

# Funnys Company: Red de Producción y Distribución

Informe técnico

Syntax Terror



# Quiénes son

**Funnys Company** es una empresa chilena de productos para la entretención en el hogar. Actualmente opera una planta pequeña en Rancagua y distribuye sus productos directamente a distintas ciudades del país





# Problemática

En los últimos años, la **demanda ha crecido aceleradamente**. La capacidad de producción y la red de distribución actuales **no alcanzan** para cubrir el aumento proyectado. Es por esto que se hace urgente rediseñar la red de producción y distribución para asegurar cobertura nacional de forma eficiente y sostenible.

Si no se actúa ahora, la empresa puede correr el riesgo de no satisfacer la demanda futura, perder competitividad en el mercado y limitar su crecimiento a nivel nacional.

# Solución

En este contexto, como alternativas de solución, se abre la decisión sobre **dónde ubicar nuevas plantas** y **cómo distribuir** de manera que se minimicen los costos.

Es decir, se plantea la posibilidad de **abrir nuevas plantas** de producción en ciudades estratégicas (Antofagasta, Valparaíso, Santiago, Concepción y Puerto Montt), evaluando distintas capacidades de planta (pequeña o grande), junto con la **selección del servicio de transporte** más adecuado entre las alternativas disponibles.

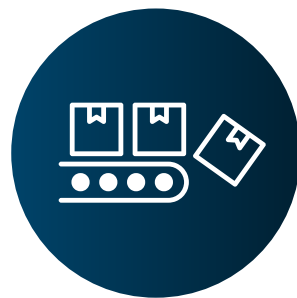


# Resolución

Para decidirlo, se plantea un **modelo matemático** de optimización, basado en programación entera mixta, que considera:



**1.** Ubicación y tipos de plantas



**2.** Capacidades de producción



**3.** Costos asociados



**4.** Medios de transporte

# Modelo Matemático

# Función Objetivo

---

$$\text{función } Z = \text{mín}\{\text{Costos fijos (apertura + operación)} + \text{Costos de producción} + \text{Costos de transporte}\}$$

El modelo minimiza el costo total que se compone de:

- **Costos fijos** (apertura y operación de plantas): Cada nueva planta requiere una inversión inicial y un gasto anual por mantenerla en funcionamiento.
- **Costos de producción**: Fabricar cada unidad tiene un costo variable, que depende del tipo y tamaño de la planta.
- **Costos de transporte**: Una vez producidos los bienes, deben enviarse a las distintas regiones del país, generando gastos asociados al tipo de transporte y la distancia

# Elementos del modelo

## Conjuntos

**Ciudades:** Posibles ubicaciones de plantas (Antofagasta, Valparaíso, Santiago, Concepción, Puerto Montt, Rancagua).

**Tipos de planta:** Pequeña o grande.

**Regiones:** r1, r2, r3, r4, r5 y r6 (zonas de demanda).

**Transportes:** AT1, AT2, AT3.

**Años:** 1, 2, 3.

## Variables de decisión

**Xij:** Abrir o no una planta (ciudad i, tipo j).

**Yikft:** Cuántas unidades se transportan (ciudad i → región k, en transporte f, en año t).

## Parámetros

**Costos fijos y variables.**

**Demanda:** Consumo esperado por región y año.

**Capacidad:** Producción máxima por planta y tipo.



# Restricciones

---

¿Cómo se asegura la factibilidad?

**1. Satisfacción de la demanda**

- Cada región debe recibir, como mínimo, la cantidad de productos que necesita en cada año.

**2. Capacidad de producción**

- Ninguna planta puede producir más unidades de las que permite su capacidad instalada.

**3. Unicidad de planta por ciudad**

- En el escenario inicial, solo se puede abrir a lo más planta por ciudad.

**4. Condición inicial en Rancagua**

- Rancagua ya cuenta con una planta pequeña activa desde el comienzo

# Supuestos

---

¿Bajo qué condiciones funciona el modelo?

**1. Rutas flexibles**

- Una misma ruta entre ciudad y región puede utilizar más de un tipo de transporte.

