



CLASE 9: RESOLUCIÓN CREATIVA DE PROBLEMAS

Versión 2.0, 2020 – Jacqueline Köhler C.

MOTIVACIÓN

Algunas personas dicen que la palabra ingeniero (en inglés *engineer*) proviene de la palabra inglesa para motor (*engine*). Otros dicen que proviene de ingenio. Aunque es difícil saber cuál de las dos versiones es la correcta, ambas están relacionadas con la labor de un ingeniero. En este caso particular, nos centraremos en la idea de ingenio, pues los ingenieros nos dedicamos a resolver problemas.

Muchas veces, los problemas que resolvemos son sencillos o son muy parecidos a otros que ya conocemos, lo que facilita enormemente su resolución. Pero también es frecuente que tengamos que resolver problemas nuevos y complejos, donde se requiere que usemos todos nuestros conocimientos, creatividad, perspectivas diferentes, pensamiento crítico, metodologías y estrategias para idear su resolución.

Desde esta clase en adelante, conoceremos y aplicaremos una estrategia o metodología que nos ayude a resolver problemas pensando y decidiendo como ingenieros.



ACTIVIDAD 1

1. ¿Cuál crees tú que es una secuencia mínima de pasos para resolver un problema cualquiera?
2. Imagina que tienes que estudiar para una PEP, es tarde en la noche, se quemó la ampolla de tu única lámpara y no tienes dónde ir a comprar otra:
 - a. Identifica cuál es, según tú, el problema de fondo en esta situación.
 - b. Propón tres alternativas diferentes para el problema que identificaste.



ACTITUDES Y HÁBITOS DE ALGUIEN QUE RESUELVE PROBLEMAS

Antes que ingenieros somos personas, y como tales, debemos siempre tener conciencia de nuestras actitudes y nuestros hábitos. A continuación, veremos una tabla propuesta por Fogler y LeBlanc (1994) de características efectivas e inefectivas para resolver problemas.

TABLA 1: Características de solucionadores de problemas efectivos e inefectivos.

Característica	Efectivo	Inefectivo
Actitud	Creer que el problema puede ser resuelto.	Rendirse fácilmente.
Acciones	Releer el problema varias veces.	No hacer nada y esperar que una solución aparezca.
	Redescribir el problema.	Quedarse con la definición inicial del problema.
	Hacerse preguntas.	
	Construir un mapa mental.	
	Hacer bosquejos y escribir ecuaciones.	
	No saltar hacia las conclusiones.	Saltar hacia las conclusiones.
Precisión	Revisar y volver a revisar.	No revisar.
Procedimientos de solución	Descomponer el problema en subproblemas.	No descomponer en subproblemas.
	Comenzar desde el primer punto que se comprende.	No saber dónde comenzar.
	Usar unos pocos conceptos clave como bloques de construcción.	No identificar conceptos clave.
	Usar heurísticas.	Adivinar.
	Perseverar ante el estancamiento.	Darse por vencido.
	Usar descripciones y fórmulas cuantitativas.	No usar descripciones y fórmulas, o usarlas de manera vaga.
	Llevar un seguimiento (traza) del progreso.	No usar un formato claro para seguir el progreso.

Por otra parte, Covey (1989) identifica 7 hábitos de las personas altamente efectivas. Fogler y LeBlanc (1994) hacen el siguiente resumen¹:

1. *Sé proactivo*: toma la iniciativa y haz que las cosas pasen. Busca agresivamente nuevas ideas e innovaciones. No dejes que un ambiente negativo afecte tu comportamiento y tus decisiones.

¹ Traducción libre de la autora.



Trabaja en cosas que puedes hacer algo al respecto. Si te equivocas, reconócelo y aprende de ello.

