



A Knowledge Company Supporting
Your Smarter Decision

www.decisionware.net

info@decisionware.net

Bogotá D.C., Lima, Madrid, México D.F.



**"the computer-based
mathematical modeling is the
greatest invention of all times"**

**Herbert Simon
Premio Nobel en Economía (1978)**

**"for his pioneering research into the decision-making process within
economic organizations"**

OPCHAIN

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN



OPCHAIN

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

Para capitalizar toda su experiencia en proyectos de optimización matemática, **DW** ha creado la marca **OPCHAIN** por medio de la cual se reúne coherentemente todas las soluciones informáticas desarrolladas por **DW**, en diferentes áreas de aplicación de las metodologías y tecnologías de la denominada Investigación de Operaciones (**Operations Research**). En 2011, **OPCHAIN** acumula experiencia de más de treinta y cinco (35) años resolviendo problemas de ingeniería y de negocios utilizando modelos de programación matemática. Acorde con los estándares de las tecnologías informáticas modernas, los modelos de **OPCHAIN** son totalmente parametrizables, fáciles de personalizar para cada cliente, y se integran fácilmente con otras soluciones informáticas de las organizaciones.

OPCHAIN-SCO
SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION

OPCHAIN-TSO
TRANSPORT SYSTEMS OPTIMIZATION

OPCHAIN-RSO
RETAIL CHAIN OPTIMIZATION

OPCHAIN-BANK
BANK SYSTEMS OPTIMIZATION

OPCHAIN-ESO
ENERGY SYSTEMS OPTIMIZATION

OPCHAIN-RPO
REGIONAL PLANING OPTIMIZATION

OPCHAIN-MINES
MINES SYSTEMS OPTIMIZATION

OPCHAIN-EDO
EDUCATIONAL SYSTEMS OPTIMIZATION

OPCHAIN-ESO

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN
Energy Systems Optimization



OPCHAIN-ESO

OPTIMIZING THE ENERGY VALUE CHAIN

OPCHAIN-ESO reúne coherentemente todas las soluciones informáticas desarrolladas por **DW** en diferentes áreas de aplicación de modelos de matemáticos optimización al sector de la energía.

Integran soluciones en tres conjuntos de modelos:

- **OPCHAIN-ELE** orientado al sector de la electricidad
- **OPCHAIN-GAS** orientado al sector del gas natural
- **OPCHAIN-OIL** orientado al sector petrolero

Estos modelos se pueden integrar de manera tal de realizar estudios de integrados del sector de la energía, o soluciones para empresas multinegocio que operen en mas de uno de dichos sectores.

OPCHAIN-OIL

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN
Oil Supply Chain



OPCHAIN-OIL

OPTIMIZING THE OIL VALUE CHAIN

OPCHAIN-OIL reúne coherentemente todas las soluciones informáticas desarrolladas por **DW** en diferentes áreas de aplicación de modelos de matemáticas optimización orientados a la optimización de la planificación y de la programación de operaciones en los diferentes negocios que integran la cadena de abastecimiento de productos derivados del petróleo.

OPCHAIN-OIL está compuesto por los siguientes modelos matemáticos de optimización:

- **OPCHAIN-OIL-PRO**: extracción de petróleo
 - **OPCHAIN-OIL-PRO-ELE**: abastecimiento de electricidad en campos petroleros
 - **OPCHAIN-OIL-BLEND**: transporte y mezcla de petróleo
 - **OPCHAIN-OIL-REF**: refinación de petróleo (táctico)
 - **OPCHAIN-OIL-REF-ISO**: refinación de petróleo incluyendo servicios industriales
 - **OPCHAIN-OIL-PIPES**: transporte de productos mediante ductos (táctico y operativo)
 - **OPCHAIN-OIL-TSO**: transporte multimodal de productos
 - **OPCHAIN-OIL-SEA**: distribución/acopio vía medios de transporte marítimos
 - **OPCHAIN-OIL-RET**: distribución de gasolinas a las estaciones de servicio
- **OPCHAIN-OIL-SCO** (Oil Supply Chain Optimization) integra modelos agregados de cada uno de los eslabones de la cadena petrolera de manera tal de realizar la planificación de la cadena con una visión holística.

