



## Taller 2

# PROGRAMACIÓN POR RESTRICCIONES

Robinson Duque, Ph.D

robinson.duque@correounivalle.edu.co

Marzo de 2025

**Importante:** Esta parte del proyecto de curso está pensada para un total de 18 horas de trabajo individual (el equivalente a una dedicación de 6 horas de trabajo durante 3 semanas).

## Introducción

A continuación Usted encontrará una serie de ejercicios que debe resolver individualmente, modelando el problema enunciado como un COP, implementando el modelo en MiniZinc, haciendo pruebas y análisis de las pruebas enfocándose en la corrección del modelo (o sea análisis de optimalidad), y en la eficiencia de la(s) estrategia(s) de búsqueda implementadas.

## 1. Plantas de Energía

Un proveedor de energía tiene un parque de centrales eléctricas. Para simplificar, consideramos que el parque incluye solo una central nuclear ( $N$ ), una central hidroeléctrica ( $H$ ) y una central térmica ( $T$ ). Los costos de producción de un  $MW$  (megawatt) en cada una de las plantas se indican mediante  $c_N$ ,  $c_H$  y  $c_T$ . Las capacidades de producción diarias son por lo general  $1000MW$  para la central nuclear,  $300MW$  para la central hidroeléctrica y  $500MW$  para la central térmica, pero pueden llegar a variar en un futuro.

La empresa quiere planificar la producción de energía en un horizonte de  $n$  días para satisfacer la demanda diaria  $d_{s,i}$  estimada (en  $MW$ ) para cada uno de sus clientes  $s$  en el día  $i$ :

Tabla de demanda diaria				
Cliente	Día 1	Día 2	...	Día $n$
$S_1$	80	110	...	90
$S_2$	150	98	...	340
...	...	...	...	...
$S_m$	300	250	...	134

Es fundamental que, en el caso de que el proveedor de energía no pueda satisfacer la totalidad de la demanda en un día específico, se asegure de proporcionar al menos el 50 % ( $G = 50$ ) de la demanda requerida por cada uno de sus clientes. Este porcentaje puede variar según las políticas establecidas

por la central eléctrica o en situaciones en las que no sea posible alcanzar el mínimo requerido de demanda.

Además de los costos de producción, es fundamental considerar que cada cliente realiza un pago individual  $P_s$  por cada  $MW$ . Es importante destacar que estos pagos pueden variar de un cliente a otro, ya que cada uno maneja un valor diferenciado basado en sus acuerdos particulares con la central eléctrica.

El objetivo es cubrir la producción de energía en el horizonte de tiempo  $n$ , donde se busca maximizar la ganancia neta, la cual se calcula restando el costo de producción de la suma de los pagos realizados por la producción de energía entregada a cada cliente.

Usted como ingeniero ha sido contratado por la empresa energética y debe:

- Proponer un formato de entrada de datos **Datos.dzn** que permita configurar los parámetros del modelo (todos los parámetros del modelo deberán estar incluidos en este archivo).
- Generar 10 instancias con diferentes días, costos, capacidades, producciones diarias, necesidades de clientes, etc.
- Proponga un modelo genérico para solucionar el problema de las plantas de energía. Tenga en cuenta que en el ejemplo dado se especifican (3) plantas, pero el número de plantas puede variar en el futuro ya que se pueden crear nuevas plantas o eliminarlas. El modelo debe ser incluido en el pdf (i.e., parámetros, variables, restricciones, función objetivo) y utilizar notación formal para que soporte cualquier producción diaria, costos, número de días, clientes, etc.
- **Agregue esta restricción a su modelo:**

La capacidad máxima de la central hidroeléctrica es de  $300MW$ . Se dice que una producción superior al 80 % de esta capacidad (i.e.,  $240MW$ ) está en régimen alto. Para limitar el desgaste de las turbinas, está prohibido:

- Producir 2 días consecutivos en régimen alto. Este número de días y el porcentaje también deben considerarse como parámetros del modelo.

\* Implemente esta restricción para todas las centrales, el número de días consecutivos (régimen alto) de una central a otra puede variar.

- Implemente el modelo genérico en MiniZinc (**PlantaEnergia.mzn**).
- Incluya una tabla con pruebas realizadas sobre las 10 instancias creadas anteriormente y realice un análisis sobre los resultados obtenidos.