2. *Comienza con el fin en mente:* ten claro hacia dónde vas y asegúrate de que todos los pasos que des vayan en la dirección correcta. Primero determina correctamente las cosas que debes lograr y luego cómo conseguirlo. Escribe una declaración de misión personal que describa hacia dónde quieres ir, qué quieres ser y cómo cumplirlo.
3. *Primero lo primero:* haz cada día una lista de tus prioridades más importantes para la semana siguiente y asigna tiempo para trabajar en ellas. Revisa continuamente y prioriza tus metas. Di NO a las tareas que no son importantes. Céntrate en las tareas importantes, aquellas que tendrán un impacto si las piensas y planeas cuidadosamente.
4. *Pensar en ganar-ganar:* ganar-ganar es el esquema mental que busca beneficios mutuos para todas las personas involucradas en soluciones y acuerdos. Identifica los aspectos claves y resultados que constituyen una solución completamente aceptable para todos. Haz que todos los involucrados en la decisión se sientan bien acerca de ella y comprometidos con un plan de acción.
5. Busca primero comprender, después ser comprendido: Aprende todo lo que puedas sobre una situación. Escucha. Trata de ver el problema desde la perspectiva de la otra persona. Ten la voluntad de querer adaptarte en la búsqueda de ser comprendido. Presenta las cosas en forma lógica, no emocional. Se creíble, empático y lógico.
6. Sinergia: haz el todo mayor que la suma de sus partes. Valora las diferencias en la gente con la que trabajas. Fomenta la comunicación abierta y honesta. Ayuda a todos a hacer salir lo mejor de los demás.
7. Renovación: renueva las cuatro dimensiones de tu naturaleza:
 - Física: ejercicio, nutrición, control del stress.
 - Mental: leer, pensar, visualizar, planificar, escribir.
 - Espiritual: valorar la claridad y el compromiso, estudiar, meditar.
 - Social y emocional: servicio, empatía, autoestima, sinergia.

La espiral ascendente: aprender, comprometerse, hacer, aprender, comprometerse, hacer, aprender...

ACTIVIDAD 2

La tabla 1 y los hábitos de Covey usan algunas palabras que aparecen frecuentemente en Ingeniería y que quizá no conozcas, tales como “heurística”, “traza” y “sinergia”. Investiga el significado de todas ellas e incorpóralas a tu vocabulario.



METODOLOGÍA PARA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Si buscamos en libros o en Internet, podremos descubrir que existen muchísimas estrategias y metodologías para resolver problemas, muchas de las cuales son aplicables desde una disciplina o una profesión. Pese a las diferencias, casi todas consideran una secuencia mínima de pasos:

1. Comprender el problema.
2. Concebir un plan.
3. Ejecutar el plan.
4. Revisar el resultado obtenido.

Desde una perspectiva ingenieril, modificaremos un poco la idea anterior, a fin de que nos sirva para resolver problemas más complejos. Así, podemos lograr una metodología con los 5 pasos que se explican a continuación.

1. *Definir el problema:* esta etapa es fundamental, pues en ella se establece la base de qué se quiere hacer y con qué objeto. Muchas veces el problema real (o de fondo) no es el que nos plantean o el que vemos en primera instancia. Por otra parte, pese a que desde la enseñanza media estamos acostumbrados a que nos den todos los datos para resolver un problema, en la práctica casi siempre debemos investigar información adicional a fin de comprender el problema a fondo.
2. *Generar alternativas de solución:* una vez identificado el problema real, siempre es adecuado proponer distintas alternativas de solución, a fin de no sesgarnos con una idea preconcebida y poder examinar distintas perspectivas. Por otra parte, en esta etapa podemos identificar más claramente los subproblemas asociados.
3. *Escoger el curso de acción:* esta etapa, en apariencia simple, también es importante. En ella se toman las principales decisiones para llevar a cabo el proyecto, tales como la mejor alternativa de solución, desde qué subproblema comenzar o cuál es el camino para implementar exitosamente la solución.
4. *Implementar la solución:* una vez tenemos claro el problema a resolver y escogimos la alternativa de solución más adecuada, debemos construirla. En general, esta etapa contempla obtener la aprobación del jefe, planificar cómo lo haremos, ejecutar el plan y hacer un seguimiento de la solución construida. Muchas veces es necesario volver atrás, a las etapas anteriores, a fin de poder lograr satisfactoriamente todos los objetivos del proyecto.
5. *Evaluar la solución:* esta etapa es crucial, pues su objetivo es comprobar que efectivamente resolvimos el problema y que todo funciona de acuerdo a lo esperado. Si bien suele verse como el final del proceso, en realidad debemos evaluar permanentemente, desde la etapa 1, que estemos haciendo las cosas de manera correcta y adecuada, y que los resultados de una etapa son los que requerimos para la siguiente.



