tal necesidad mencionada, se puede inferir que posiblemente la herramienta es más compleja de lo que han percibido. Por otro lado, los Administradores de Proyectos de la empresa de Electrodomésticos, quienes ya habían recibido un seminario introductorio por parte de un investigador especializado en el tema de la DSM y proyectos complejos de diseño, mencionaron que la herramienta no es complicada pero que tuvieron problemas para manejar el software y obtener una secuencia, lo cual apoya la inferencia de que la DSM no es tan sencilla de aplicar como se ha percibido en los casos del presente estudio.

Por otro lado, se ha encontrado que la DSM forma parte del temario impartido en el curso llamado “System Project Management” (al menos desde el año 2003 como se aprecia en el documento anexo). Dicho curso es impartido en el MIT y dentro de sus objetivos se encuentra la introducción de métodos como DSM, dentro de las herramientas de AP. En los documentos anexos se muestra como evidencia parte de los objetivos del curso mencionado, así como una tarea asignada en dicho curso. Al revisar el temario de dicho curso, es posible apreciar que se trata de tópicos avanzados en Administración de Proyectos, lo cual apoya la inferencia de que la DSM no es una herramienta sencilla de aplicar.

- *¿Cree usted que la DSM debería formar parte del entrenamiento de aquellos que administran proyectos dentro de su empresa? ¿por qué?*

Como respuesta a la pregunta anterior, hubo un consenso general en el cual el 100% de los participantes sí se cree que la DSM debería formar parte del entrenamiento de los administradores de proyectos debido a la utilidad que encuentran en la herramienta. En cuatro casos aplicados en la empresa de sistemas médicos se comentó que sería conveniente realizar “pruebas prácticas” de la DSM para evaluar su posible introducción.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Al inicio del estudio se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Por qué la herramienta DSM, que aparentemente presenta ventajas sobre los métodos comunes de secuenciación de actividades, no es utilizada por los Administradores de Proyectos del sector Industrial?

Para responder a dicha pregunta en una investigación cualitativa con alcance exploratorio como la presente, se tomó la decisión de utilizar la metodología de Estudio de Casos pues se ha encontrado que es una estrategia favorable para tal tipo de estudios. Además, el Estudio de Casos es la estrategia preferida cuando las preguntas “¿Cómo?” y “¿Porqué?” son planteadas en una investigación. Así también se decidió apoyar la investigación mediante el uso de Encuestas Descriptivas que permitieron recolectar información de un mayor número de casos en forma inductiva, y así incrementar la validez para externalizar los resultados.

Una vez realizada la presente investigación y al recibir la retroalimentación por parte de los Administradores de Proyectos, es posible considerar que uno de los motivos principales por los cuales la DSM no es utilizada por los Administradores de Proyectos del Sector Industrial podría ser el desconocimiento de la herramienta. Sin embargo, con base en la empresa con previa experiencia sobre la DSM, se debe considerar también que la falta de una capacitación adecuada sobre el uso de la DSM puede originar que las empresas no realicen una correcta aplicación de la herramienta y por tal motivo tiendan a suspender la implementación de la misma en sus proyectos.

A pesar de las ventajas y desventajas de la DSM con otras herramientas de secuenciación de actividades, se considera que la DSM no viene a sustituirlas, sino más bien, es posible utilizar a la DSM como una herramienta de análisis y secuenciación que posteriormente puede ser complementada por otro tipo de

herramientas que permitan una mejor visualización de la secuencia obtenida como son los Diagramas de Bloques y Gráficos de Gantt.

Por otro lado, a pesar de que la percepción general en los casos realizados es de que la DSM no es una herramienta compleja, sería conveniente realizar más aplicaciones prácticas a modo de ejercicio y darles un seguimiento durante la implementación con la finalidad de que los Administradores de Proyectos puedan dar una retroalimentación basada en mejores evidencias al respecto.

Con base en la experiencia previa con el manejo de herramientas de secuenciación de actividades, considero como investigador que la DSM requiere, al igual que otras herramientas, de un proceso de construcción y análisis cuidadoso que nos conduzca a información de calidad, sin embargo es posible pensar que la DSM no representa mayor complejidad que las herramientas de uso común.

Finalmente, debido al interés mostrado por parte de los Administradores de Proyectos sobre la DSM, sería conveniente que Instituciones como el “Project Management Institute” de Estados Unidos, realizaran estudios enfocados en la factibilidad de introducir a la DSM dentro de sus guías de conocimientos. El estudio presente puede servir para mostrar que existe interés en la herramienta.

5.1 Limitaciones del Método y el Análisis

A continuación se presentan algunas de las limitaciones encontradas sobre la metodología utilizada para conducir la presente investigación:

- Al utilizar los cuestionarios y encuestas descriptivas, el investigador depende totalmente de la honestidad y exactitud de las respuestas de los participantes.
- Sólo en una de las compañías se tuvo la disponibilidad para llevar a cabo una aplicación práctica. Hubiese sido ideal realizar aplicaciones prácticas o

ejercicios ilustrativos con la finalidad de recibir una retroalimentación mejor fundamentada por parte de los Administradores de Proyectos.

- A pesar de haber realizado un caso de estudio con aplicación práctica en un proyecto, no se podrá llevar un seguimiento del mismo con la finalidad de analizar el comportamiento del proyecto con la secuencia obtenida y de los resultados finales del mismo.
- En la compañía donde se llevó a cabo la aplicación práctica, sólo se pudo contar con la participación del Administrador del Proyecto. Por lo tanto dicha aplicación dependió de la experiencia y conocimiento del proceso por parte del participante, así como de la capacidad del investigador para conducir el caso hacia una correcta aplicación de la DSM. Si se hubiese contado con más participantes en dicha aplicación, posiblemente los resultados fuesen más enriquecedores.
- Previo a realizar los casos en la Compañía de Sistemas Médicos, se solicitó que quienes estuviesen participando fueran Administradores de Proyectos. Se notó que un par de los casos aplicados en dicha compañía, no presentaban actividades propias de un Administrador de Proyectos, sino más bien de miembros activos en el desarrollo de los proyectos. Lo anterior podría sesgar un poco los resultados y no permitir ser más concluyente sobre el porqué la DSM no es utilizada por los Administradores de Proyectos.

5.2 Tópicos para futuras investigaciones

Como resultado de la presente investigación, se han desprendido algunos aspectos que bien pueden ser considerados como tópicos para futuras investigación. A continuación se presentan dichos tópicos:

- Desarrollo de un estudio que involucre aplicaciones en la práctica y su seguimiento con la finalidad de obtener una retroalimentación sobre la dificultad de aplicar la DSM basada en mejores evidencias.

- Desarrollo de un Software que permita traducir la secuencia obtenida por medio de la DSM hacia herramientas gráficas que permitan una mejor visualización como es el caso de los Diagramas de Flujo o los Gráficos de Gantt.
- Desarrollo de un estudio que involucre aplicaciones de la DSM en empresas con giros distintos al Desarrollo de Productos con la finalidad de evaluar su utilidad como herramienta de secuenciación de actividades de proyectos distintos al Desarrollo de Productos.

ANEXOS

Anexo A. Carta de Introducción

Monterrey, N.L., México

30 de septiembre de 2008

A quien corresponda:

Mi nombre es Alfonso Porras Ferrer. Soy estudiante de la Maestría en Ciencias en Sistemas de Manufactura en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Monterrey.

Actualmente me encuentro investigando sobre el uso de una herramienta de secuenciación de actividades en proyectos, llamada Matriz Estructural de Diseño, la cual ha mostrado ser potencialmente benéfica para la reducción del riesgo de sobrepasar el costo y duración de proyectos.

La investigación consiste en presentar la herramienta a Administradores de Proyectos en empresas donde principalmente existan procesos de Desarrollo de Productos y recibir su valiosa retroalimentación. Incluso, de ser posible, sería de gran valor para la investigación y su compañía realizar una aplicación práctica de la herramienta.

Por tal motivo, pido permiso para realizar un caso de estudio en su compañía, el cual constará principalmente de entrevistas, presentaciones, y posiblemente una aplicación práctica. La duración aproximada será de una semana, dependiendo de la disponibilidad de personas.

Su compañía se verá beneficiada tanto por los resultados del caso de estudio individual, como por el comparativo con el resto de los casos de estudio una vez terminados. La información será tratada con estricta confidencialidad.

En caso de requerir más información, por favor no dude en ponerse en contacto.