## 2. Informe con Modelos y Conclusiones

El grupo deberá entregar un informe del proyecto, en formato pdf, que contenga, al menos, los siguientes aspectos, por cada uno de los ejercicios desarrollados:

- El modelo: una descripción del modelo (parámetros, variables, restricciones, anotaciones de búsqueda) y una justificación de su adecuación al problema planteado.
- Detalles importantes de implementación: lo más relevante de la implementación, sin incluir código (por ejemplo restricciones redundantes y rompimiento de simetrías).
- La búsqueda: La descripción de las diferentes estrategias de búsqueda exploradas.
- Pruebas: descripción de las pruebas realizadas a su implementación.
- Análisis: del modelo, de las pruebas, de las estrategias de búsqueda.
- Conclusiones: Esta es una de las partes más interesantes del trabajo (pero no por ello la que más vale). En ella se espera que usted analice los resultados obtenidos y justifique claramente sus afirmaciones.

## 3. Evaluación

La evaluación de cada taller se hará de acuerdo al número de ejercicios desarrollados (idealmente todos), a la claridad y calidad de los informes y al funcionamiento de las implementaciones. En específico se calificará según los siguientes criterios:

1. **Definición de variables de los modelos (10):** Se espera que las variables de los modelos estén precisamente definidas (su significado), y sus dominios estén precisamente definidos. Nunca se confunden variables con parámetros. Además de estar precisamente definidos, los dominios de las variables son apropiados para los problemas que modelan y no contienen valores que desde el inicio se sabe que no pueden tomar.

2. **Definición de las restricciones de los modelos (15):** Se espera que al definir las restricciones de los problemas, se tengan en cuenta todas las restricciones mencionadas en el problema, modelando todos los aspectos relevantes. Las restricciones se definen independientemente de la implementación, en un lenguaje formal preciso y claro, y se justifica su corrección o adecuación, cuando esta no es evidente. Las restricciones, en general, no están condicionadas por los valores que puedan tomar las variables; este tipo de restricciones sólo se dejan en caso de no haber otra opción.
3. **Claridad para imponer restricciones que rompen simetrías (10):** Se espera que cuando el problema lo permita se definan restricciones que rompan simetrías, se expliquen claramente qué simetrías rompen y cómo recuperar las soluciones que se pierden al imponer esas restricciones. Si no hay lugar a restricciones que rompan simetrías, se espera al menos un párrafo argumentando por qué no, o que diga que no lograron definir ninguna.
4. **Claridad para imponer restricciones redundantes (10)** Se espera que cuando el problema lo permita se definan restricciones redundantes, se explique claramente por qué son redundantes y se justifique que con ellas el espacio de búsqueda se poda. Si no hay lugar a restricciones redundantes, se espera al menos un párrafo argumentando por qué no o que diga que no lograron definir ninguna.
5. **Claridad en la escogencia de las mejores estrategias de búsqueda (15):** Se espera que no sólo se hayan explorado los modelos con la estrategia de búsqueda por defecto, sino que se haya reflexionado alrededor del tema de la exploración, y producto de esa reflexión se hayan definido diversas anotaciones (al menos dos, pero pueden ser más) que den lugar a diversas estrategias de búsqueda y que se analicen y comparen dichos comportamientos aprovechando la estadística que provee MiniZinc sobre las búsquedas (nodos explorados, nodos fallidos, tiempo de respuesta, ...).
6. **Calidad de las pruebas (5):** Se espera que cada modelo se haya probado con un suficiente número de pruebas para poder analizar a profundidad el modelo. Por ello este criterio lo que evalúa es si esa batería de pruebas es suficiente para verificar la corrección del modelo y para explorar las diferentes estrategias de búsqueda y compararlas. También se espera que los resultados de las pruebas se sistematicen de alguna manera (tablas, gráficas, . . .) y se presenten en el informe.
7. **Coherencia entre los modelos, las implementaciones y los análisis presentados en el informe (25):** Se espera que todos los modelos descritos hayan sido implementados coherentemente en MiniZinc y que los análisis correspondan con las pruebas de esos modelos en MiniZinc.

8. **Redacción del informe (10):** Se espera que el informe sea completo, claro, preciso, fácil de leer, bien presentado, contenga los análisis más importantes y las conclusiones.

## 4. Instrucciones finales

Se debe entregar una carpeta (en formato zip) de nombre *PPR-CodEstudiante1-CodEstudiante2* que contenga los siguientes archivos:

1. Un archivo **readme.txt** que enumere y describa el contenido de la carpeta. Debe describir cómo correr los modelos.
2. Un informe (en formato PDF) que indique los aspectos más importantes de su modelo y de su implementación.
3. Todos los archivos fuentes (\*.mzn y \*.dzn) con la implementación de los modelos y los datos de prueba.