

# **Modelado de Contratos en Modalidad de Take Or Pay.**

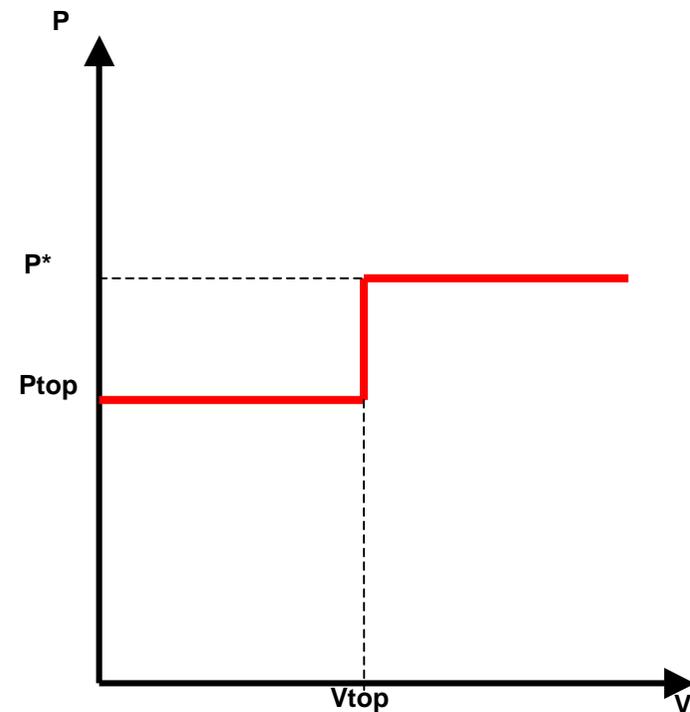
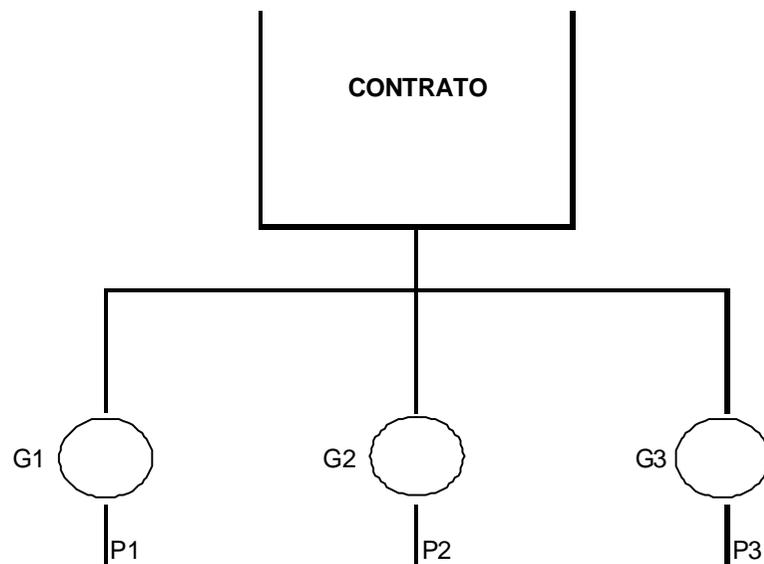
*Fernando Ron  
Elías Carnelli  
Enrique Briglia*

*IIEE – FING.  
Julio 2010*

- **El objetivo**

- Modelar, un primera aproximación “*muy sencilla*” contratos con cláusulas de *Take or Pay* (ToP)
- Escapa de este objetivo el estudio concreto del comportamiento del sistema uruguayo a este tipo de contrato, así como el análisis comparativo entre distintos combustibles