Sinceramente,

Alfonso Porras Ferrer

Ingeniero Mecánico Administrador

Correo electrónico: A00784998@itesm.mx, poncho_porras@hotmail.com

Celular: 8111778821

Anexo B. Correo Electrónico

Buenas tardes,

Mi nombre es Alfonso Porras Ferrer. Soy estudiante de la Maestría en Ciencias con especialidad en Sistemas de Manufactura del Tecnológico de Monterrey, campus Monterrey.

Actualmente estoy realizando una investigación basada en una herramienta de secuenciación de actividades en proyectos llamada Matriz Estructural de Diseño. Se ha documentado que dicha herramienta presenta beneficios principalmente en proyectos que contienen procesos iterativos, típicamente en Desarrollo de Productos. Así también ha sido reconocida como una herramienta que reduce el riesgo de exceder el costo y la duración de los proyectos.

El motivo de la presente es para solicitar permiso para realizar un caso de estudio en su empresa, el cual tendrá una duración aproximada de una semana.

De esta forma su empresa se verá beneficiada por los resultados del caso de estudio, así como de la posible aplicación práctica de una herramienta que ha mostrado grandes resultados en estudios con empresas e instituciones internacionales como Ford, NASA y Boeing, por citar algunas.

Para obtener más información sobre la Matriz Estructural de Diseño y sus aplicaciones, pueden consultarse los siguientes sitios en internet:

<http://www.dsm-conference.org/>

<http://www.dsmweb.org/>

Anexo a este correo se encuentra una carta de introducción. Por favor no dude en ponerse en contacto en caso de requerir mayor información.

Sinceramente y a la espera de su respuesta,

Alfonso Porras Ferrer

Celular: 8111778821

A00784998@itesm.mx

poncho_porras@hotmail.com

Anexo C. Protocolo del Estudio de Casos (adaptado de: Yin, 1994).

Sección A. Descripción General

A.1 Propósito

La presente investigación tiene como propósito encontrar las razones por las cuales la DSM aparentemente no es utilizada por los administradores de proyectos del sector industrial. En el caso de encontrar razones válidas para la aplicación de la DSM, se propondrá la inclusión de la herramienta dentro de las guías de conocimiento de Instituciones Internacionales de Administración de Proyectos con la finalidad de que forme parte del entrenamiento de todo administrador de proyectos.

A.2 Antecedentes

Escenarios y Unidad de Análisis

La unidad de análisis de la presente investigación serán los administradores de proyectos, pues es a ellos a quienes va dirigida principalmente la herramienta DSM.

El escenario serán organizaciones las cuales trabajen bajo el esquema de proyectos, buscando que sean principalmente proyectos con características iterativas como el caso del desarrollo de productos.

Proceso del Estudio de Casos

1. Envío de cartas solicitando acceso y apoyo para realizar el estudio de casos dentro de las distintas organizaciones
2. Entrevista inicial con la persona asignada por la empresa para coordinar el estudio de casos.
3. Presentación introductoria de la herramienta y de los objetivos principales del estudio al grupo de trabajo.
4. Revisión de los documentos relacionados con el proyecto en el cuál se aplicará la DSM

5. Entrevistas con las participantes del proyecto con la finalidad de obtener las entradas y salidas de información de las actividades que comprenden el proyecto.
6. Desarrollo de la DSM y entrevistas con los expertos para validar los resultados obtenidos.
7. Análisis de los resultados obtenidos por parte del investigador.
8. Desarrollo del reporte de cada caso de estudio.

Sección B. Procedimientos en Campo

B.1 Preparando la visita

Información Preliminar:

1. Revisión del sitio web de la empresa
2. Definición de la fecha y hora de la visita
3. Dirección para llegar a las instalaciones
4. Persona con quien dirigirse dentro de la empresa
5. Agenda

Procedimiento de Acceso a las instalaciones:

1. Documento de acceso a la empresa
2. Gafete de visitante e identificación, en caso de ser necesario.

Documentos Especiales:

1. Propuesta del Estudio de Casos
2. Protocolo del Estudio de Casos
3. Archivo digital con la presentación de la herramienta DSM.

Accesorios de ayuda para el estudio:

1. Laptop, cargador y cable de conexión a la red.
2. Papel en blanco, clips, plumas.

3. Folders y maletín de trabajo.
4. Memoria Externa USB
5. Área pre-establecida por la compañía para organizar la presentación.
6. Cañón para proyectar la presentación al grupo de trabajo

B.2 Visita Inicial a la Organización

Agenda:

1. Presentación personal con la persona encargada de coordinar el estudio de caso
2. Solicitar información sobre la disponibilidad de personal para participar en la investigación.
3. Solicitar información sobre la posibilidad de aplicar la herramienta en algún proyecto de la empresa.
4. Presentación personal con el equipo de trabajo
5. Propuesta del estudio de caso
6. Desarrollo de un plan de trabajo.

Sección C. Cuestionario

Preguntas sobre el Individuo:

1. ¿Cuál es la posición que ocupa dentro de la organización?
2. ¿Cuál es el rol desempeñado dentro de la organización?, ¿qué actividades desempeña dentro de la organización?
3. En un proyecto dentro de la organización, ¿cuándo inician y terminan las actividades que son su responsabilidad?
4. ¿Fue capacitado en temas de administración de proyectos?
5. ¿Cuánto tiempo lleva desempeñando su rol de administrador de proyectos?
6. ¿Está certificado como administrador de proyectos?
7. ¿Considera que la técnica utilizada para programación de actividades es la adecuada?

Preguntas sobre la secuenciación de actividades:

1. ¿En qué consiste el proceso de programación de las actividades de los proyectos dentro de la empresa?
2. ¿Qué herramientas y técnicas utilizan para secuenciar las actividades en sus proyectos?
3. Al iniciar un proyecto, ¿quiénes participan en la definición de las actividades que comprenderá el mismo?
4. ¿Cómo definen las entradas y salidas de información para las actividades del proyecto?
5. ¿Quién es el responsable de llevar a cabo la programación de las actividades?
6. ¿Utilizan algún software para la administración de sus proyectos?, ¿cuál?
7. ¿Cuáles son los problemas más comunes presentados al momento de programar sus actividades?
8. ¿En qué se basan para calificar como exitoso a un proyecto?
9. ¿Con qué frecuencia sus proyectos están fuera del presupuesto y tiempo de culminación acordados inicialmente?
10. ¿Alguna vez se ha utilizado una técnica distinta a la actual para secuenciar las actividades?, ¿qué resultados se obtuvieron?, ¿porqué se cambió de técnica?

Anexo D. Encuesta Descriptiva

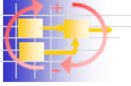
Encuesta Descriptiva: Design Structure Matrix (DSM)

Favor de responder con plena sinceridad. La información provista será tratada con total confidencialidad.

1. ¿Tenía conocimiento previo sobre la herramienta DSM?
2. En caso de ser afirmativa la respuesta anterior, ¿de qué forma se enteró sobre la DSM?, ¿alguna vez la ha aplicado?, ¿qué resultados obtuvo?
3. ¿Le ha parecido interesante la DSM?, ¿qué es lo que más ha llamado su atención?
4. ¿Considera usted que la DSM podría ser una herramienta de utilidad para su compañía?, ¿porqué?
5. ¿De qué forma considera que la DSM puede impactar en su trabajo?
6. ¿Considera que la DSM es una herramienta difícil de manejar y aplicar en los proyectos de su empresa?, ¿porqué?
7. ¿Cree usted que sería factible la introducción de la DSM en su empresa?, ¿porqué?
8. ¿Cree usted que la DSM debería formar parte del entrenamiento de aquellos que administran los proyectos dentro de su empresa?, ¿porqué?
9. Dentro de su empresa, ¿Quiénes considera que deben ser los encargados de utilizar una herramienta como la DSM?
10. ¿Considera realista la idea de reunir al equipo de trabajo para hacer un desglose cuidadoso del proyecto en todas sus actividades e intercambios de información?