ACTIVIDAD 3

1. Compara la secuencia de pasos para resolver problemas que propusiste en la actividad 1 con la que te presentamos acá. ¿Qué tan cerca estuviste?
2. Recuerda el problema de la actividad 1: imagina que tienes que estudiar para una PEP, es tarde en la noche, se quemó la ampolla de tu única lámpara y no tienes dónde ir a comprar otra:
 - a. Identifica cuál es, según tú, el problema de fondo en esta situación.
 - b. Propón tres alternativas diferentes para el problema que identificaste.

Usando lo que aprendiste en esta clase, repite el ejercicio considerando al menos tres alternativas de solución.

NOCIONES DE GESTIÓN DE PROYECTOS

Como ingenieros muchas veces nos veremos obligados a resolver problemas complejos y trabajando con un equipo de personas. En otras palabras, ejecutaremos un proyecto. Para ello debemos planificar qué vamos a hacer, quién se encargará de cada cosa, en qué orden lo haremos y cuándo lo haremos. La planificación es la parte más crucial de la gestión de proyectos, pues en ella se asignan tiempos y recursos, se identifican los cuellos de botella e hitos del proyecto y se bosqueja un camino para llegar a la solución completa.

Existen muchas herramientas y técnicas para planificar un proyecto, de las cuales veremos unas pocas de las que resultan más sencillas.

CARTA GANTT

OBS Business School (2016) explica que la carta Gantt es una herramienta gráfica para planificar y gestionar proyectos que ayuda a manejar bien el tiempo y la organización de una serie de tareas, para cumplir de forma ordenada con las diferentes fases de un proyecto. No es más que un cronograma, representado por un gráfico con barras horizontales. Los autores mencionados establecen los siguientes pasos para su elaboración:

1. *Comprender la estructura del proyecto.* El diagrama de Gantt ayuda a lograr el objetivo final de la planificación y la implementación correcta de cada etapa. Conocer todas y cada una de las actividades que intervienen en las fases del proyecto y cómo se relacionan entre sí resulta fundamental.
2. *Reunir la información necesaria acerca de todos los pasos o procesos que forman parte del desarrollo del plan y los recursos que se requieren en cada momento.* Ésta será la información



que empleará el director del proyecto como punto de partida para construir el diagrama de Gantt.

3. *Determinar los plazos que llevará cada actividad.* Asignaremos un tiempo de realización a cada tarea o fase del proyecto. La longitud de las barras horizontales en el diagrama de Gantt es la que representa la duración de cada etapa.
4. *Programar las tareas a realizar para ajustar bien los plazos, escalonar los procesos y eliminar tiempos muertos.* Para cada etapa, debemos fijar una fecha de ejecución. Así, el diagrama de Gantt será de gran ayuda para cumplir con el plazo límite de entrega final del proyecto.
5. *Colocar todas las barras de las tareas a realizar en el gráfico.* El diagrama de Gantt ensambla todas las piezas con un objetivo temporal fijado. A mayor plazo para la realización del proyecto, aquellos procesos de menor tamaño, se verán más claros.
6. *Evaluar y asignar las relaciones de dependencia entre las diferentes etapas o tareas del proyecto.* Observando el diagrama de Gantt debe quedar claro en un golpe de vista el orden en que deben desarrollarse las actividades, cuáles de ellas quedan subordinadas a otras y cuáles son independientes.
7. *Implementar el diagrama de Gantt en una aplicación de software.* Es una opción muy práctica porque algunas poseen características avanzadas que ayudan a una visualización mejor del diagrama de Gantt y a una toma de decisiones mejor orientada.