### **Hipótesis de trabajo**

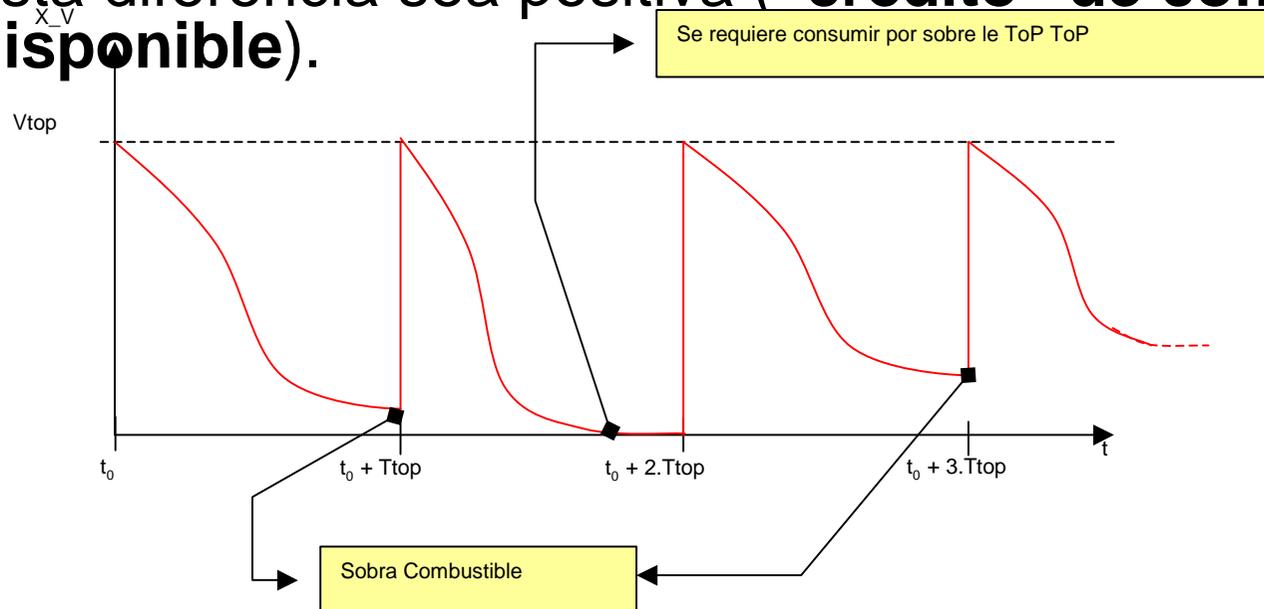


## Problemas:

- Evaluar el costo de oportunidad de utilizar el combustible en el presente vs. utilizarlo en el futuro.
- Definir como interactúan los diferentes actores (generadores) y eventualmente será necesario modificar su implementación.

## Variable de Estado ( $X_V$ )

- Es la diferencia entre  $V_{top}$  y el volumen efectivamente consumido dentro de cada período  $T_{top}$ , siempre y cuando esta diferencia sea positiva (**“crédito” de combustible disponible**).



Estado	Descripción
$X_{-}V_k$	El valor de la variable de estado en el paso $k$ y representa el volumen restante (sin consumir) del contrato de ToP vigente en dicho instante. Es lo <b>que se tiene disponible</b> en el ToP al inicio del paso.
$X_S_{-}V_k$	El valor de la variable de estado al finalizar el paso.

Control	Descripción
$V_k^{consumidoToP}$	Volumen que despacho de combustible por <b>debajo del disponible</b> en el paso $k$ (variable de control introducida por el actor ToP).
$V_k^{extraToP}$	Volumen que despacho de combustible por <b>sobre el disponible</b> en el paso $k$ (variable de control introducida por el actor ToP).

### Restricciones introducidas por el “Suministro de Combustible ToP”

$$X_{-}V_k - V_k^{ConsumidoToP} \geq 0$$

Garantiza que la variable de control no supere lo disponible en el ToP.

$$V_k^{ExtraToP} \geq 0$$

$$\sum_i Q_i \cdot \Delta t - V_k^{ConsumidoToP} - V_k^{ExtraToP} = 0$$

$Q_i$  es el volumen por unidad de tiempo que consume la maquina  $i \Rightarrow$  modificar las maquinas para obtener  $Q_i$  en función de  $P_i$

## Modelado en el SimSEE

- Nuevo actor “**Suministro de Combustible**” permitiendo la selección de un **Tipo de Combustible**.
- Nuevo actor “**Suministro de Combustible\_TakeOrPay**” : Especialización encargada de modelar los contratos ToP.
- Se modificarán los **generadores térmicos** para que tengan la posibilidad de conectarse a un “**Suministro de Combustible**” el cual ofrecerá una interfaz que permita la interacción entre los actores.

# **Aportes a la función de costos.**

- Se deberá cambiar los aportes de los generadores a la función de costos.
- El costo del combustible es introducido por cada Suministro de Combustible y no por los propios generadores
- Los generadores deberán los costos no combustibles
- El ToP da la información para calcular el volumen de combustible consumido por cada generador.