Anexo E. Evidencias del Curso impartido en el MIT


ESD.36J System & Project Management




L23: Course Summary

Instructor(s)
Prof. Olivier de Weck
Prof. James Lyneis


December 9, 2003

Massachusetts Institute of Technology 



Course Objectives

- Introduce advanced methods and tools of Project Management in a product /system development context
 - Probabilistic CPM/PERT
 - Design Structure Matrix
 - System Dynamics
 - Risk Management
 - Earned Value Tracking
- Understand how methods work (strengths, limitations)
 - Industry Examples
 - Case Studies, Strategic Issues
- Learn from each other
 - Class Discussions
 - Project Assignments
- → Improve development projects at your workplace

12/9/03 - ESD.36J SPM  3

Anexo F. Fragmento de una tarea del Curso impartido en el MIT

ESD.36 System Project Management
System Design and Management Program (SDM)
Prof. Olivier de Weck and Dr. James Lyneis

Fall 2003

Homework 2
Task-based Design Structure Matrix

Out: September 16, 2003

Due: September 25, 2003, 3pm

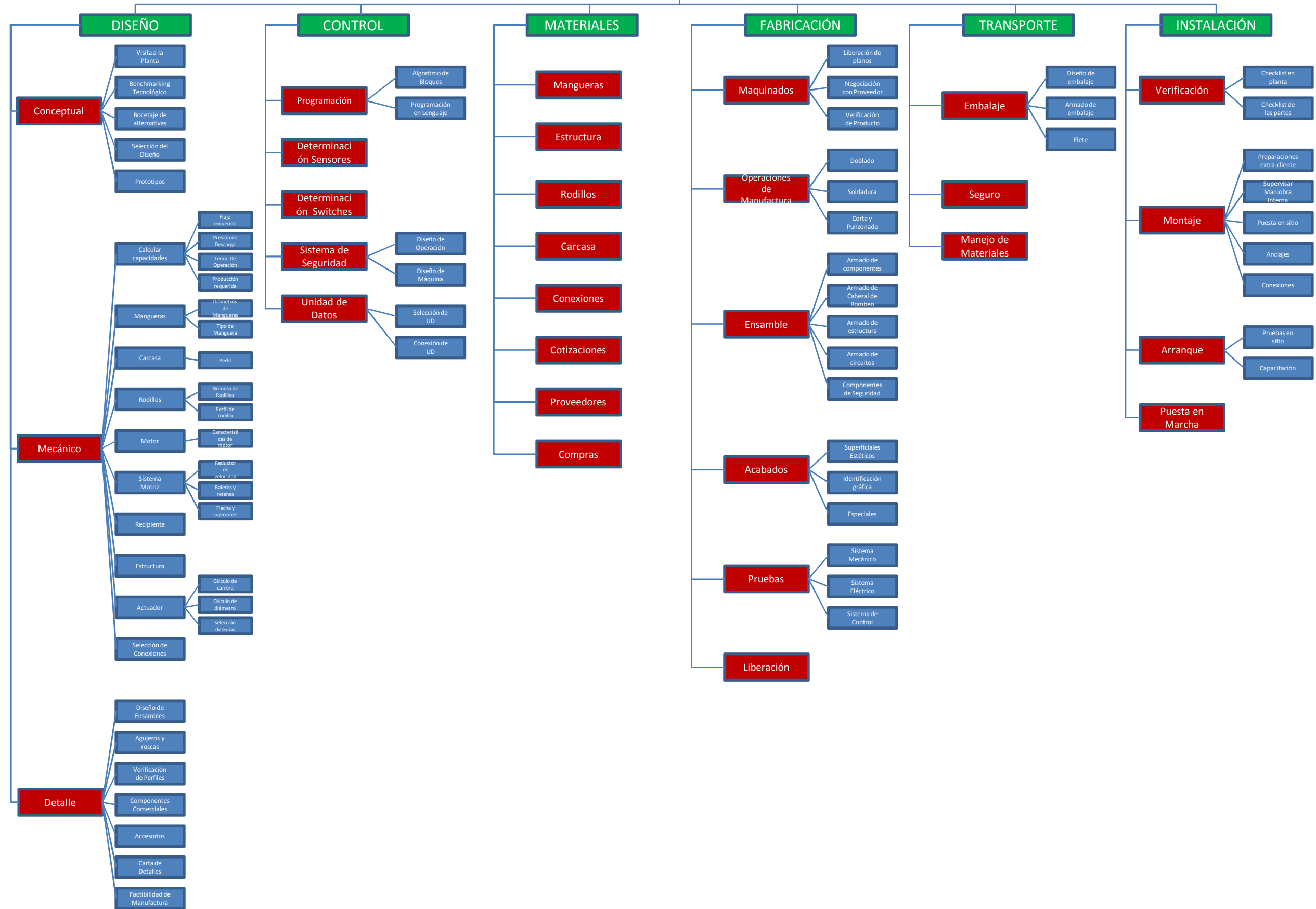
Learning objectives

In this homework you will apply the Design Structure Matrix (DSM) method to a hypothetical design project. You will first learn how to translate the project graph from the previous assignment to a DSM representation. Next you will add design iterations to the project and analyze their effect on the previous task sequence. You will consider partitioning and tearing the DSM to improve speed. Finally you will estimate the effect of these changes on the critical path.

Resources

- [1] Steven D. Eppinger, Daniel E. Whitney, Robert P. Smith, and David A. Gebala. "A Model-Based Method for Organizing Tasks in Product Development", Research in Engineering Design. vol. 6, no. 1, pp. 1-13, 1994.
- [2] Steven D. Eppinger, Murthy V. Nukala, and Daniel E. Whitney. "Generalized Models of Design Iteration Using Signal Flow Graphs", Research in Engineering Design. vol. 9, no. 2, pp. 112-123, 1997.
- [3] DSM website: <http://www.dsmweb.org/>
- [4] DSM software: <http://www.problematics.com> (PSM32)
- [5] Excel DSM Macro – ESD.36 handout section

DISEÑO DE LÍNEA BOUNDING CANNING



Anexo L. Clasificación, Construcción y Optimización de la DSM

DSM y los Cuatro Problemas Críticos de Proyectos Complejos de Diseño y Desarrollo de Productos

Steven Eppinger (2007) menciona que existen cuatro problemas críticos en proyectos de diseño y desarrollo de productos en los cuales las técnicas de DSM pueden ser aplicadas favorablemente:

1. Modelación de Iteraciones: Resolviendo actividades interdependientes más rápido

El Desarrollo de Productos es un proceso fundamentalmente iterativo debido a la repetición de tareas a causa de la disponibilidad de nueva información (ej. Cambios en entradas, actualización de suposiciones compartidas, descubrimiento de errores). Algunas veces las iteraciones son predecibles y pueden ser planeadas para facilitar el trabajo. Las iteraciones también pueden ser no planeadas, lo cual tiende al retrabajo. Aplicando el modelo de la DSM tanto a iteraciones planeadas como no planeadas es posible:

- priorizar los problemas de diseño y determinar dónde concentrar los esfuerzos para solucionar los problemas
- determinar la tasa de convergencia de cada uno de los subproblemas
- realizar las iteraciones más rápido
- descomponer problemas complejos en problemas más sencillos
- cambiar la naturaleza de las iteraciones por medio de cambiar el proceso.

2. Descomposición e Integración: El sacrificio entre Tiempo y Calidad

Para desarrollar un producto complejo o un gran sistema ingenieril, los administradores de proyectos comúnmente descomponen el problema de diseño en subproblemas más pequeños que a su vez serán

descompuestos también. Equipos de desarrollo son entonces asignados a cada uno de los problemas o subproblemas.

Es posible crear un mapeo, por medio de DSM, de las interacciones físicas entre los componentes para representar la estructura del problema de integración del sistema.

La representación matricial ayuda a localizar problemas en los niveles del sistema, hacer un mejor mapeo del personal y los equipos, y a decidir quién debe estar en el equipo que dirige los problemas sistémicos.

3. Análisis de la Arquitectura del Producto: Obtener correctamente la arquitectura.

La definición de la arquitectura del producto consiste en definir la forma en que los componentes técnicos están interconectados.

Por medio de las técnicas de DSM es posible:

- organizar bloques técnicos
- establecer el hardware físico
- mallar la vista organizacional e ingenieril.

4. Control del Proyecto: Monitoreo del Proyecto, Método de la Ruta Crítica, y Traslape de actividades para acelerar el desarrollo.

Los primeros tres problemas mencionados sobre proyectos complejos de diseño y desarrollo de productos tratan sobre temas relacionados con la planeación del proyecto. El control del proyecto determina lo que puede realizarse durante el proyecto para acelerar su desarrollo e identificar actividades que requieren ser monitoreadas. Es posible optar por estrategias de traslape, donde se debe determinar la evolución de la información en las actividades predecesoras y modelar la

sensibilidad de las actividades sucesoras en cuanto a cambios en la información.

Clasificación de las DSM

La DSM es usada para modelar problemas de descomposición e integración de componentes, equipos, actividades y parámetros. Estas cuatro categorías están asignadas en dos grupos: modelos estáticos y modelos basados en el tiempo. Las DSM estáticas corresponden a elementos que coexisten al mismo tiempo. Por ejemplo, componentes de productos y equipos de trabajo organizacionales coexisten simultáneamente por lo que son modelados utilizando DSM estáticas. Por otro lado, en las DSM basadas en el tiempo, el orden de los encabezados de sus filas y columnas determina la secuencia en la cual viaja el flujo de información a través del tiempo. Por ejemplo, las actividades de los proyectos y los parámetros de los productos cambian a través del tiempo acorde a una programación, por lo que son modelados utilizando DSM basadas en tiempo (Batallas y Yassine, 2004).