**2. Unicidad inicial**

- Solo se puede instalar a lo más planta por ciudad en el escenario base.

**3. Horizonte temporal**

- El modelo se proyecta para un período de 3 años.

# Resolución técnica

---

Implementación del modelo:

- Se programó en Python utilizando la librería PuLP.
- El problema se resolvió con el solver CBC (Coin-or Branch and Cut).

Proceso:

- El solver evalúa todas las configuraciones posibles de plantas y transportes.
- Selecciona la combinación que minimiza los costos totales (apertura, operación, producción y transporte).

Resultados generados:

- Qué plantas abrir y en qué ciudades.
- De qué tamaño deben ser (pequeña o grande).
- Qué medios de transporte utilizar en cada año y región.
- Los resultados se exportan automáticamente a archivos CSV para análisis y visualización.

# Resultados

# Solución Óptima

## I. Plantas de producción

**Rancagua – Planta pequeña**  
(ya implementada)

**Capacidad:** 4.636.446 u/año.

**Antofagasta – Planta pequeña**  
(nueva planta por abrir)

**Capacidad:** 4.636.446 u/año.

Es decir, solo se implementaría la nueva planta de producción pequeña en Antofagasta y se mantendría la planta pequeña de Rancagua.

# Solución Óptima

## II. Planes de despacho anuales

**Año 1:** todo se abastece desde Rancagua, pero sin alcanzar su capacidad máxima.

**Total:** 4.067.058  
( $\leq$  4.636.446 de capacidad de Rancagua)

Región	Origen	Servicio	Volumen
r1	Rancagua	AT2	951.776
r2	Rancagua	AT1	967.364
r3	Rancagua	AT2	512.051
r4	Rancagua	AT1	386.248
r5	Rancagua	AT3	946.174
r6	Rancagua	AT1	303.445

# Solución Óptima

## II. Planes de despacho anuales

**Año 2:** Rancagua produce el máximo de su capacidad y lo que falte se produce en Antofagasta.

**Total:**  $5.083.278 = 4.636.446$  (Rancagua, a tope) +  $446.832$  (Antofagasta).

Región	Origen	Servicio	Volumen
r1	Rancagua	AT2	657.229
	Antofagasta	AT1	446.832
r2	Rancagua	AT1	1.180.185
r3	Rancagua	AT2	645.185
r4	Rancagua	AT1	444.186
r5	Rancagua	AT3	1.315.182
r6	Rancagua	AT1	394.479

# Solución Óptima

## II. Planes de despacho anuales

**Año 3:** mantenemos Rancagua a capacidad máxima y Antofagasta cubre R1 y parte de R2.

**Total:**  $6.385.207 = 4.636.446$  (Rancagua, a tope) +  $1.748.761$  (Antofagasta).

Región	Origen	Servicio	Volumen
r1	Antofagasta	AT1	1.280.710
r2	Antofagasta	AT1	468.051
	Rancagua	AT1	971.774
r3	Rancagua	AT2	812.933
r4	Rancagua	AT1	510.813
r5	Rancagua	AT3	1.828.103
r6	Rancagua	AT1	512.823



# Limitaciones/Amenazas del Modelo

## Validación interna

- Los costos de apertura, operación, producción y transporte están considerados, pero se tratan como constantes (no varían año a año).
- Las ciudades candidatas fueron predefinidas (Antofagasta, Valparaíso, Santiago, Concepción, Puerto Montt, Rancagua), lo que puede introducir sesgo en el diseño.
- El horizonte de 3 años limita la proyección a corto plazo y no captura cambios operativos más largos.

## Validación externa

- El modelo es representativo para Chile, pero no generalizable a otros países con diferente geografía o costos.
- Las tasas de crecimiento de demanda son supuestos que pueden no cumplirse ante shocks externos.
- La escalabilidad es limitada: al aumentar ciudades, años o transportes, el modelo se vuelve más complejo de resolver.