OPCHAIN-OIL-SCO

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

INTEGRATED OIL SUPPLY CHAIN OPTIMIZATION



OPCHAIN-OIL-SCO

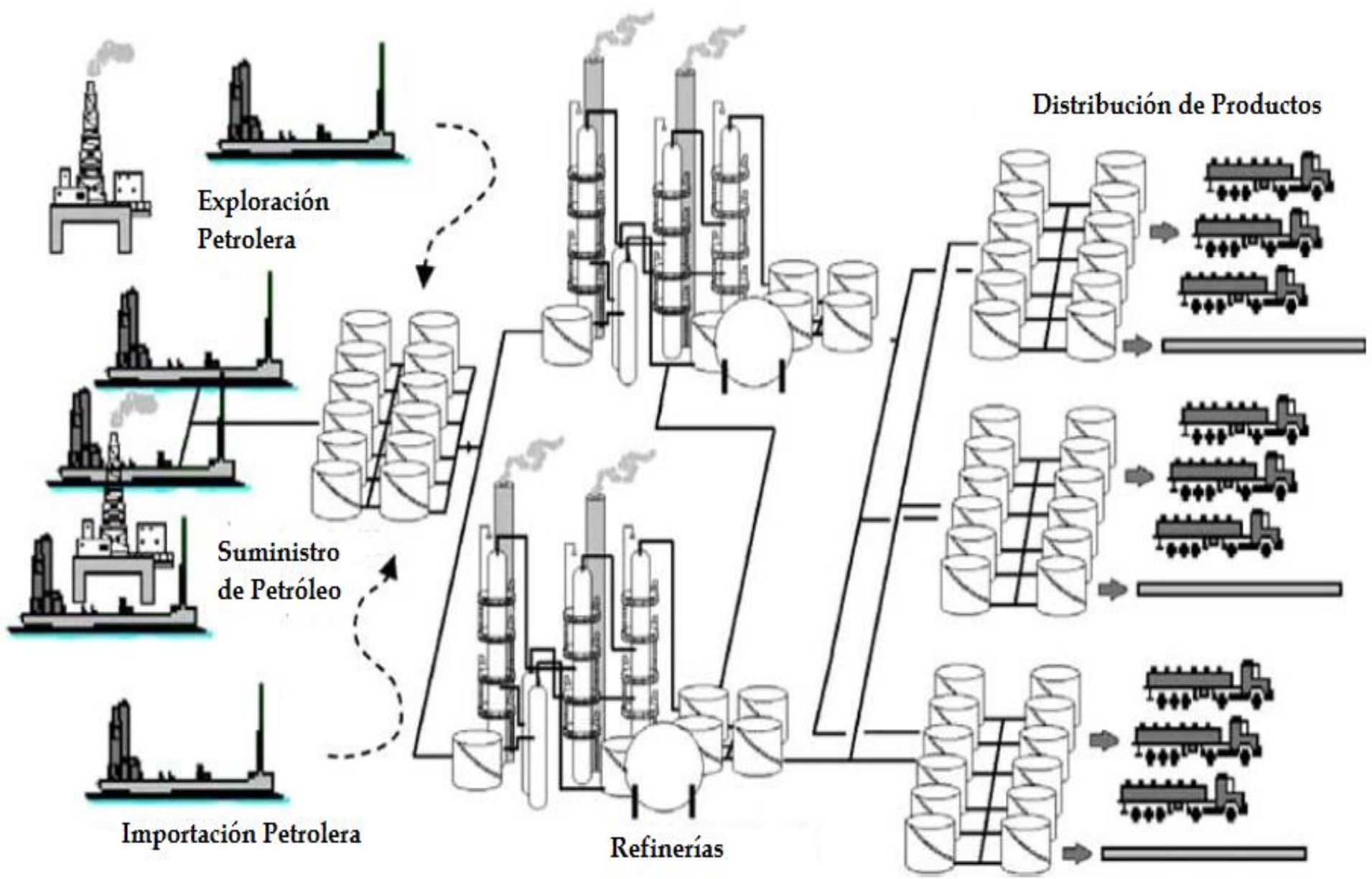
OPTIMIZING THE OIL VALUE CHAIN

OPCHAIN-OIL-SCO (Oil Supply Chain Optimization) integra modelos