A continuación se describen brevemente los distintos tipos de DSM que son de gran utilidad para desarrolladores de productos, planeadores de proyectos, administradores de proyectos, ingenieros de sistemas y diseñadores organizacionales (Browning, 2001):

- Basada en Componentes (DSM de Arquitectura): Usada para la modelación de arquitecturas de sistemas basadas en componentes y/o subsistemas y sus relaciones.
- Basada en Equipos (DSM de Organización): Usadas para la modelación de estructuras organizacionales basadas en personas y/o grupos y sus interacciones.
- Basada en Actividades (DSM de Programación): Usada para la modelación de procesos y redes de actividades basadas en actividades y sus flujos de información y otras dependencias.

sensibilidad de las actividades sucesoras en cuanto a cambios en la información.

Clasificación de las DSM

La DSM es usada para modelar problemas de descomposición e integración de componentes, equipos, actividades y parámetros. Estas cuatro categorías están asignadas en dos grupos: modelos estáticos y modelos basados en el tiempo. Las DSM estáticas corresponden a elementos que coexisten al mismo tiempo. Por ejemplo, componentes de productos y equipos de trabajo organizacionales coexisten simultáneamente por lo que son modelados utilizando DSM estáticas. Por otro lado, en las DSM basadas en el tiempo, el orden de los encabezados de sus filas y columnas determina la secuencia en la cual viaja el flujo de información a través del tiempo. Por ejemplo, las actividades de los proyectos y los parámetros de los productos cambian a través del tiempo acorde a una programación, por lo que son modelados utilizando DSM basadas en tiempo (Batallas y Yassine, 2004).

A continuación se describen brevemente los distintos tipos de DSM que son de gran utilidad para desarrolladores de productos, planeadores de proyectos, administradores de proyectos, ingenieros de sistemas y diseñadores organizacionales (Browning, 2001):

- Basada en Componentes (DSM de Arquitectura): Usada para la modelación de arquitecturas de sistemas basadas en componentes y/o subsistemas y sus relaciones.
- Basada en Equipos (DSM de Organización): Usadas para la modelación de estructuras organizacionales basadas en personas y/o grupos y sus interacciones.
- Basada en Actividades (DSM de Programación): Usada para la modelación de procesos y redes de actividades basadas en actividades y sus flujos de información y otras dependencias.

- Basada en Parámetros (DSM de programación de bajo nivel): Usada para la modelación de relaciones de bajo nivel entre parámetros y decisiones de diseño, ecuaciones de sistemas, intercambios de subrutinas de parámetros, etc.

Es importante mencionar que en la literatura analizada, el tipo de DSM utilizado para la programación de actividades (principalmente en proyectos de desarrollo de productos) es el Basado en Actividades o DSM de Programación.

A continuación se muestra la Figura L1 que representa la clasificación de los distintos tipos de DSM (Browning, 2001):

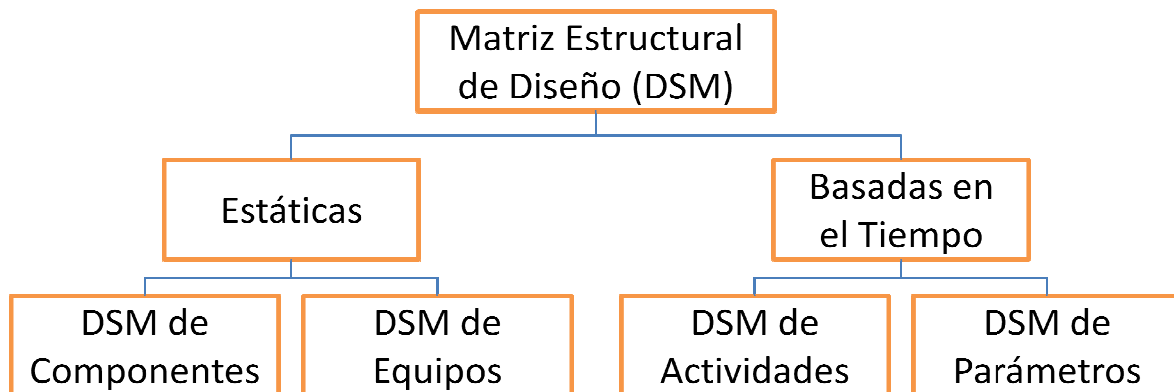


Figura L1: Taxonomía de la DSM (adaptado de: Browning, 2001)

Construcción de DSM

El éxito del método DSM está determinado por una apropiada descomposición del sistema a analizar y por la exactitud de las relaciones de dependencia recolectadas entre las actividades (Yassine, 2004).

DSM considera cuatro distintos tipos de relaciones entre actividades que pueden ser encontrados en proyectos de diseño de construcciones (Oloufa et al, 2003):

- Basada en Parámetros (DSM de programación de bajo nivel): Usada para la modelación de relaciones de bajo nivel entre parámetros y decisiones de diseño, ecuaciones de sistemas, intercambios de subrutinas de parámetros, etc.

Es importante mencionar que en la literatura analizada, el tipo de DSM utilizado para la programación de actividades (principalmente en proyectos de desarrollo de productos) es el Basado en Actividades o DSM de Programación.

A continuación se muestra la Figura L1 que representa la clasificación de los distintos tipos de DSM (Browning, 2001):

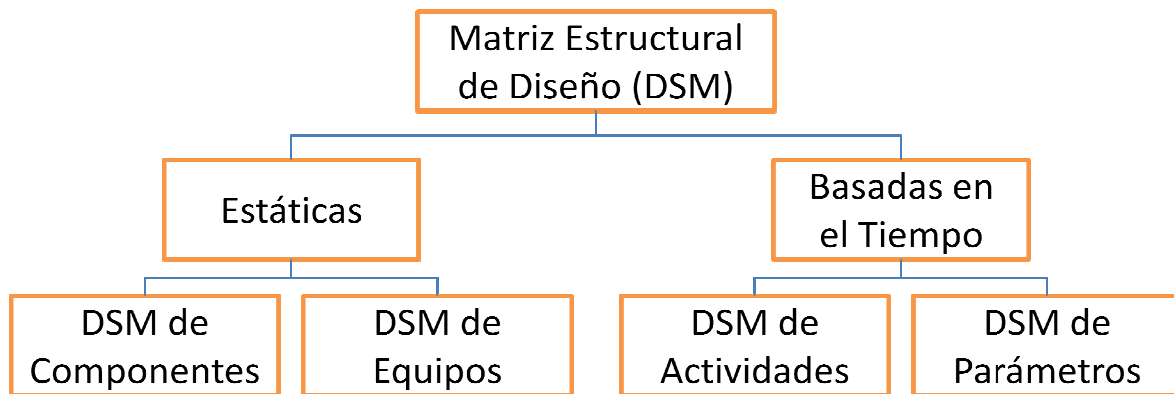


Figura L1: Taxonomía de la DSM (adaptado de: Browning, 2001)

Construcción de DSM

El éxito del método DSM está determinado por una apropiada descomposición del sistema a analizar y por la exactitud de las relaciones de dependencia recolectadas entre las actividades (Yassine, 2004).

DSM considera cuatro distintos tipos de relaciones entre actividades que pueden ser encontrados en proyectos de diseño de construcciones (Oloufa et al, 2003):

- Secuencial (dependiente)
- Paralela o concurrente (independiente)
- Acoplada (interdependiente)
- Contingente (condicional)

Es importante mencionar que en gran parte de la literatura analizada, sólo se mencionan los primeros tres tipos de relaciones para las actividades de proyectos en general. Por otro lado, la relación acoplada o interdependiente es aquella que genera el carácter iterativo del cual ya se ha tratado.

La Tabla L1 muestra los diferentes tipos de relaciones entre actividades tanto en su representación de redes (actividades en nodos y arcos) como en su representación en DSM (Oloufa et al, 2003).

Tabla L1: Representación de Actividades (adaptado de: Oloufa et al, 2003)

Tipo	Representación de Actividades		
	Actividades en Nodos	Actividades en Flechas	DSM
Secuencial			
Paralela			
Acoplada			
Condicional			

La representación básica de una DSM (basada en actividades) es una matriz cuadrada conteniendo un listado de actividades en sus filas y columnas en el mismo orden de una forma matricial. El orden de las actividades en las filas y columnas de la matriz indica la secuencia de ejecución. Las relaciones entre las actividades son representadas con una “X” (o alguna otra marca) en las celdas que se encuentran fuera de la diagonal. Las actividades se leen a lo largo de las

columnas como “da información a...” y a lo largo de las filas como “requiere información de...”. Si una marca se encuentra sobre la diagonal, implica que para ejecutar la secuencia correspondiente es necesario realizar una suposición (Maheswari y Varghese, 2005).