Hay ocasiones en las que adicionalmente se designa un responsable para cada una de las tareas, quedando clara la asignación de personas para realizar el trabajo.

Cambridge International Examinations (2017) proporcionan el siguiente ejemplo para entender las cartas Gantt:

La tabla 2 muestra las tareas, dependencias y duraciones estimadas que el jefe de un proyecto de desarrollo de software debiera incluir en una carta Gantt:

La tarea 1 no tiene antecesores, por lo que puede comenzar el jueves 12 de junio de 2015. La carta Gantt de la figura 2 muestra que termina el lunes 15 de junio (¡no trabajamos los fines de semana!). Para comenzar la tarea 2 es necesario haber completado la tarea 1 y dura 3 días, por lo que abarca desde el 16 al 18 de junio. Siguiendo la misma línea de razonamiento, se obtiene la carta Gantt de la figura 1.



TABLA 2: Lista de tareas de un proyecto.

Inicio del proyecto: 12 de junio de 2015			
Identificador de tarea	Descripción de tarea	Tarea(s) anterior(es)	Duración (días)
1	Establecer el proyecto	-	2
2	Establecer requisitos del cliente	1	3
3	Elaborar documentos de especificación de software	2	4
4	Elaborar planes de prueba	3	1
5	Escribir código	3	2
6	Pruebas de desarrollo	5	2
7	Pruebas de sistema	4, 6	4
8	Escribir documentación para el cliente	3	3

				12 de junio	15 de junio	16 de junio	17 de junio	18 de junio	19 de junio	22 de junio	23 de junio	24 de junio	25 de junio	26 de junio	29 de junio	30 de junio	01 de julio	02 de julio	03 de julio	06 de julio
Id	Inicio	Término	Duración (días)																	
1	12 de junio	15 de junio	2																	
2	16 de junio	18 de junio	3																	
3	19 de junio	24 de junio	4																	
4	25 de junio	25 de junio	1																	
5	25 de junio	26 de junio	2																	
6	29 de junio	30 de junio	2																	
7	01 de julio	06 de julio	4																	
8	25 de junio	29 de junio	3																	

FIGURA 1: Carta Gantt de un proyecto a partir de su lista de tareas.

Alvear (2017) propone el ejercicio de crear la carta Gantt para el siguiente proyecto:

Una empresa constructora desea planificar las actividades necesarias para su nuevo proyecto, la construcción de un centro comercial en Isla de Pascua. El proyecto comienza con la tarea A (estudios y mecánica de suelos), que tiene una duración de 7 semanas. Una vez completada la mecánica de suelos, es posible iniciar paralelamente las tareas B y C. La tarea B consiste en la perforación del suelo para la instalación de las bases del estacionamiento subterráneo y tiene una duración de 8 semanas. La tarea C consiste en la prefabricación de los pilares de concreto que sustentarán la infraestructura y su duración es de 5 semanas.

Una vez finalizadas las tareas anteriores, se llevan a cabo las tareas D, cuya duración es de 5 semanas y consiste en la instalación de los pilares de concreto, y E, de 4 meses de duración, consistente en la construcción de la obra gruesa.

Una vez completa la obra gruesa, es posible instalar los ductos de aire acondicionado (tarea F, 90 días de duración), revestir con revestimiento con pintura intumescente y pintado (tarea G,



toma 2 meses) e instalar equipamiento base como ascensores y escaleras mecánicas (tarea H, demora 1 mes). El término de la tarea F hace posible comenzar con la tarea I, cuya duración es de 3 semanas y consiste en la instalación de los equipos de aire acondicionado. Por otra parte, una vez completada la tarea G comienza la tarea J, consistente en la instalación del mobiliario, con una duración de 20 días.