agregados de cada uno de los eslabones de la cadena petrolera de manera tal de realizar la planificación de la cadena con una visión holística, está integrado por 18 modelos matemáticos.

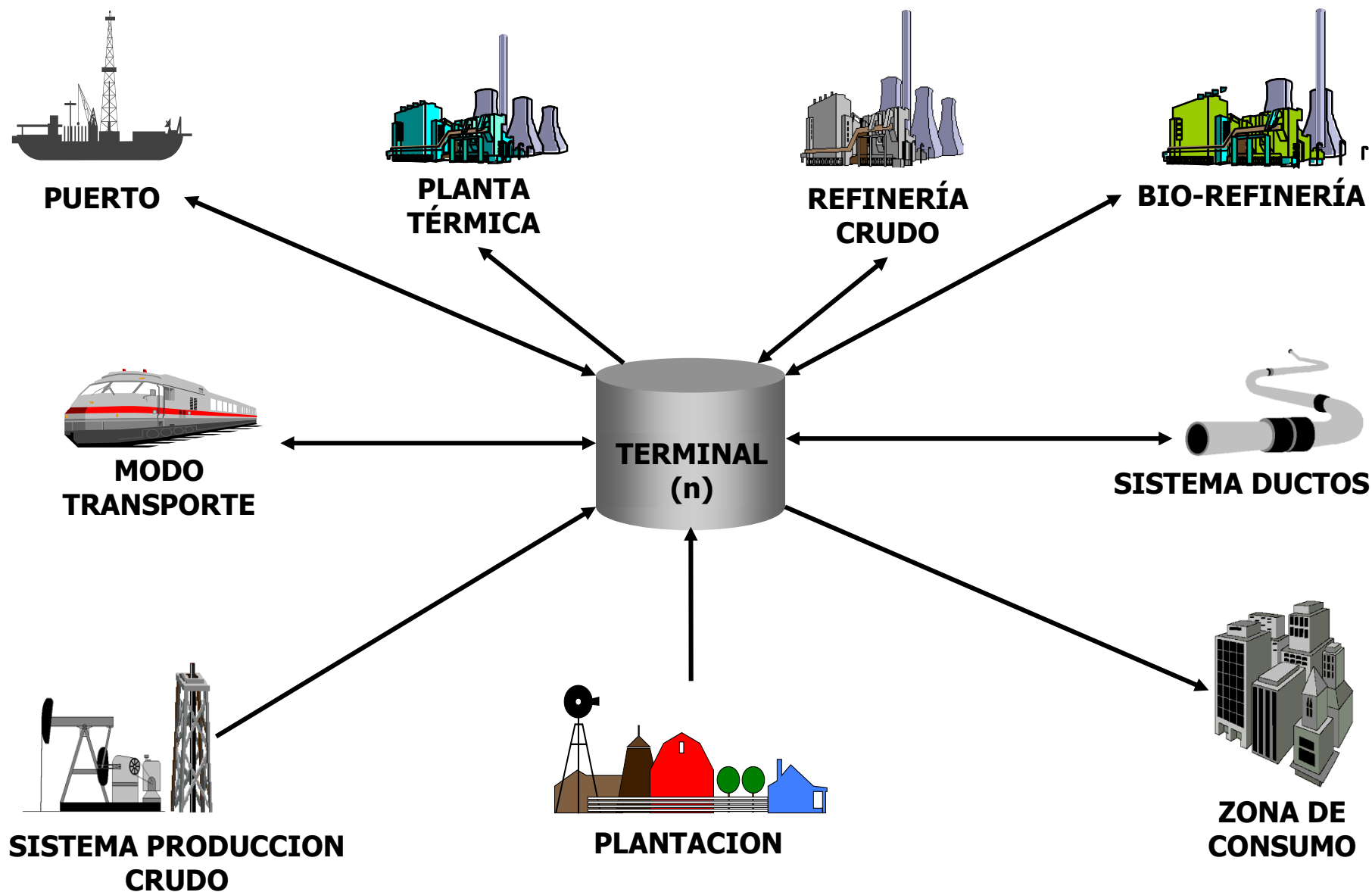
Estos modelos se caracterizan por:

- **Sector:** producción (**PRO**), refinación (**REF**), servicios auxiliares (**SAX**) o transporte (**TRA**), o la cadena **OPCHAIN-OIL** completa
- **Agregación:** agregados (**A**) o detallados (**D**)
- **Expansión:** con expansión de la infraestructura (**EXP**) o sin expansión (**()**)
- **Materia Prima:** petróleo crudo (**OIL**), productos agrícolas (**AGR**)

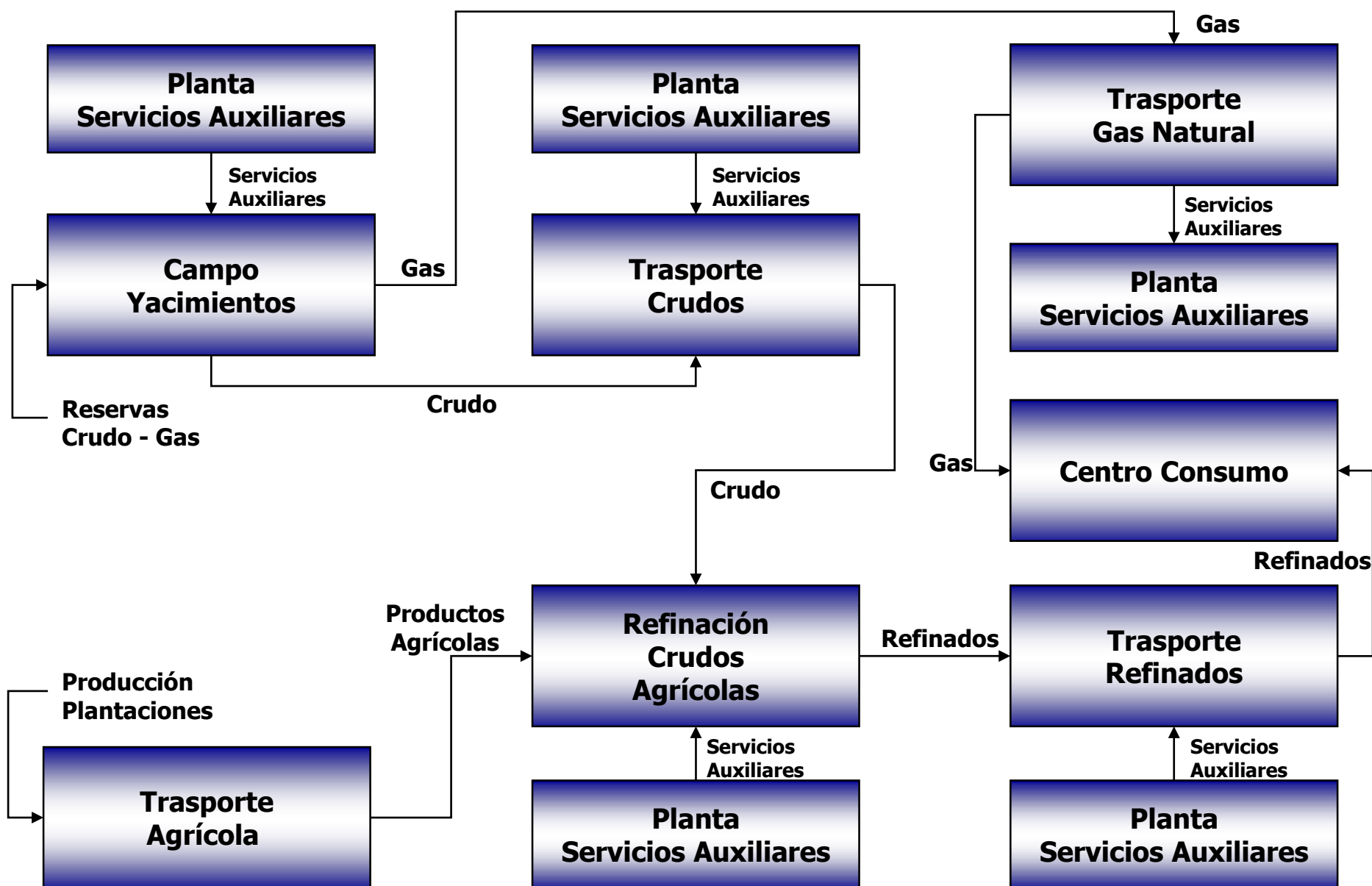
Permite analizar la expansión óptima a largo plazo de la cadena de abastecimiento de productos derivados del petróleo, así como la planificación táctica de operaciones agregadas con el fin de establecer metas de operación de corto/mediano plazo.