En la Figura L2 se presenta una pequeña representación en DSM del flujo de información entre las actividades (Oloufa et al, 2003):

	A	B	C	D
A				
B	X			X
C		X		
D	X		X	

Figura L2: Representación en DSM (adaptado de: Oloufa et al, 2003)

Todas las X que se encuentran debajo de la diagonal denotan intercambios de “alimentación de información” en los cuales la información de actividades predecesoras está disponible para las actividades sucesoras. Por otro lado, la X en la parte superior de la diagonal representa la retroalimentación en la cual información de una actividad sucesora puede crear el retrabajo de una actividad previa. La actividad B, por ejemplo, requiere información de la actividad D, la cual termina después que B. Ejecutar la actividad B requiere de realizar una suposición, o asumir la información faltante de la actividad D. Cuando se complete y finalmente exista información disponible sobre la actividad D, el retrabajo de la actividad B puede ser que conduzca hacia incrementos en costo y tiempo. La DSM revela claramente qué intercambios de información son los que llevan hacia las iteraciones y cuáles no lo hacen (Oloufa et al, 2003).

Es también de vital importancia la descomposición adecuada del sistema analizado en elementos más representativos. Una descomposición adecuada se puede establecer mediante dos enfoques (Yassine, 2004):

- Convertir la documentación existente (manuales de diseño, hojas de procesos, programaciones de proyectos, etc.)
- Entrevistas estructuradas con expertos.

Se ha recomendado (Yassine, 2004) un enfoque híbrido en el que una DSM inicial es construida sobre documentación existente, y posteriormente se utilizan entrevistas con expertos para suplementar y validar la DSM inicial. Como segundo paso, un grupo de expertos de distintos grupos funcionales dentro de la organización se reúnen para colectivamente enlistar los distintos subsistemas que conforman el sistema como un todo. La descomposición puede ser jerárquica o no jerárquica. En la descomposición jerárquica, el sistema puede ser dividido en subsistemas o módulos, los cuales a su vez se dividen en elementos más pequeños. En la descomposición no jerárquica, un sistema jerárquico no es evidente (Yassine, 2004).

Una vez que han sido identificados los subsistemas o elementos apropiados, se enlistan como encabezados de filas y columnas en el mismo orden. Los elementos dentro de la matriz son identificados una vez que se pregunta a los expertos en el grupo por el mínimo de parámetros (tomados de la lista) que influyen y contribuyen al comportamiento de su propio subsistema. En una DSM basada en actividades, esto puede ser el número mínimo de actividades que requieren ser realizadas previo a que la actividad en cuestión pueda dar inicio (Yassine, 2004).

Existen una serie de pasos establecidos para una correcta colección de datos y su posterior manejo, se debe tener un procedimiento claro y específico que nos ayude a crear la construcción de la matriz que buscamos nos ayude a

resolver el problema, por lo que los siguientes pasos son propuestos para llevar a cabo este proceso (Vázquez, 2004):

1. Definición y Alcance del sistema

Desde que se estableció a la DSM como herramienta de estudio para los procesos de diseño, se descubrió que es un sistema con muchos elementos interactuando entre si, por lo que es importante definirlos. Si no existe una buena definición, apegada al proceso real, puede darse el caso que al ejecutar el programa nos arroje resultados que no sean la solución que se está buscando.

2. Integración de elementos

De entrada, los elementos del sistema pueden seleccionarse en base al proyecto original de ejecución, en caso de existir, o en su defecto en el procedimiento que se haya implantado en etapas iniciales para llevar a cabo los trabajos. Los creadores de estos procedimientos usualmente definen los elementos que componen al flujo de información en base a la documentación que compone al diseño, sin embargo, la experiencia muestra que la definición inicial de los elementos muchas ocasiones necesita ser modificada durante el proceso de asignación de interacciones.

3. Flujo de Información entre los elementos

El tercer paso es el estudio del flujo de información entre los elementos del sistema. La persona encargada de crear la DSM, lee los documentos que integran al proceso de diseño, así como lleva a cabo una encuesta a las personas involucradas en el caso de estudio. Las encuestas son tan importantes como la lectura de los documentos de diseño por varias razones, entre ellas, no todos los pasos y métodos se encuentran en los documentos del diseño. Otra razón reside en que gran parte de la información y conocimiento de cómo realizar el trabajo se toma de la experiencia de los ingenieros y diseñadores, he aquí la importancia de extraer el conocimiento de estas personas por medio de la encuesta, y comparar el flujo de información / actividades que ellos realizan en la

realidad contra el planeado. Se podría dar el caso que durante la encuesta, las personas tengan una percepción diferente del grado de interacción entre las actividades o información y cuán importante es la relación entre estas. Es por esto que en algunas ocasiones, las relaciones indirectas pueden no ser representadas en la encuesta. Uno de los propósitos de la encuesta debe ser el documentar el porqué de cada interacción para que una vez que se haga un desplegado general de todas las encuestas, puedan salir las relaciones indirectas. Llevando a cabo lo anterior, la persona que realiza las encuestas puede tener un amplio panorama de cómo fluye la información.

Los ingenieros y diseñadores tienen diferentes perspectivas de los elementos componentes al flujo de información, esto debido al trabajo diverso que cada uno de ellos realiza. En este caso, la encuesta funciona como una parte mediadora, el encuestador debe poseer el conocimiento del sistema hasta cierto grado y poder discutir los diferentes puntos de vista o discutir los puntos críticos con cada uno de los diseñadores, hasta que se alcance un punto común que pueda ser representado en la matriz.

Debido a las razones anteriores, es muy importante que de ser posible las encuestas se elaboren de manera individual al equipo de ingenieros y diseñadores, aunque existe una problemática para esto, que es el tiempo, a lo que muchos investigadores de este tema han propuesto que se utilice información resultado de las juntas de trabajo en donde se expone la problemática y de esta manera se pueda obtener la información requerida para incluirla en la matriz. La ventaja de utilizar encuestas es que se utiliza menos tiempo, no tanto en el llenado de estas, si no que el encuestado puede llevarla a su casa o responderla en algún tiempo libre sin afectar su trabajo, sin embargo muchos detalles se pueden perder, debido a que puede surgir cualquier duda y la encuesta no ofrece una explicación a la respuesta que proporcione el encuestado.

Podemos mencionar que entre más se tenga un entendimiento del sistema, mayor será la posibilidad de realizar un reacomodo de las actividades.

4. Construcción de la Matriz representando el flujo de información

Inicialmente, un DSM binario es construido para representar la estructura básica de las dependencias y flujos de información entre diversos elementos de un sistema. Una DSM binaria es un buen comienzo en un análisis preliminar, sin embargo una mejor comprensión del proyecto debe requerir el uso de una DSM numérica, la cual provea de una mejor comprensión del sistema y permita un análisis más detallado.

5. Comentar la matriz con los líderes del proyecto

Uno de los propósitos del DSM es permitir a los ingenieros y diseñadores la comprensión del proceso de diseño y que éste se aproxime a un esquema de comunicación más sistemático. De aquí que se les proporcione para que emitan sus comentarios sobre esta y vean la importancia y uso de la herramienta DSM.

Lo que se busca es que teniendo un esquema de todo el proceso de diseño en la matriz, se tenga un panorama amplio y claro, sobre el cual se detecten puntos críticos, y los propios diseñadores e ingenieros, conocedores del proceso, realicen propuestas o comentarios para su mejora.

Existe otra metodología para la construcción de DSM's propuesta por Uma Maheswari y Koshy Varghese en su artículo titulado "A Structured approach to form Dependency Structure Matrix for Construction Projects" (2005). Tal y como su nombre lo indica, dicho método presenta una forma estructurada de generar la información para la construcción de la DSM. La metodología se basa en la construcción de la Estructura de la División del Trabajo (EDT), de la cual se busca desglosar el proyecto y obtener un listado de todas las actividades involucradas en el desarrollo del mismo. Para cada actividad se crea una lista de parámetros de entrada y salida mediante el uso de un par de matrices, las cuales a su vez ayudan a identificar la omisión de actividades necesarias o la inclusión de

actividades irrelevantes para el proyecto. Una vez obtenidas las matrices, la DSM se crea mediante la “fusión” de la información contenida en ambas matrices. Esta metodología se menciona es adecuada para personas poco experimentadas o nuevas en el tema de la DSM.