## Costo directo del Paso introducido por el contrato ToP.

1) Si se esta en un paso de tiempo en que se afronta un pago por ToP, entonces:

$$C_k = P_{top} \cdot V_{top} + P^* \cdot \max(0, V_k^{extraToP})$$

2) Si se esta en un paso de tiempo en que se afronta un pago por ToP, entonces:

$$C_k = P^* \cdot \max(0, V_k^{extraToP})$$

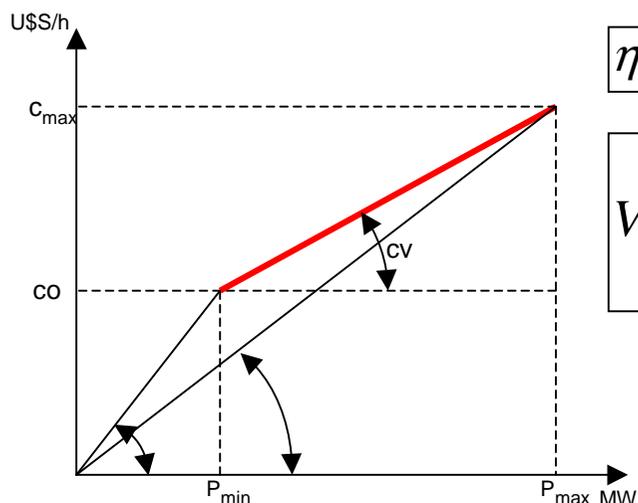
## Aportes a Función de Costos (Simplex)

$$C_{contratoToP} = -\frac{\partial CF}{\partial X - V_k} \cdot V_k^{ConsumidoToP} + P^* \cdot V_k^{ExtraToP}$$

# Ejemplo: Generador con Costo de Arranque y Parada con ToP

$P_i$	$A_i$	$B_i$	$V_k^{ExtraToP}$	$V_k^{Consumido\alpha P}$	1	
$\frac{1}{P_{max} - P_{min}} \left( \frac{P_{max}}{\eta(P_{max})} - \frac{P_{min}}{\eta(P_{min})} \right) \cdot \frac{\delta}{pci}$	$\frac{\delta}{\eta(P_{min}) pci} \cdot P_{min}$		-1	-1	0	=0
	1	1		-1	$X_V$	$\geq 0$
					-1	=0
$-cvnc \cdot \delta$	$-cvnc \cdot P_{min} \cdot \delta - c_{larranque}$	$-c_{lparada}$	$-P^*$	$\frac{\partial CF}{\partial X_V}$	$(P_{Top}, V_{Top}, 0)$	

Siempre incrementara primero la variable  $V_k$  consumido ToP



$$\eta = \eta(P)$$

Rendimiento del generador en función de la potencia (a partir del Consumo Específico)

$$V_i = \left( \frac{1}{P_{max} - P_{min}} \left( \frac{P_{max}}{\eta(P_{max})} - \frac{P_{min}}{\eta(P_{min})} \right) \cdot p + \frac{P_{min}}{\eta(P_{min})} \right) \cdot \frac{\delta}{pci}$$

$p$  : potencia generada por encima del mínimo técnico.

$A$  : que indica si el generador esta prendido.

$B$  : Es igual a  $1-A$  e indica si el generador esta apagado

$cvnc$  : Costo variable No Combustible

## Precio del Combustible para los Generadores

$$\text{precio} = \frac{-\frac{\partial CF}{\partial X} \cdot V_k^{\text{ConsumidoToP}} + P^* \cdot V_k^{\text{ExtraToP}}}{V_k^{\text{ConsumidoToP}} + V_k^{\text{ExtraToP}}}$$