# Nuevo escenario

Se plantea un nuevo escenario en donde **se permite instalar más de una planta** de producción en cada ciudad. Para esto, se realizaron los siguientes cambios en el modelo:

1. La variable de apertura de plantas  **$x_{ij}$**  paso de ser binaria a entera, ahora representando la cantidad de plantas de tipo  $j$  instaladas en la ciudad  $i$ .
2. Se elimina la restricción de unicidad que limitaba a 1 planta por ciudad (se relaja la restricción).
3. Se mantiene la restricción de que Rancagua debe tener al menos una planta pequeña (condición inicial) y se elimina la restricción de que no puede haber plantas grandes en Rancagua.

## Nuevo escenario

Con estos cambios al modelo se obtuvo:

- Con la configuración inicial (máximo una planta por ciudad), el costo total era de aproximadamente 445,6M mientras que con los nuevos cambios al modelo (permitiendo múltiples plantas por ciudad) el costo total bajó a aproximadamente 332,1 M.

Lo cual se generó al abrir 2 plantas pequeñas en Rancagua, siendo esta nuestra solución óptima dado el nuevo escenario.

Con estos resultados podemos concluir que al permitir abrir más de una planta por ciudad se logra una solución más barata y se observa que **Rancagua es la mejor ubicación para expandirse.**

# Validación del Modelo

---

## Cómo validamos:

- Hicimos pruebas de escenarios para comprobar que la solución del solver era realmente la más barata.
- Comparamos el caso original y el caso con restricción relajada (permitir más de una planta por ciudad).

## Pruebas que hicimos:

- Sin Antofagasta: sube el costo al mover despachos a otras ciudades.
- Forzar planta en Santiago/Valpo: los costos fijos extra aumentan los costos sin mejorar la red.
- Planta grande en Antofagasta: demasiado cara, no compensa con el transporte.
- Cambiar demanda o transporte: el modelo se ajusta de forma lógica → robusto.

A partir de esto, en el escenario original, corroboramos que la mejor opción fue Rancagua + planta pequeña en Antofagasta. Mientras que, al relajar la restricción, lo mejor pasó a ser 2 plantas en Rancagua, con un costo aún menor. En todos los casos alternativos, el costo subió → señal de que la solución encontrada era efectivamente la óptima.

# Impacto

---

## Relevancia Económica

- **Eficiencia y Productividad:** Ahorro proyectado de +\$113 millones al optimizar la red.
- **Sostenibilidad Financiera:** Asegura un crecimiento rentable y sostenible a largo plazo.

## Relevancia Científica

- **Aporte al Conocimiento:** Aplicación de modelos de optimización matemática para la toma de decisiones estratégicas.
- **Transferibilidad:** La metodología es replicable para futuros desafíos logísticos o en otras empresas.

## Relevancia Social

- **Beneficiarios:** Mejora la estabilidad laboral para los empleados y la disponibilidad de productos para los clientes a nivel nacional.
- **Impacto Ambiental:** Rutas más eficientes implican una potencial reducción de la huella de carbono.

# Conclusiones

---

- **La Localización Óptima es Crucial para la Reducción de Costos:** Expandir en Rancagua reduce costos totales en más de \$113 millones.
- **Los Costos de Apertura Limitan la Expansión:** Los altos costos fijos limitan la viabilidad de nuevas plantas grandes o en otras ciudades.
- **El Costo de Transporte Define la Ubicación Ideal:** Rancagua ofrece el mejor balance entre producción y distribución nacional.
- **Los Costos de Producción deben Balancearse con la Logística:** La ubicación debe minimizar conjuntamente costos de producción y transporte.
- **La Flexibilidad en el Diseño de la Red Genera Mayor Eficiencia:** Permitir más de una planta por ciudad mejora eficiencia y reduce costos significativamente.



The background is an underwater scene. The top half shows the water surface with ripples and light reflecting off it. Below the surface, there are several vertical light rays or sunbeams filtering down through the water. Small white bubbles and particles are scattered throughout the water, particularly near the surface and along the light rays. The overall color palette is dominated by deep blues and purples, with some lighter blue highlights from the sunlight.

**Gracias**