

# Modelo de optimización matemática para planificación semanal personalizada con recursos variables

Buscando configuraciones factibles para estudio, deporte y trabajo en una  
vida equilibrada

Gabriel Gallardo R.  
3 de mayo de 2025  
Santiago de Chile

## Resumen

La vida moderna a menudo implica equilibrar múltiples responsabilidades en diferentes dominios como el trabajo, el estudio y el bienestar personal (por ejemplo, deportes). Las personas experimentan fluctuaciones naturales en la energía mental y física a lo largo del día y la semana, lo que impacta su rendimiento y potencial para entrar en un estado de flujo. Además, las demandas semanales pueden variar significativamente. Este artículo presenta un modelo de Programación Entera Mixta (PEM, o MIP por sus siglas en inglés) diseñado para generar horarios semanales optimizados. El modelo tiene como objetivo maximizar la alineación entre los requisitos de las tareas (demandas mentales/físicas) y los niveles de energía predichos por el usuario en diferentes momentos, maximizando así la idoneidad general de la tarea o el "potencial de flujo". Considera explícitamente tareas obligatorias, cargas semanales variables, requisitos fijos de sueño y evita el solapamiento de tareas, creando un horario personalizado y equilibrado.

# Índice de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Formulación del Problema</b>	<b>1</b>
2.1. Conjuntos e Índices . . . . .	2
2.2. Parámetros . . . . .	2
2.2.1. Cálculo del Parámetro de Adecuación ( $S_{t,s}$ ) . . . . .	3
2.3. Variables de Decisión . . . . .	4
2.4. Función Objetivo . . . . .	4
2.5. Restricciones . . . . .	4
2.5.1. R1: Completar Tareas Obligatorias . . . . .	4
2.5.2. R2: No Solapamiento de Tareas . . . . .	5
2.5.3. R3: Restricción de tareas fijas . . . . .	5
2.5.4. R4: Límite del Horizonte Temporal . . . . .	5
<b>3. Tipo de Modelo y Enfoque de Solución</b>	<b>5</b>
<b>4. Discusión y Aplicaciones Potenciales</b>	<b>5</b>
<b>5. Conclusión</b>	<b>6</b>
<b>Referencias</b>	<b>7</b>

# Índice de Tablas

1. Conjutos e indices del modelo . . . . .	2
2. Parámetros del Modelo . . . . .	2
3. Variables de decisión . . . . .	4

# 1. Introducción

Gestionar eficazmente el tiempo entre diversas actividades como estudios exigentes, trabajo profesional y entrenamiento físico es un desafío significativo. A este desafío se suman las variaciones inherentes en los niveles de energía mental y física de un individuo a lo largo del día. Realizar tareas cognitivamente demandantes durante períodos de baja energía mental puede llevar a una productividad reducida y mayor fatiga. De manera similar, el rendimiento físico está ligado a los niveles de energía física.

Un objetivo común es alcanzar un estado de "flujo", donde uno está completamente inmerso y energizado en una actividad. Este estado suele ser más fácil de alcanzar cuando las demandas de la tarea se alinean bien con la capacidad actual de uno. Este problema de planificación se vuelve aún más complejo debido a las cargas de trabajo semanales variables: algunas semanas pueden requerir más enfoque en el trabajo, otras en los estudios, mientras que el tiempo para los deportes puede ser flexible dependiendo de otros compromisos y esto sin considerar las posibles responsabilidades que están ligadas a horarios definidos como clases, evaluaciones o reuniones.

Este artículo propone un modelo de optimización matemática para abordar este complejo problema de planificación. El objetivo es asignar tareas a intervalos de tiempo específicos dentro de una semana para maximizar la "idoneidad" general del horario, definida por qué tan bien coinciden las demandas de las tareas con los niveles de energía del usuario en los momentos asignados. El modelo busca encontrar un equilibrio entre diferentes tipos de actividad, respetar restricciones estrictas como un período de sueño de 8 horas y acomodar prioridades semanales variables. Al formalizar el problema, podemos aprovechar potentes "solvers" de optimización para encontrar horarios personalizados de alta calidad.