La siguiente figura muestra el proceso seguido para la construcción de la DSM propuesto por Maheswari y Varghese (2005):

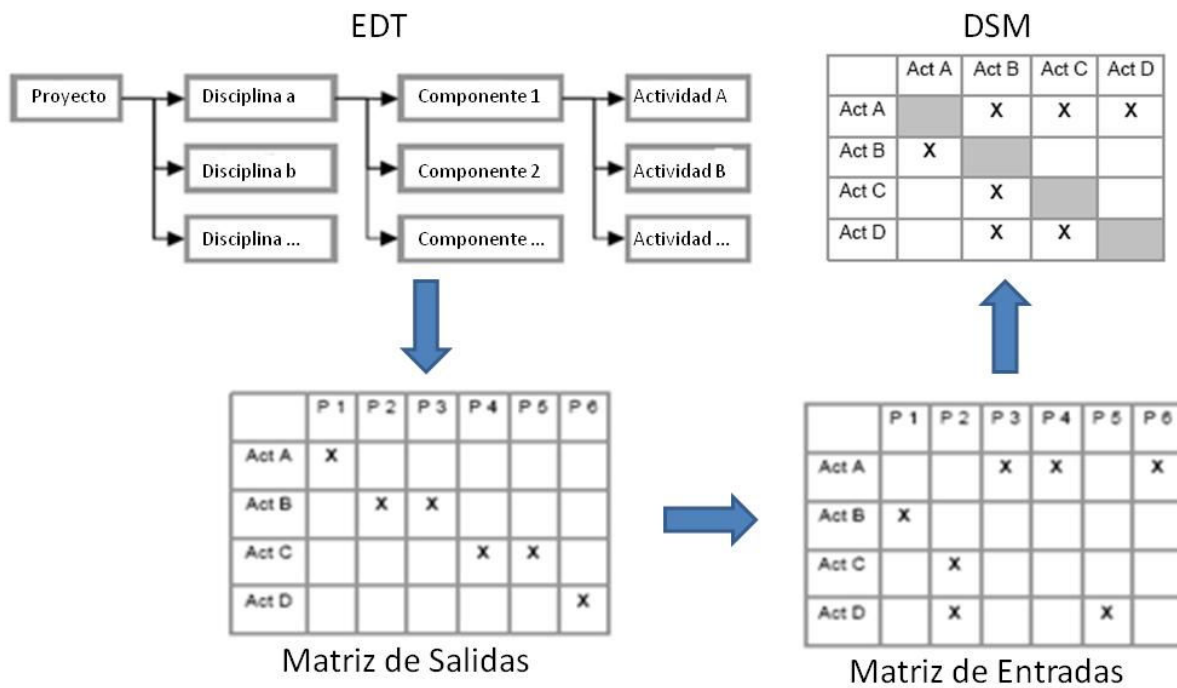


Figura L3: Construcción de DSM (adaptado de: Maheswari y Varghese, 2005)

Una síntesis del proceso tradicional de construcción de una DSM se presenta en la Tabla L2 (Yassine et al, 2000):

Tabla L2: Análisis Tradicional de la DSM (adaptado de: Yassine et al, 2000)

	Proceso	Objetivo	Valor
1	Construir la DSM	Construir una representación matricial de un proceso de diseño	Identifica/Organiza secuencias de actividades y relaciones en una forma compacta
2	Secuenciar la DSM	Obtener una secuencia para las actividades sin flujos de retroalimentación de información	Proveer de un flujo de información más "suave" donde los requisitos de información de una actividad están previamente disponibles.
3	Detectar Iteraciones	Identificar la existencia de flujos de información cíclicos	Reconocer la existencia de iteraciones en el proceso de diseño
4	Partición de la DSM	Agrupar las actividades (involucradas en un ciclo de información) en un bloque alrededor de la diagonal de la matrix	Identificar bloques iterativos en los cuales enfocarse en vez de en toda la DSM.

Técnicas para la optimización de la DSM

Después de haber representado el proceso, se procede al rediseño del mismo utilizando distintos criterios (Yassine, 2004). Existen varias técnicas desarrolladas para la optimización del flujo de información en el proceso. Las principales se muestran a continuación (Oloufa et al, 2003):

- Partición (Partitioning)
- Agrupación (Clustering)
- Rasgado (Tearing)
- Bandas (Banding)

Tabla L2: Análisis Tradicional de la DSM (adaptado de: Yassine et al, 2000)

	Proceso	Objetivo	Valor
1	Construir la DSM	Construir una representación matricial de un proceso de diseño	Identifica/Organiza secuencias de actividades y relaciones en una forma compacta
2	Secuenciar la DSM	Obtener una secuencia para las actividades sin flujos de retroalimentación de información	Proveer de un flujo de información más "suave" donde los requisitos de información de una actividad están previamente disponibles.
3	Detectar Iteraciones	Identificar la existencia de flujos de información cíclicos	Reconocer la existencia de iteraciones en el proceso de diseño
4	Partición de la DSM	Agrupar las actividades (involucradas en un ciclo de información) en un bloque alrededor de la diagonal de la matrix	Identificar bloques iterativos en los cuales enfocarse en vez de en toda la DSM.

Técnicas para la optimización de la DSM

Después de haber representado el proceso, se procede al rediseño del mismo utilizando distintos criterios (Yassine, 2004). Existen varias técnicas desarrolladas para la optimización del flujo de información en el proceso. Las principales se muestran a continuación (Oloufa et al, 2003):

- Partición (Partitioning)
- Agrupación (Clustering)
- Rasgado (Tearing)
- Bandas (Banding)

Partición de la DSM (Partitioning)

Partición es el proceso de manipular las filas y columnas de la DSM de tal manera que el nuevo arreglo de la DSM no contenga marcas de interacción que representen ciclos. De esta manera, generamos una DSM en una forma triangular menor (Vázquez, 2004). En sistemas complejos de ingeniería no es probable que una simple manipulación de líneas y columnas tenga como resultado una triangulación menor en la matriz, por lo tanto el objetivo del análisis y movimiento de las celdas, deberá resultar en que se agrupen las interacciones lo más cerca posible a la diagonal (a esta forma de la matriz se le conoce como bloque triangular). Realizando lo anterior, será menos los elementos que se involucrarán en el ciclo de iteración, teniendo como resultado un proceso más rápido (Yassine, 2004).

Existen varios enfoques utilizados para la partición de DSM. Sin embargo, todos son similares y con la diferencia de la forma en que identifican los ciclos (lazos) de información. El algoritmo utilizado para la partición es el siguiente (Yassine, 2004):

1. Identificar aquellos elementos o tareas que puedan ejecutarse sin ninguna precedencia por parte del resto de las actividades o elementos en la matriz. Estos elementos pueden ser claramente identificados, ya que los renglones correspondientes se encuentran vacíos, sin precedencias. Estos elementos se deberán remover de su posición original y colocar en la parte superior de la matriz. Esto se deberá hacer con todos los elementos que presenten las mismas características e irlos agrupando consecutivamente.
2. Se localizan los elementos o actividades que no proporcionen información a otros elementos en la matriz. Estos elementos se identifican por tener las columnas vacías. Coloque estos elementos al final de la matriz, y así con los demás elementos de las mismas características.

3. Si después de ejecutar los pasos 1 y 2 no existen elementos remanentes, entonces la partición de la matriz está completa, caso contrario, si quedan elementos, estos contienen ciclos (al menos uno).
4. Determinar los ciclos por medio de los siguientes métodos:
 - a. Búsqueda del camino (Path Searching): el flujo de información es rastreado ya sea para atrás o para adelante hasta que una actividad sea encontrada dos veces. Todas las actividades entre la primera y la segunda ocurrencia de la actividad constituyen un lazo de flujo de información
 - b. Matriz Adyacente (Adjacency Matrix): Elevando la DSM a la n potencia se muestra qué elemento puede ser alcanzado por sí mismo en n pasos observando una entrada “no cero” para esa actividad a lo largo de la diagonal de la matriz.
5. Incluir los elementos que se encuentran en un ciclo sencillo dentro de un elemento representativo y volver al paso 1.

Existe software como PSM32 (<http://www.problematics.com/psm32/>) que se utiliza para la generación y manipulación de DSM (Chen et al, 2003).