Antes de abrir las puertas del centro comercial, se deben realizar las tareas K y L, consistentes en la revisión de seguridad y la tramitación del permiso municipal, respectivamente. La primera se puede desarrollar una vez finalizada la actividad de pintado, mientras que la tramitación de la recepción municipal de las obras se puede ejecutar una vez finalizada la instalación del equipamiento base. Ambas actividades tienen una duración de 10 días.

Solución:

Para el desarrollo del ejercicio, supondremos que una semana tiene 5 días hábiles (lunes a viernes) y un mes, 20. La tabla 3 resume el enunciado anterior identificando cada tarea, sus antecesoras y su duración en días. La figura 2 muestra la carta Gantt solicitada.

TABLA 3: Lista de tareas para construir centro comercial.

Identificador de tarea	Descripción de tarea	Tarea(s) anterior(es)	Duración (días)
A	Estudios y mecánica de suelos	-	35
B	Perforación del suelo	A	40
C	Prefabricación pilares de concreto	A	25
D	Instalación pilares de concreto	B, C	25
E	Construcción de obra gruesa	B, C	80
F	Instalar ductos de aire acondicionado	E	90
G	Revestimiento y pintado	E	40
H	Instalación de equipamiento base	E	20
I	Instalación de equipos de aire acondicionado	F	15
J	Instalación de mobiliario	G	20
K	Revisión de seguridad	G	10
L	Tramitación permiso municipal	H	10

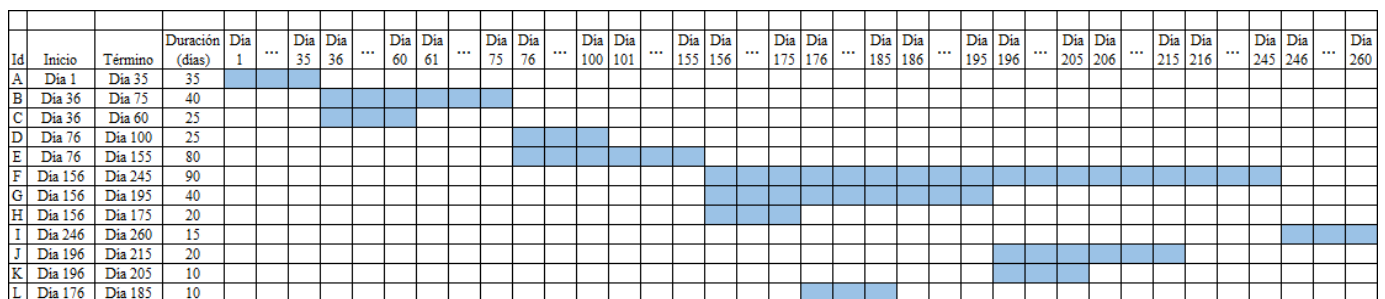


FIGURA 2: Carta Gantt para construir un centro comercial.



CARTA DE DESPLIEGUE

Otra herramienta ampliamente utilizada en la planificación de proyectos es la carta de despliegue, muy útil cuando necesitamos trabajar como equipo para lograr una solución. Nos permite asignar responsabilidades mayores o menores a los miembros del equipo para las diferentes tareas. Supongamos que el equipo de trabajo para el proyecto del ejemplo anterior está conformado por Paula, Andrea, Pedro y José. La figura 3 muestra la carta del despliegue para el proyecto, designando tareas a los distintos miembros del equipo. La X denota una responsabilidad mayor.

Tarea \ Miembro del equipo	Paula	Andrea	Pedro	José
1 Establecer proyecto	Todos			
2 Establecer requisitos del cliente	Todos			
3 Elaborar especificación de software	Todos			
4 Elaborar planes de pruebas		X		
5 Escribir código	X		X	Apoyo
6 Pruebas de desarrollo		X		Apoyo
7 Pruebas de sistema	Todos			
8 Escribir documentación para el cliente		Apoyo		X

FIGURA 3: Carta de despliegue.