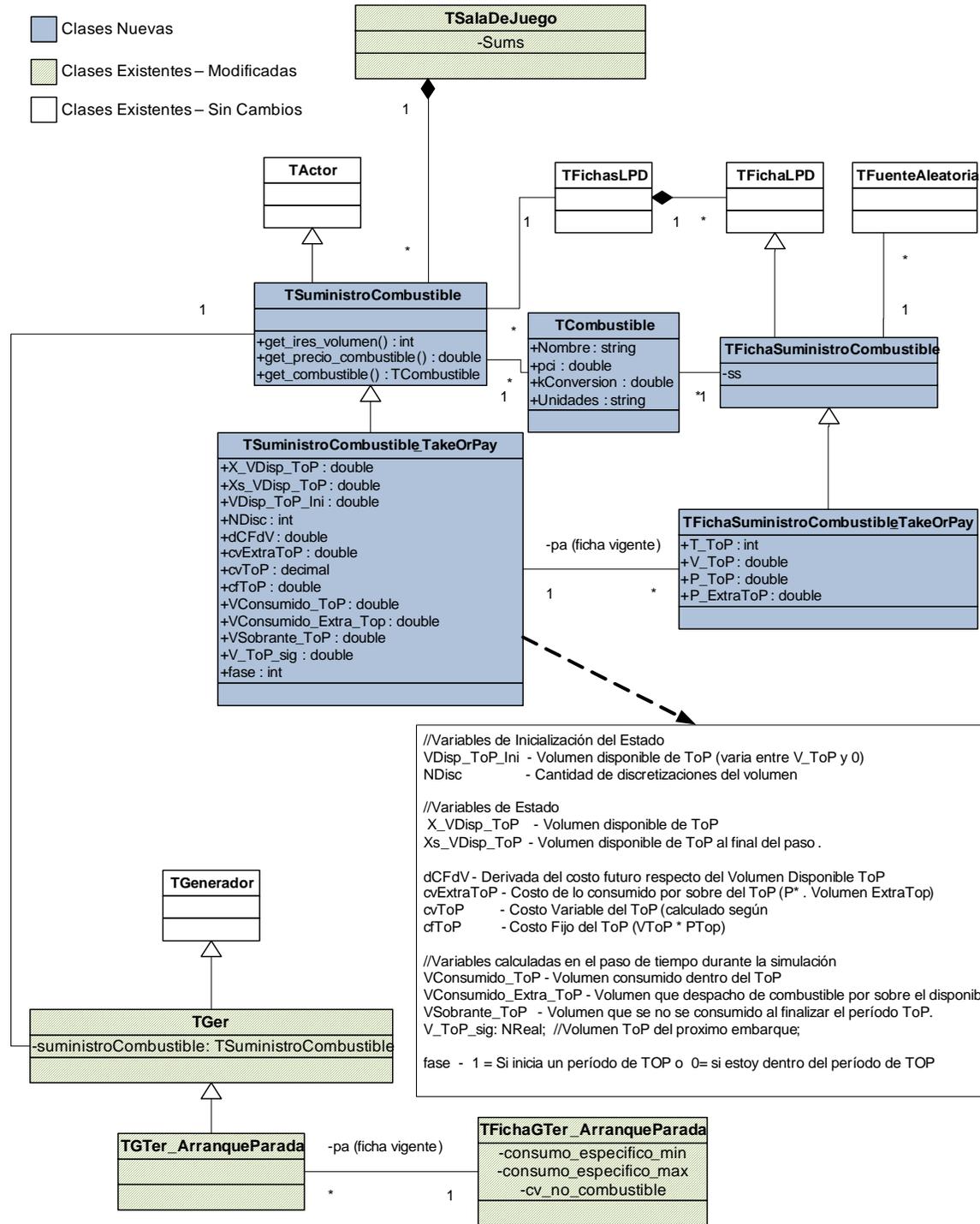
## Ecuaciones, Combustibles y Unidades

Producto	unidad	PCI	PCS	Densidad
carbón mineral	kcal/kg	7000	-----	-----
fuel oil pesado	kcal/lt	9691	10146	1,0091
gas natural	kcal/m3	8300	9300	0,62
gas oil	kcal/lt	8656	9222	0,8487
petróleo crudo	kcal/lt	8719	9284	0,8591

$$\frac{1000}{k_{MMBtu kW-h}} \cdot \frac{pcs}{pci} \sum \frac{P_i}{\eta_i} \cdot \delta t - V_k^{\text{ConsumidoToP}} - V_k^{\text{ExtraToP}} = 0$$

$$\frac{1000}{k_{kcal kW-h}} \sum \frac{P_i}{\eta_i \cdot pci} \cdot \delta t - V_k^{\text{ConsumidoToP}} - V_k^{\text{ExtraToP}} = 0$$

- Clases Nuevas
- Clases Existentes – Modificadas
- Clases Existentes – Sin Cambios



//Variables de Inicialización del Estado  
 VDisp\_ToP\_Ini - Volumen disponible de ToP (varia entre V\_ToP y 0)  
 NDisc - Cantidad de discretizaciones del volumen

//Variables de Estado  
 X\_VDisp\_ToP - Volumen disponible de ToP  
 Xs\_VDisp\_ToP - Volumen disponible de ToP al final del paso.