La Figura L4 muestra un ejemplo de un proceso de optimización de DSM por medio de partición (Batallas y Yassine, 2004):

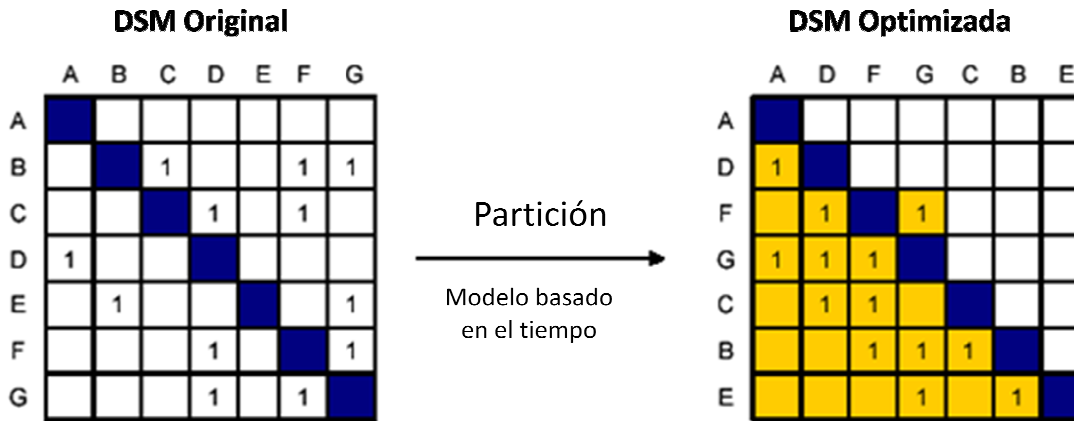


Figura L4: Partición de la DSM (adaptado de: Batallas y Yassine, 2004)

Es importante mencionar que en la literatura analizada se comenta que el proceso de Partición se aplica principalmente para DSM que están basadas en el Tiempo (Actividades y Parámetros).

Agrupación de la DSM (Clustering)

En la partición se observó que el principal objetivo era mover las marcas de retroalimentación de arriba de la diagonal hacia debajo de la diagonal, tomando en cuenta que esos elementos eran actividades por ser ejecutadas. Sin embargo cuando los elementos de la DSM son personas a cargo de las actividades o son subsistemas y componentes de un sistema más grande, entonces se tiene un objetivo diferente para el arreglo de la DSM. La nueva meta consiste en encontrar subconjuntos de elementos de DSM (por ejemplo grupos o módulos) que son mutuamente exclusivos o que interactúan a lo mínimo. Este proceso es conocido como Agrupación (clustering). En otras palabras, los grupos contienen la mayoría, si no es que todas, de las interacciones internas y las interacciones o ligas entre grupos separados es eliminada o minimizada. En este caso, los bloques se vuelven análogos para la formación de equipos o módulos independientes del sistema (por ejemplo, la arquitectura del producto). Además, en esta

configuración, las marcas bajo la diagonal son sinónimos a las marcas sobre la diagonal y representan interacciones entre los equipos o interfaces entre los módulos (Yassine, 2004).

La Figura L5 presenta el proceso de optimización por Agrupación para un ejemplo de DSM (Batallas y Yassine, 2004):

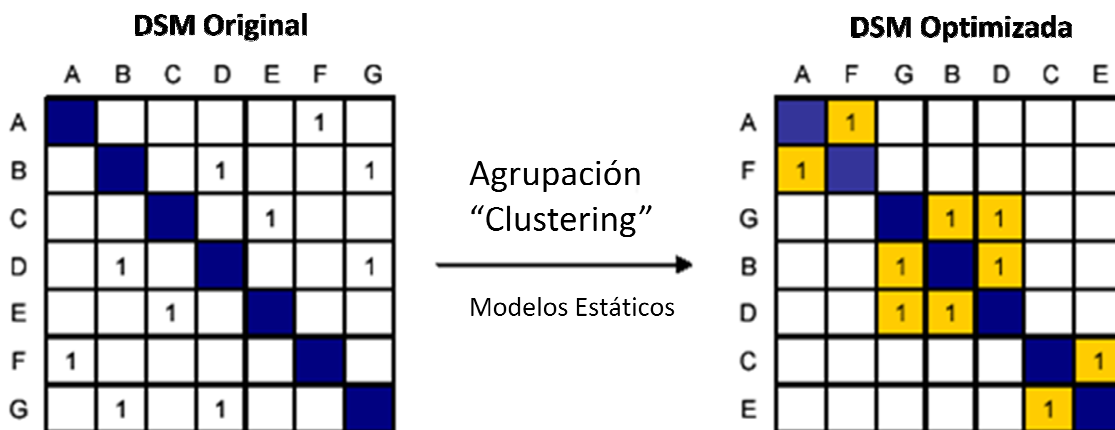


Figura L5: Agrupación “Clustering” de la DSM (adaptado de: Batallas y Yassine, 2004)

Según la literatura analizada, la técnica de Agrupación es empleada principalmente para DSM estáticas (basadas en componentes y equipos).

Rasgado de la DSM (Tearing)

Es el proceso de escoger el grupo de marcas de retroalimentación (iteración) que si son removidas de la matriz y se hace una nueva partición nos llevará hacia una matriz triangular menor y por lo tanto con menos marcas de retroalimentación o iteraciones (Oloufa et al., 2003).

Haciendo dicha identificación resultará en la matriz triangular menor que significa que hemos identificado el grupo de suposiciones que se tienen que realizar para iniciar las iteraciones del proceso cuando se han encontrado actividades acopladas en el mismo. Habiendo hecho estas suposiciones, no es necesario realizar más estimaciones (Yassine, 2004).

Bandas de la DSM (Banding)

Bandeado es el hecho de agregar alternadamente tiras oscuras y claras a la DSM con la finalidad de mostrar las actividades (o elementos del sistema) que son independientes (por ejemplo paralelas o concurrentes). El conjunto de bandas o niveles dentro de la DSM constituye la ruta crítica del proyecto o sistema. Además, un elemento o actividad dentro de cada banda constituye una actividad crítica. Por lo tanto, es preferible tener menos bandas puesto que mejoran la concurrencia del proyecto o sistema (Yassine, 2004).

Anexo M. Metodologías de Investigación

Características de la Investigación Cuantitativa

El método de investigación deductivo implica el desarrollo de una estructura conceptual y teórica previa a su evaluación mediante la observación empírica. (Gill y Johnson, 2002). Este enfoque es conocido como el método hipotético-deductivo, el cual supone que la observación precisa y el análisis de los datos llevarán a la creación de “leyes” que expliquen todas las relaciones entre las variables, y que puedan validarse haciendo constantemente predicciones precisas de más variables (Coolican, 2005). Se hace hincapié en que lo que es importante en la Ciencia no son las fuentes de las teorías y las hipótesis con las cuales se comienza, sino lo que es crucial es el proceso por el cual esas ideas se ponen a prueba y se justifican (Gill y Johnson, 2002). Un principio fundamental que subyace al método es afirmar que los únicos fenómenos significativos que pueden estudiarse en forma científica son los que es posible observar directamente y medir cuantitativamente, lo cual es el principio central del Positivismo (Coolican, 2005).

Gill y Johnson (2002) mencionan que las tres principales características del positivismo son las siguientes:

1. Para que las ciencias sociales avancen, deben seguir el método hipotético-deductivo de los científicos naturales, en pocas palabras el método experimental.
2. El conocimiento producido y las explicaciones utilizadas en las ciencias sociales deben ser las mismas que aquellas profesadas por las ciencias naturales, por ejemplo, que A causa a B.
3. Lo anterior implica que los científicos sociales traten a su materia de estudio, el mundo social, tal como si fuera el mundo natural de las ciencias naturales.

Diferencias entre la Investigación Cuantitativa y la Investigación Cualitativa

Las ciencias sociales y las ciencias naturales tienen materias de estudio muy distintas. Gill y Johnson (2002) mencionan que el objeto de estudio de las ciencias naturales está enfocado en el “comportamiento de las cosas en el mundo natural”, mientras que en las ciencias sociales el objeto de estudio son las “personas que experimentan el mundo”.

Por tal motivo, el mundo social no puede ser entendido en términos de relaciones causales que no toman en consideración la situación de que las acciones humanas están basadas en la interpretación de los eventos por parte del actor, sus significados sociales, intenciones, motivos, actitudes y creencias; es decir, la acción humana puede ser entendida sólo cuando se tiene acceso a esa dimensión subjetiva (Gill y Johnson, 2002).