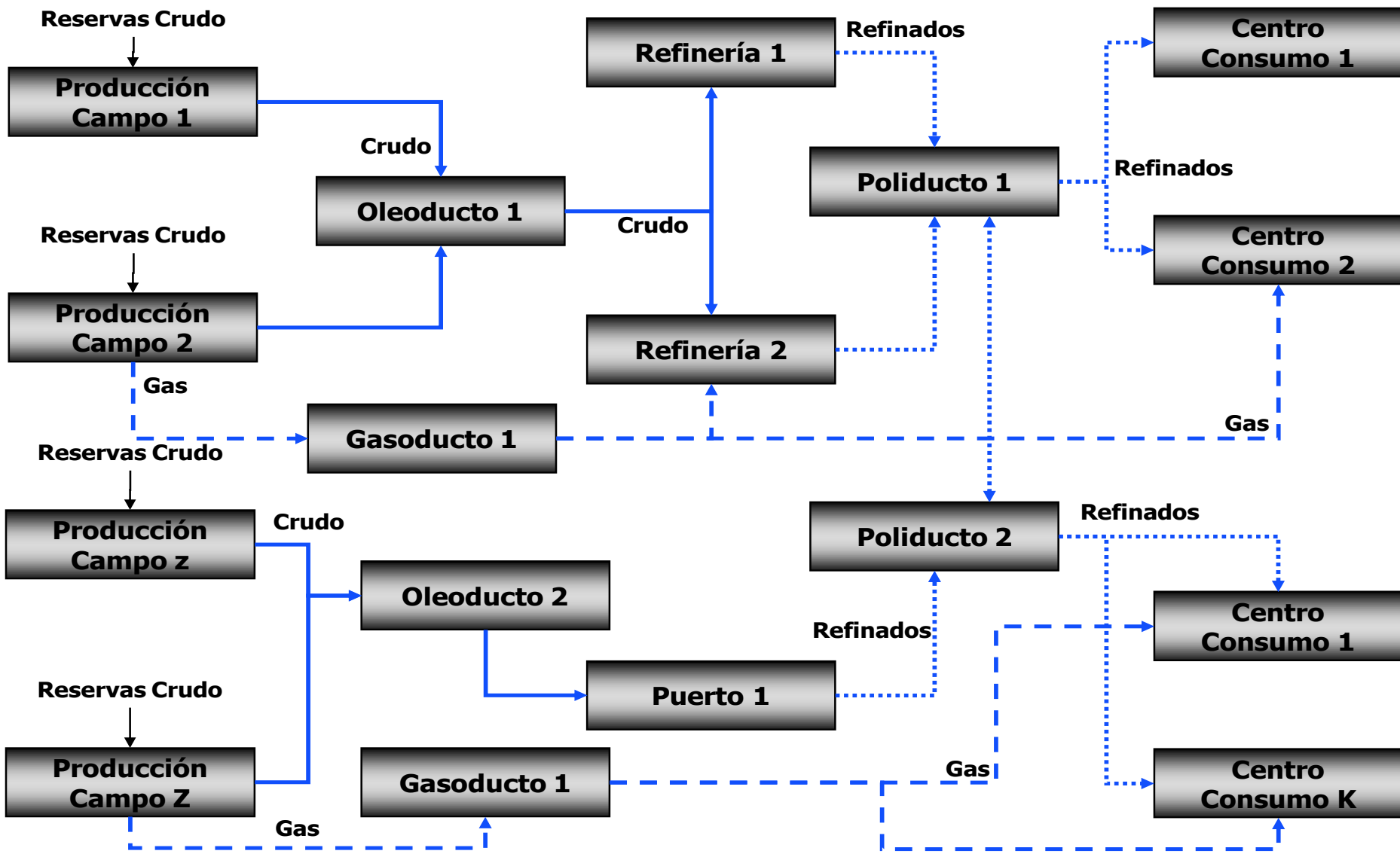
Importación Petrolera



INTEGRACIÓN FUNCIONAL DE MODELOS OPCHAIN-OIL



MODELO INTEGRAL DEL SECTOR PETROLERO



MODELOS MATEMÁTICOS INTEGRANTES DE OPCHAIN-OIL				
SECTOR	MODELOS	MACRO-INSTALACIÓN	INPUTS	OUTPUTS
PRODUCCIÓN	OIL-PRO-A OIL-PRO-A-EXP OIL-PRO-D OIL-PRO-D-EXP	SISTEMA PRODUCCIÓN PETRÓLEO - GAS	Reservas Petróleo - Gas	Petróleo - Gas Contaminación
REFINACIÓN	REF-A REF-A-EXP REF-D REF-D-EXP	REFINERÍA BIO-REFINERIA Crudo - Bio-masa	Crudo - Bio-masa	Refinados Contaminación
TRANSPORTE	TRA-A TRA-A-EXP TRA-D TRA-D-EXP	SISTEMA TRANSPORTE Crudos - Refinados Gas Natural Productos Agrícolas	Crudos - Refinados Gas Natural Productos Agrícolas	Crudos - Refinados Gas Natural Productos Agrícolas Contaminación
SERVICIOS AUXILIARES	REF-A REF-A-EXP REF-D REF-D-EXP	PLANTA DE SERVICIOS	Combustible Electricidad Agua	Servicios Auxiliares
OPCHAIN-OIL	OPCHAIN-OIL- INT OPCHAIN-OIL- INT-EXP	OPCHAIN-OIL	Reservas Petróleo - Gas Producción Agrícola	Refinados Ubicados Contaminación

OPCHAIN-OIL-PRO

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN
CRUDE PRODUCTION OPTIMIZATION