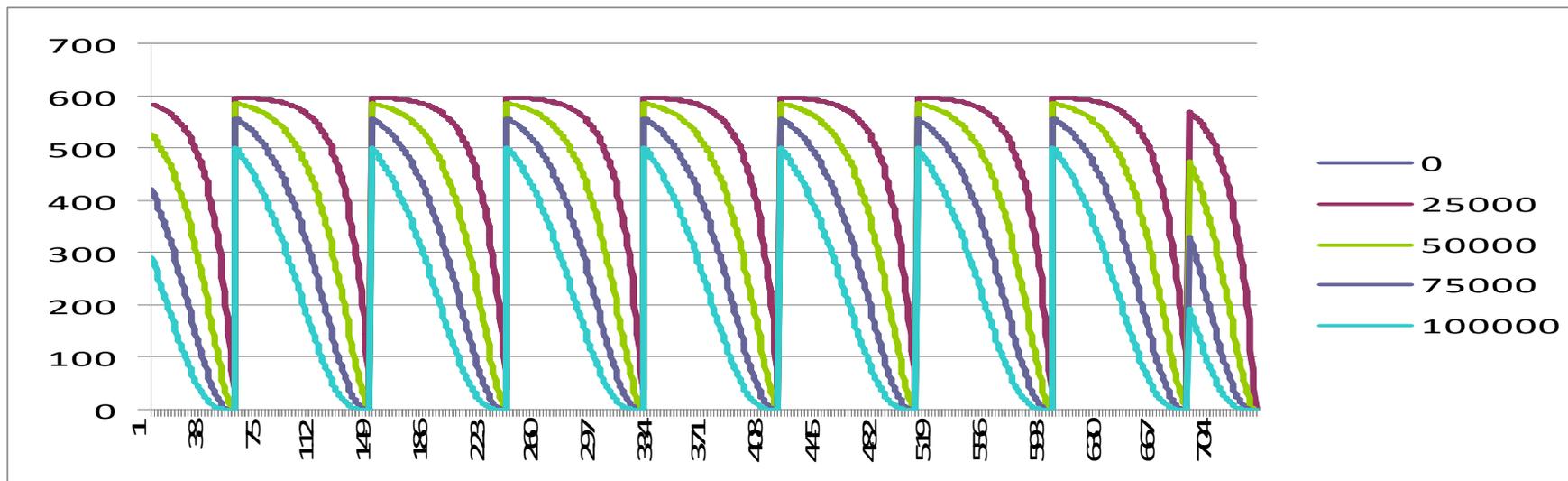
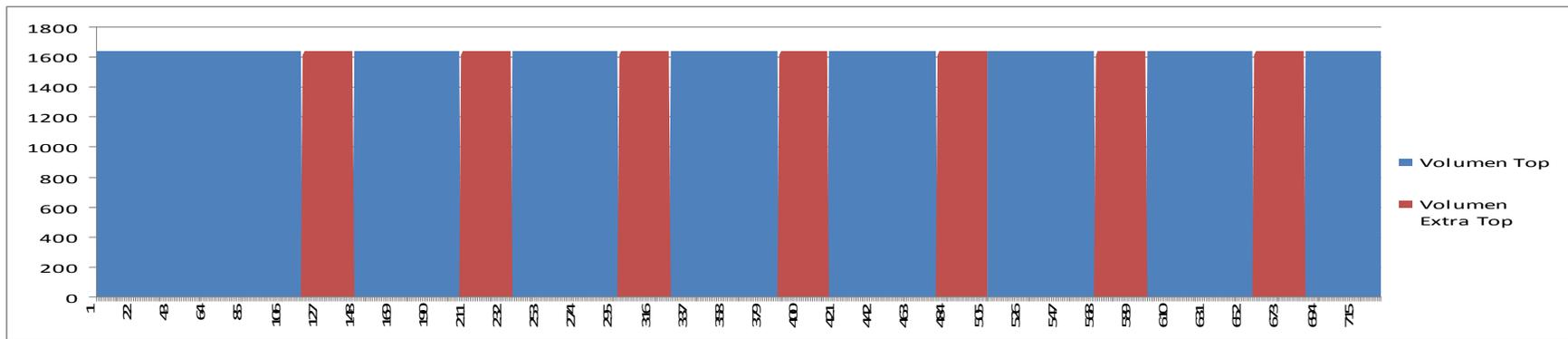
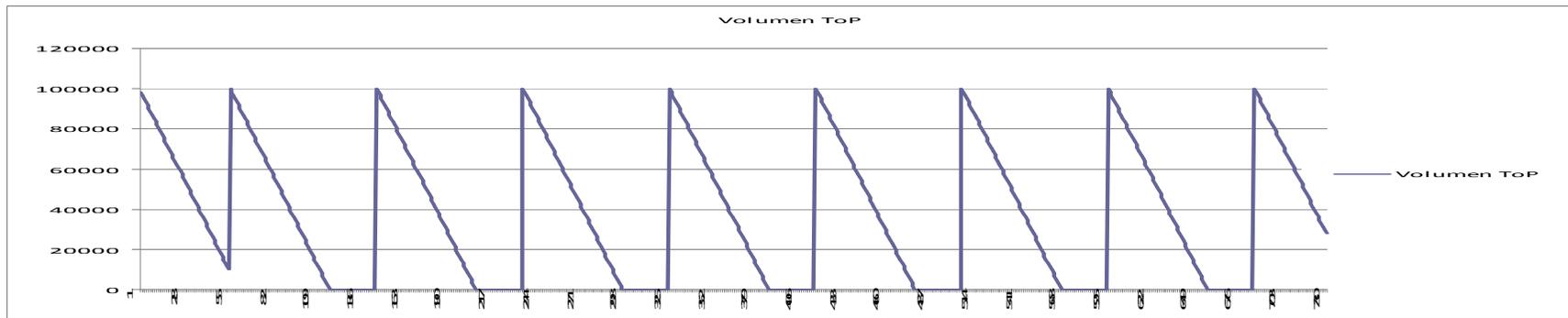
dCFdV - Derivada del costo futuro respecto del Volumen Disponible ToP  
 cvExtraToP - Costo de lo consumido por sobre del ToP (P\* . Volumen ExtraTop)  
 cvToP - Costo Variable del ToP (calculado según  
 cToP - Costo Fijo del ToP (VToP \* PTop)