Losada y López-Feal (2003) mencionan que en relación con la investigación cuantitativa, la investigación cualitativa se identifica por las siguientes características diferenciales:

- Se interesa no sólo por el *cómo* se comportan los fenómenos sino, sobre todo, *por qué* se comportan de una determinada manera. Dar respuesta a esta pregunta es más importante que responder a la primera, aunque ambas se complementan.
- Utiliza un diseño abierto y dinámico que se va configurando a lo largo del tiempo. Por el contrario, en la investigación cuantitativa el diseño hay que planificarlo a priori y, una vez planificado, no se pueden hacer cambios.
- Utiliza frecuentemente muestras intencionales de sujetos, de escenarios o de organizaciones, en lugar de muestras estadísticamente representativas requeridas en la investigación de orientación cuantitativa.
- Recoge los datos o la información en un escenario natural, teniendo en cuenta que los investigadores de orientación cualitativa centran su interés en comprender experiencias y comportamientos humanos

y de animales dentro de su contexto o entorno. En la investigación de orientación cuantitativa se crean situaciones estandarizadas o manipuladas para investigar fundamentalmente cómo se comportan los fenómenos.

- La información que se utiliza en la investigación cualitativa se recoge desde las acciones y/o desde las palabras de las personas y da una explicación, un significado, a esta información.

A continuación la Tabla L3 presenta un comparativo entre los dos tipos de investigaciones (Gill y Johnson, 2002):

Tabla M1: Comparación de Métodos Cuantitativos y Cualitativos (adaptado de: Gill y Johnson, 2002)

Métodos de Investigación Cuantitativa enfatizan	Métodos de Investigación Cualitativa enfatizan
1 Deducción	vs Inducción
2 Explicación vía análisis de relaciones causales y explicación por leyes (ética)	vs Explicación de sistemas de significado subjetivo y explicación vía el entendimiento
3 Generación y uso de información cuantitativa	vs Generación y uso de información cualitativa
4 Uso de controles, físicos o estadísticos, para permitir la prueba de hipótesis	vs Compromiso para investigar en escenarios usuales y minimizar la reacción de los sujetos de investigación
5 Metodologías de investigación altamente estructuradas para asegurar la replicabilidad de 1, 2, 3 y 4.	vs Estructuración mínima para asegurar 2, 3 y 4 (como resultado de 1)

Otros métodos para la Investigación Cualitativa

- *Etnografía y Observación Participante*

La Etnografía y la Observación Participante son dos métodos muy ligados entre sí. Ambas están enraizadas en estudios antropológicos, por lo que centran su atención en explorar la naturaleza de los fenómenos sociales. Losada y López-Feal (2003) mencionan que el trabajo de campo y la observación participante en situaciones naturales durante largos periodos de tiempo, constituyen la base de la metodología etnográfica. A su vez la observación participante constituye el marco para la utilización de otras técnicas de recogida de información, tales como la entrevista, historias de vida, notas de campo, documentos, etc. Sin embargo, debido a las características de los objetivos planteados en la investigación, la observación intensa de una organización específica no fue prevista, por lo que ambas metodologías fueron descartadas.

- *Entrevista y Grupos de Discusión Participativa*

La Entrevista se define como una reunión para intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados). En el último caso podría ser tal vez una pareja o un grupo pequeño como una familia, esto sin intentar llevar a cabo una dinámica grupal, lo que sería un Grupo de discusión participativa (Hernández et al., 2006). Sin embargo, ninguno de estos dos métodos está contemplado en la presente investigación puesto que se pretende examinar un mayor número de casos en menos tiempo con la finalidad de tener más validez al generalizar los resultados.

- *Análisis de Documentos*

El Análisis de documentos se puede utilizar como única fuente o combinado con otros métodos de recogida de datos. La información puede provenir de documentos personales, diarios personales, documentos públicos, informes y otros materiales, tales como fotografías, películas, cintas de video, etc. Implica el

estudio del significado de las palabras y acciones de las personas y el hecho de que los resultados de la investigación cualitativa derivan de forma inductiva de estos datos (Losada y López-Feal, 2003). La presente investigación involucra el análisis de documentos como artículos científicos, sin embargo, no se considera que los distintos materiales mencionados en esta metodología vayan a aportar algo valioso a los objetivos de la investigación.

REFERENCIAS

Anshuman, T., 2005, Application of Design Structure Matrix (DSM) to Early Drug Research and Development Process, *7th International DSM Conference, 2005*.

Arias Galicia, F. 1975. *Introducción a la Técnica de Investigación en Ciencias de la Administración y del Comportamiento*. Editorial Trillas, 3ª Edición, pp. 251.

Batallas, D.A., Yassine, A.A., 2004, Information Leaders in Product Development Organizational Networks: Social Network Analysis of the Design Structure Matrix, *Presented at “Understanding Complex Systems” Symposium, University of Illinois at Urbana-Champaign, May 17-20, 2004*.

Besner, C. and Hobbs, B. 2004, An Empirical Investigation of Project Management Practice: In reality, which tools do practitioners use? *Proceedings of the 3rd PMI Research Conference*, London, England.

Browning, T.R., 2003, Product Development Project Cost, Schedule and Risk Management Using the Design Structure Matrix (DSM), February 27, 2003.

Browning, T.R., 2001, Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 48, No. 3, pp. 292-306.

Chun-Hsien, Ch., Shih Fu, L., Wei, Ch., 2003, Project Scheduling for Collaborative product development using DSM, *International Journal of Project Management*, Vol. 21, pp. 291-299.

Coolican, H. 2005. *Métodos de Investigación y Estadística en Psicología*. Editorial Manual Moderno, 3ª Edición.

Creswell, J.W., 2007. *Qualitative Inquiry and Research Design, Choosing among five approaches*. Editorial Sage, 2a Edición, pp.395

Eppinger, S.D., 2001, Innovation at the Speed of Information, *Harvard Business Review*, Vol. 79, Iss. 1, page 149.

Eppinger, S.D., 2007, Managing Complex Product Development Projects: New Concurrent Development Strategies for Streamlining Complex Processes & Developing New Products More Quickly, *The MIT Sloan School of Management*

Gill, J., y Johnson, Ph. 2002. *Research Methods for Managers*. Editorial Sage, 3ª Edición, pp. 233.

Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., Baptista Lucio, P. 2006. *Metodología de la Investigación*. Editorial Mc Graw Hill, 4ª Edición, pp. 850.

Losada, J.L., y López-Feal, R., 2003. *Métodos de Investigación en Ciencias Humanas y Sociales*. Editorial Thomson, pp. 246.

Maheswari, J.U., and Varghese, K., 2005, Project Scheduling Using Dependency Structure Matrix, *International Journal of Project Management*, Vol. 23, Iss. 3, pp. 223-230.

Maheswari, J.U., and Varghese, K., 2005, A Structured Approach to Form Dependency Structure Matrix for Construction Projects, 22nd. *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, ISARC September 11-14, Ferrara (Italy).

Marshall, C., Rossman, G.B., 1999. *Designing Qualitative Research*. Editorial Sage, 3rd Edición, pp. 224.

Méndez, I., Namihira, D., Moreno, L., Sosa, C., 1990. *El Protocolo de Investigación, lineamientos para su elaboración y análisis*. Editorial Trillas. 2ª edición.

Oloufa, A.A., Hosni, Y.A., Fayez, M., Axelsson, P., 2003, Using DSM for Modeling information Flow in Construction Design Projects, *Civil Engineering and Environmental Systems*, Vol. 00, pp. 1-21.

Project Management Institute, 2004. A Guide to the Project Management Body of Knowledge “PMBOK guide”. Third Edition.

Soo-Haeng C., Eppinger, S.D., 2005, A Simulation-Based Process Model for Managing Complex Design Projects, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 52, No. 3, pp. 316-328.

Steward, D.V., Williams, S., 2007, History of the DSM Concept, *Problematics web page*: <http://www.problematics.com/about.asp>

Vazquez Higuera, J., 2004, Aplicación del Método DSM (Design Structure Matrix) en etapas de Diseño en Construcciones Industriales, *Tesis Tecnológico de Monterrey*.

White, D., Fortune, J. 2002. Current Practice in Project Management, an empirical study. *International Journal of Project Management*. Pp. 1-11.

Woodman, K.L., Bilardo Jr., V.J., 2005, Applying the Design Structure Matrix (DSM) Technique to NASA Organizational Design, *NASA APPL 2nd Project Management Challenge Conference*, March 2005.

Yassine, A., Braha, D., 2003, Complex Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix Method, *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 11, No. 3, pp. 165-176.

Yassine, A.A., Whitney, D.E., Lavine, J., Zambito, T., 2000, Do-It-Right-First-Time (DRFT) approach to Design Structure Matrix (DSM) Restructuring, *Proceedings of DETC, ASME 2000 International Design Engineering Technical Conferences*, Sep-10-13, 2000. Baltimore, Maryland.

Yassine, A.A., 2004, An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method, *Product Development Research Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign*.

Yin, R. K., 1994. *Case Study Research, design and methods*. Editorial Sage, 2nd edition, pp.170.