# 2. Formulación del Problema

Modelamos el problema de planificación semanal como un problema de Programación Entera Mixta, específicamente un tipo de problema de "scheduling". Los componentes clave se definen a continuación:

## 2.1. Conjuntos e Índices

**Tabla 1:** Conjuntos e índices del modelo

Conjunto	Descripción
$\mathcal{T}$	Conjunto de todas las tareas a planificar durante la semana (ej., $T = \text{“Estudiar Tema 1”}, \text{“Informe Trabajo”}, \dots$ ). Índice $t \in T$
$\mathcal{B}$	Conjunto de bloques de tiempo discretos dentro de la semana (ej., $\mathcal{B} = \{0, 1, \dots, 167\}$ para intervalos horarios). Índice $b \in \mathcal{B}$ . Sea $ \mathcal{B} $ el número total de intervalos
$\mathcal{K}$	Conjunto de tipos de tareas (ej., $K = \{\text{“Estudio Alta Cognición”}, \text{“Deporte”}, \dots\}$ ). Índice $k \in K$

## 2.2. Parámetros

Estos son los datos de entrada requeridos para el modelo:

**Tabla 2:** Parámetros del Modelo

Parámetro	Descripción
$D_t$	Duración estimada de la tarea $t$ (en número de bloques de tiempo)
$T_t$	El tipo $k \in K$ asociado con la tarea $t$
$R_t$	Parámetro binario: 1 si la tarea $t$ es obligatoria esta semana, 0 si es opcional
$F_t$	Parámetro binario: 1 si el inicio de la tarea es fijo, 0 si el inicio de la tarea es libre
$I_t$	Número de bloque en el que inicia la tarea, este solo importa en el caso en el que $F_t = 1$
$EM_b$	Nivel energía mental esperado para el bloque $b$ (ej., escala 1-5)
$EF_b$	Nivel energía física esperado para el bloque $b$ (ej., escala 1-5)
$DM_t$	Nivel de demanda mental requerido por la tarea $t$ (ej., escala 1-5)
$DF_t$	Nivel de demanda física requerido por la tarea $t$ (ej., escala 1-5)
$S_{t,b}$	Una puntuación que representa cuán adecuado o beneficioso es realizar la tarea $t$ durante el bloque $b$ , basada en niveles de energía y demandas

### 2.2.1. Cálculo del Parámetro de Adecuación ( $S_{t,s}$ )

El parámetro  $S_{t,b}$ , que representa la idoneidad o beneficio de realizar la tarea  $t$  en el bloque de tiempo  $b$ , es un componente crucial de la función objetivo (1). Estos valores no se determinan dentro del modelo de optimización en sí, sino que se calculan previamente para cada posible par  $(t, b)$  basándose en las características de la tarea y las predicciones de energía del usuario para el intervalo.

El método de cálculo implementado sigue una lógica ponderada, que considera múltiples factores:

- **Demandas de la Tarea:** Se toman en cuenta la  $DM_t$  y la  $DF_t$  de la tarea  $t$ .
- **Niveles de Energía:** Se utilizan los niveles estimados de  $EM_b$  y  $EF_b$  para el intervalo de tiempo  $b$ .
- **Componentes de Adecuación:** Se calculan puntuaciones separadas de adecuación mental ( $S^{\text{mental}}$ ) y física ( $S^{\text{física}}$ ). La lógica fundamental es alinear alta energía con alta demanda. Por ejemplo:
  - Para tareas con alta demanda mental (ej.,  $DM_t \geq 4$ ), la  $S_{\text{mental}}$  es mayor cuando la  $EM_b$  es alta.
  - Para tareas con alta demanda física (ej.,  $DF_t \geq 4$ , como 'Deporte'), la  $S^{\text{física}}$  es mayor cuando la  $EF_b$  es alta.
  - Para tareas de baja demanda mental, se podría incluso preferir niveles de energía mental más bajos o medios para evitar sobre-estimulación, reflejado en el aumento de  $S^{\text{mental}}$  cuando  $EM_b \sim 3$ .
  - Para tareas de baja demanda física (ej., estudio), podría preferirse energía física moderada, evitando tanto el agotamiento como la hiperactividad, reflejado en el aumento de  $S^{\text{física}}$  cuando  $EF_b \sim 3$ .
- **Ponderación por Tipo de Tarea:** El  $T_t$  de la tarea determina cómo se ponderan los componentes mental y físico. Se asignan pesos ( $w^{\text{mental}}$ ,  $w^{\text{físico}}$ ) que suman 1.0, reflejando la naturaleza principal de la tarea:
  - Tareas como 'Estudio\_Alto' o 'Trabajo\_Alto' asignan un peso mayor al componente mental (ej.,  $w^{\text{mental}} = 0.8$ ,  $w^{\text{físico}} = 0.2$ ).
  - Tareas como 'Deporte' asignan un peso mayor al componente físico (ej.,  $w^{\text{mental}} = 0.1$ ,  $w^{\text{físico}} = 0.9$ ).
  - Tareas flexibles o de baja intensidad ('Estudio\_Bajo', 'Personal') pueden tener pesos equilibrados (ej.,  $w^{\text{mental}} = 0.5$ ,  $w^{\text{físico}} = 0.5$ ).
- **Puntuación Final:** La adecuación total para el par  $(t, b)$  se calcula como la suma ponderada:

$$S_{t,s} = (w^{\text{mental}} \times S^{\text{mental}}) + (w^{\text{físico}} \times S^{\text{física}})$$

Es importante destacar que las fórmulas específicas utilizadas para calcular  $S^{\text{mental}}$ ,  $S^{\text{fisica}}$  y los valores exactos de los pesos ( $w^{\text{mental}}$ ,  $w^{\text{fisico}}$ ) son parametrizables y representan un ejemplo de cómo cuantificar la idoneidad. Estos pueden y deben ajustarse según el autoconocimiento del usuario, sus preferencias y la experiencia acumulada sobre su propio rendimiento y niveles de energía.

El resultado de aplicar esta función de cálculo para todos los  $t \in \mathcal{T}$  y  $b \in \mathcal{B}$  genera la matriz completa de valores  $S_{t,b}$  que se utiliza como entrada directa en el modelo de optimización para evaluar la calidad de las posibles planificaciones horarias.

## 2.3. Variables de Decisión

**Tabla 3:** Variables de decisión

Variable	Descripción
$x_{t,b}$	Variable binaria. $x_{t,b} = 1$ si la tarea $t$ comienza al inicio del intervalo de tiempo $s$ , y $x_{t,b} = 0$ en caso contrario

## 2.4. Función Objetivo

El objetivo es maximizar la adecuación total del horario:

$$\max Z = \sum_{t \in \mathcal{T}} \sum_{b \in \mathcal{B}} x_{t,b} \left( \sum_{i=0}^{D_t-1} S_{t,b+i} \right) \quad (1)$$

Para maximizar la suma de las puntuaciones de adecuación para todas las instancias de tareas planificadas. La suma interna calcula la adecuación total de la tarea  $t$  si comienza en el tiempo  $s$ .

## 2.5. Restricciones

El horario debe cumplir las siguientes reglas:

### 2.5.1. R1: Completar Tareas Obligatorias

Cada tarea obligatoria debe planificarse exactamente una vez.

$$\sum_{b \in \mathcal{B}} x_{t,b} = 1 \quad \forall t \in \mathcal{T} \text{ tal que } R_t = 1 \quad (2)$$

### 2.5.2. R2: No Solapamiento de Tareas

Como máximo, una tarea puede estar activa en cualquier bloque de tiempo  $b$ .

$$\sum_{t \in T} \sum_{i=0}^{D_t-1} x_{t,b-i} \leq 1 \quad \forall b \in \mathcal{B} \quad (3)$$

*Explicación:* Para cualquier bloque  $b$ , se suma sobre todas las tareas  $t$  que podrían estar activas en  $b$ . Una tarea  $t$  está activa si comenzó  $i$  intervalos antes de  $b$  ( $i$  desde 0 hasta  $D_t - 1$ ). Se asume  $x_{t,j} = 0$  si  $j \notin \mathcal{B}$ , el cual sería el caso si estamos evaluando la restricción fuera de nuestro horizonte temporal.