RUTA CRÍTICA

Fogler y LeBlanc (1994) explican que se usa este diagrama para identificar los puntos críticos del proceso. Dichos puntos son aquellos que, si se retrasan, retrasarán la totalidad del proyecto.

Para elaborar este diagrama, se dibujan recuadros con todas las tareas y se conectan mediante flechas de acuerdo a su dependencia. La ruta crítica suele estar dada, además, por la duración de las tareas. La figura 4 muestra la ruta crítica (flechas continuas) para el ejemplo revisado en la carta Gantt.

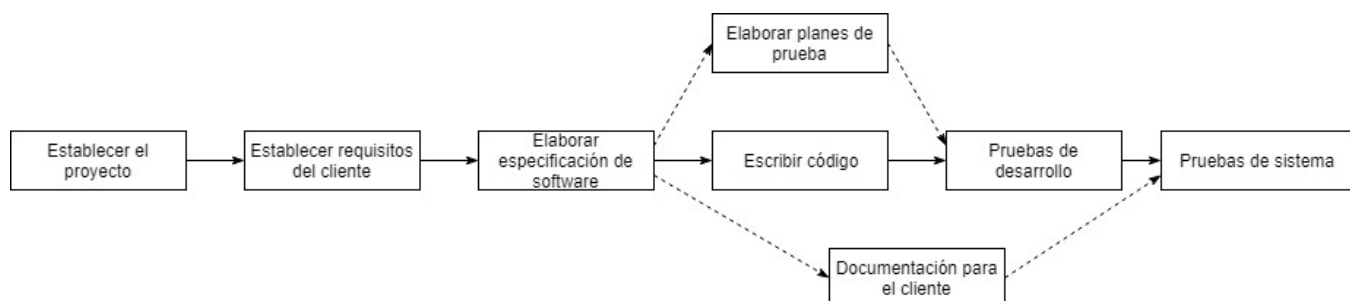


FIGURA 4: Diagrama de ruta crítica.



ACTIVIDAD 4

1. Elabora una carta Gantt, una carta de despliegue y un diagrama de ruta crítica para planificar una ida a acampar con tus amigos de una semana de duración.
2. Repite el ejercicio anterior para planificar la preparación de tallarines con salsa boloñesa.

CONCLUSIÓN

Para ser buenos ingenieros no solo necesitamos sólidos conocimientos técnicos de nuestra especialidad y una fuerte base matemática. También debemos desarrollar una serie de valores, actitudes y habilidades. Una de las metas a lograr en este ámbito es saber resolver problemas de manera efectiva, por lo que es importante tener una forma de trabajar que nos ayude en esta tarea.

REFLEXIONA...

En un máximo de 10 líneas, menciona los dos hábitos de Covey que más necesitas desarrollar y explica por qué.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ALVEAR, A. (2017). *EJERCICIO CARTA GANTT Y MALLA PERT*, obtenido en junio 2018 desde: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxpbnmcxMjB1ZGxhfGd4OjQ0MWI2NmJhNDMxYmFODQ>.
- CAMBRIDGE INTERNATIONAL EXAMINATIONS (2017). *PERT and GANTT charts*, obtenido en mayo 2018 desde: <http://www.cambridgeinternational.org/images/285027-topic-4.4.3-project-management-pert-and-gantt-charts-9608-.pdf>.
- COVEY, S. R. (1989). *The 7 Habits of Highly Effective People*, Simon & Schuster, USA.
- FOGLER, H. S.; LEBLANC, S. E. (1994). *Strategies for Creative Problem Solving*, Prentice Hall, USA.
- OBS BUSINESS SCHOOL (2016). *Cómo se construye un diagrama de Gantt*, obtenido en mayo 2018 desde:



<https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/diagramas-de-gantt/como-se-construye-un-diagrama-de-gantt>