//Variables calculadas en el paso de tiempo durante la simulación  
 VConsumido\_ToP - Volumen consumido dentro del ToP  
 VConsumido\_Extra\_ToP - Volumen que despacho de combustible por sobre el disponible  
 VSobrante\_ToP - Volumen que se no se consumido al finalizar el período ToP.  
 V\_ToP\_sig: NReal; //Volumen ToP del proximo embarque;  
 fase - 1 = Si inicia un período de TOP o 0= si estoy dentro del período de TOP

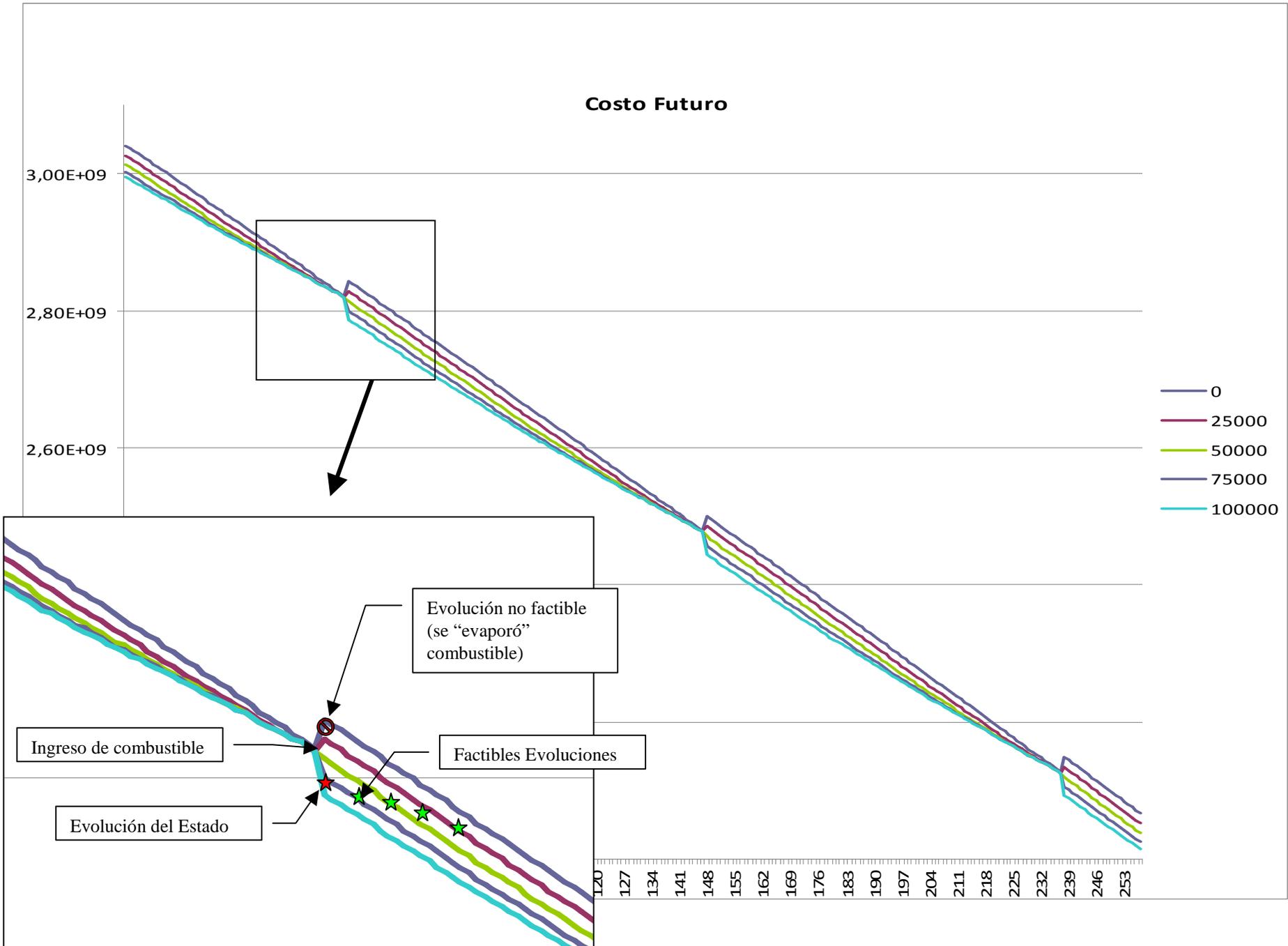
Se selecciona el Tipo de Combustible

Al seleccionar un suministro de combustible, el combustible seleccionado por este suministro determina las unidades de la ficha.  
 Asimismo, se ocultan las propiedades de costo variable y variable a mínimo técnico (cv y c0) y aparecen los consumos (o rendimientos) así como el costo variable no combustible.