### 2.5.3. R3: Restricción de tareas fijas

Hay tareas que requieren ser iniciadas en un horario concreto, como reuniones, clases o el horario de sueño.

$$x_{t,I_t} = 1 \quad \forall t \in \mathcal{T} \text{ tal que } F_t = 1 \quad (4)$$

La restricción (3) evita otras tareas durante la duración de estas tareas.

### 2.5.4. R4: Límite del Horizonte Temporal

Las tareas no pueden comenzar si terminan después del último intervalo  $|\mathcal{B}|$ .

$$x_{t,b} = 0 \quad \forall t \in T, b \in \mathcal{B} \text{ tal que } b + D_t - 1 > |\mathcal{B}| \quad (5)$$

## 3. Tipo de Modelo y Enfoque de Solución

El problema formulado es un problema de Programación Entera Mixta (PEM o MIP) debido a las variables de decisión binarias  $x_{t,b}$ . Cae en la categoría de problemas de optimización de “scheduling”. Este tipo de modelo puede resolverse utilizando “solvers” MIP especializados como opciones comerciales (CPLEX, Gurobi) o alternativas de código abierto (SCIP). Bibliotecas de optimización como Google OR-Tools proporcionan interfaces a varios “solvers” e incluyen “solvers” de programación por restricciones (ej., CP-SAT) que son particularmente efectivas para problemas de “scheduling”.

## 4. Discusión y Aplicaciones Potenciales

Este modelo de optimización proporciona una forma sistemática de generar horarios semanales personalizados que consideran explícitamente niveles de energía fluctuantes y demandas de tareas. El principal beneficio es el potencial para mejorar la productividad y el bienestar al facilitar estados de flujo y asegurar un descanso adecuado.

La flexibilidad del modelo es una ventaja clave:

- La función  $S_{t,b}$  puede personalizarse según los patrones de energía y preferencias indi-



viduales.

- Las tareas opcionales ( $R_t = 0$ ) permiten al modelo seleccionar actividades basadas en el tiempo disponible y la adecuación, adaptándose a cargas semanales variables.
- Las tareas fijas ( $F_t = 1$ ) permiten al modelo manejar periodos de tiempo donde no se pueden colocar otras tareas.

Extensiones futuras podrían incluir la incorporación de tiempo de viaje, restricciones de ubicación, actualizaciones dinámicas basadas en el progreso real, o modelado más sofisticado de niveles de energía.

## 5. Conclusión

Se ha presentado un marco de optimización matemática usando Programación Entera Mixta para la planificación semanal personalizada. Al definir tareas, intervalos de tiempo, perfiles de energía y demandas de tareas, y optimizar para la máxima adecuación de tareas, el modelo genera horarios que equilibran diversas actividades, respeta restricciones como el sueño y alinea tareas con períodos óptimos de energía. Este enfoque ofrece una herramienta poderosa para individuos que buscan mejorar su gestión del tiempo, productividad y bienestar general al manejar horarios modernos complejos.

## Referencias

- [1] C. Newport, *Deep Work: Rules for Focused Success in a Distracted World*. Grand Central Publishing, 2016. Referencia conceptual relevante para la idea de 'flow' y trabajo enfocado.
- [2] F. S. Hillier and G. J. Lieberman, *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill Education, 11th ed., 2021. Ejemplo de libro de texto general sobre Investigación de Operaciones, que cubre Programación Lineal Entera.
- [3] G. AI, "Google or-tools documentation," 2024. Incluye CP-SAT, útil para problemas de scheduling. Disponible en: <https://developers.google.com/optimization>.
- [4] W. E. Hart, C. D. Laird, J.-P. Watson, D. L. Woodruff, *et al.*, *Pyomo Documentation*. Pyomo Developers, 2017. Disponible en: <https://pyomo.readthedocs.io/en/stable/>.
- [5] M. L. Pinedo, *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. Springer, 5th ed., 2016. Ejemplo de libro de texto enfocado en teoría y algoritmos de Scheduling.