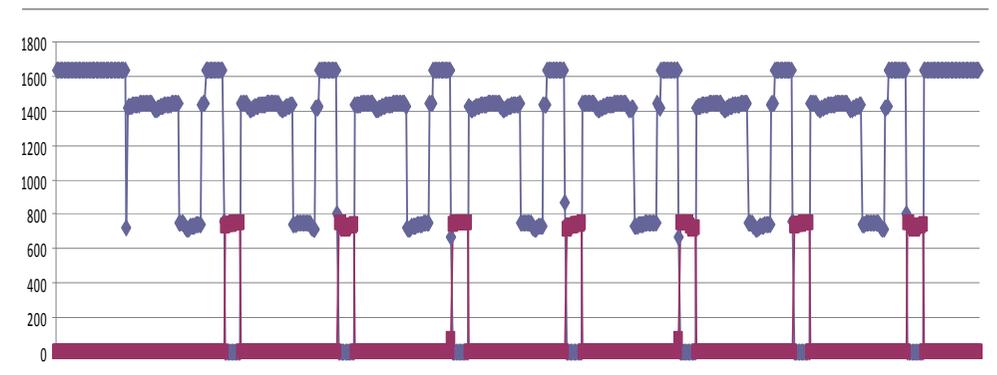
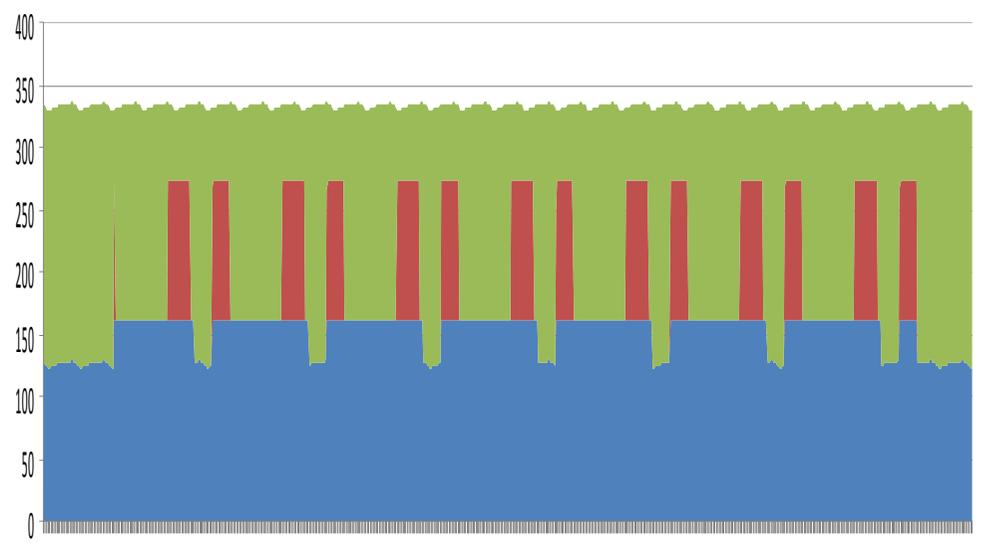
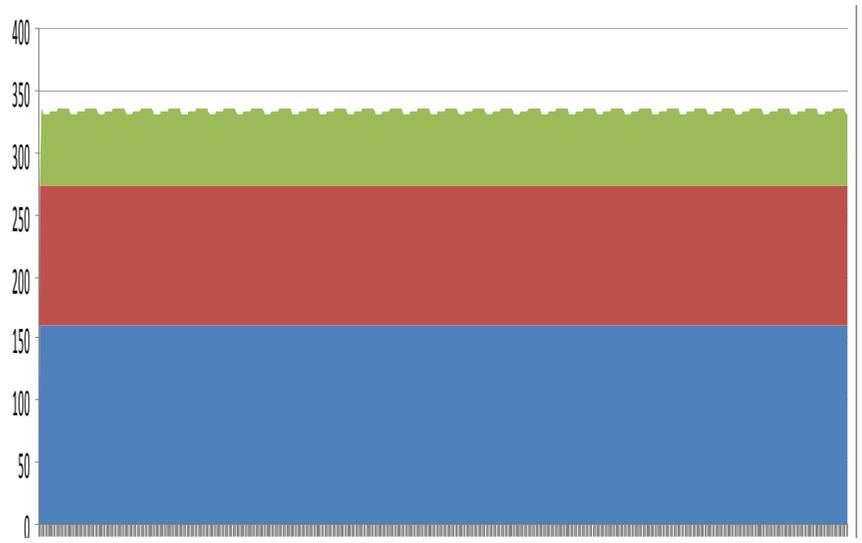
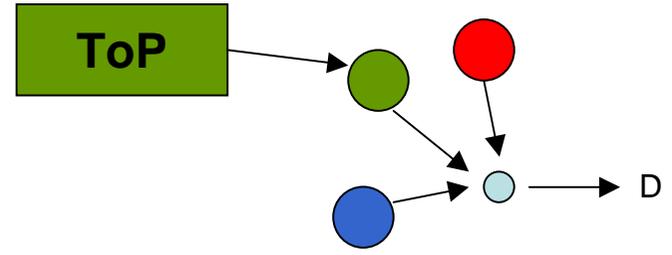
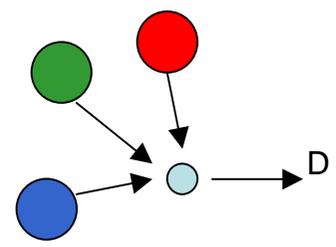
# Testeo y Pruebas – Caso 1: Un único generador con TOP



# Testeo y Pruebas – Caso 1: Un único generador con TOP



# Testeo y Pruebas – Caso 2: Comparación Sin ToP - Con ToP



## Posibles futuros trabajos

- Validar el modelo probándolo en salas más complejas. ( Centrales Hidráulicas).
- Verificar el comportamiento en la condición de borde.
- Introducción de *Make Up y Carry Forward*.
- Modelado de las máquinas térmicas de forma tal que puedan ser multicomcombustibles