OPCHAIN-OIL-PRO

OIL PRODUCTION OPTIMIZATION

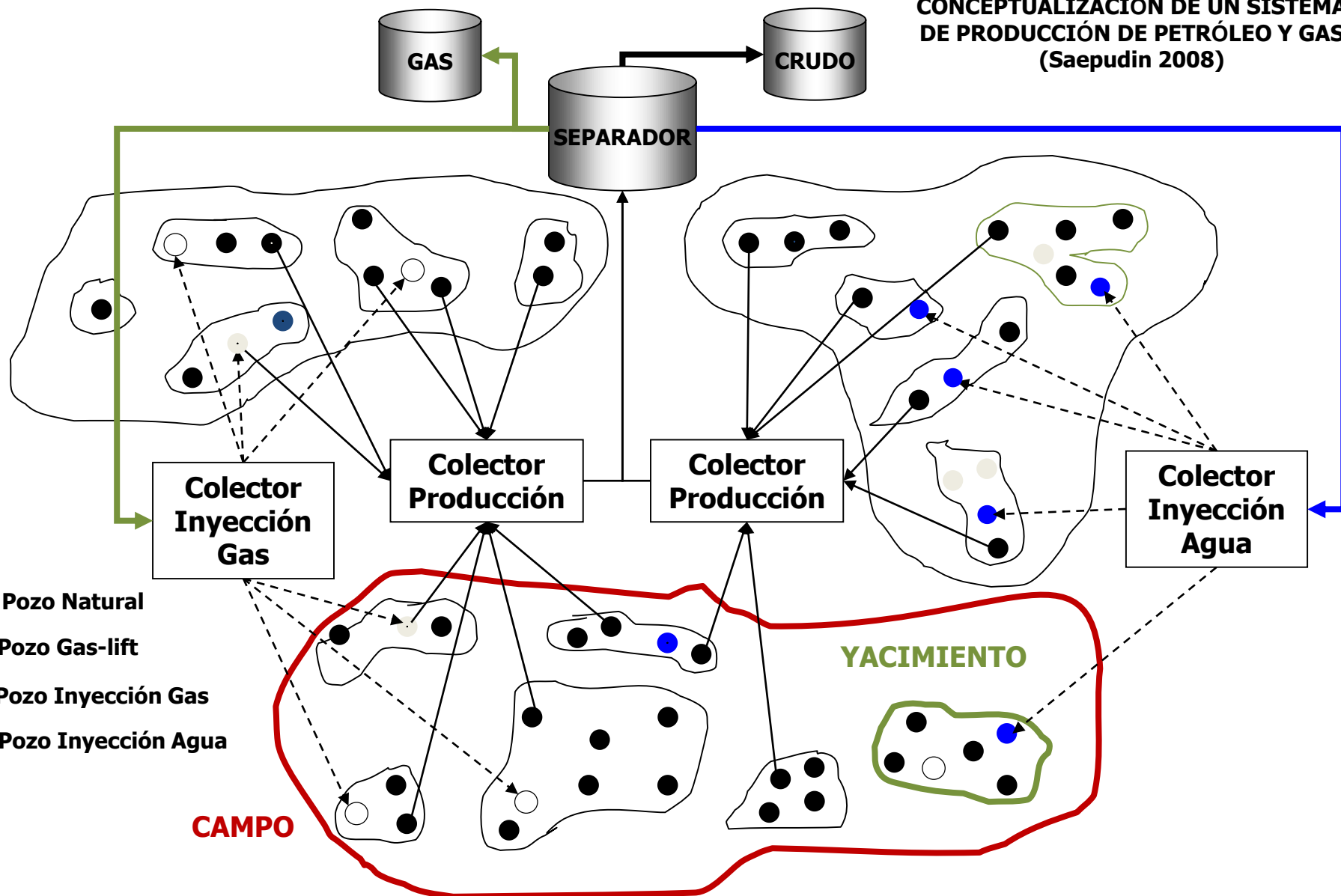
OPCHAIN-OIL-PRO integra el comportamiento del yacimiento como parte del modelo de optimización, considera cuatro aspectos fundamentales:

- El sistema de producción
- El comportamiento del yacimiento
- Los modos de operación de pozos
- El flujo en el sistema hidráulico

OPCHAIN-OIL-PRO permite planificar las operaciones en un **sistema de producción** que integra múltiples campos que a su vez integran múltiples yacimientos de petróleo y/o de gas los que se explotan por medio de múltiples pozos interconectados entre sí. La interconexión, que se produce en las instalaciones de superficie, permite que el gas y el petróleo puedan enviarse a almacenamientos para su despacho posterior por medio de un sistema de transporte.

El propósito de la optimización es determinar de la contribución de cada pozo para satisfacer la demanda minimizando el costo total de la operación durante el horizonte de planificación, el cual se asocia al consumo de energía en el sistema de producción más las inversiones en la adecuación de los yacimientos, cuando esto se permite en el modelo la reestructuración de la topología del sistema productivo.

CONCEPTUALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO Y GAS (Saepudin 2008)

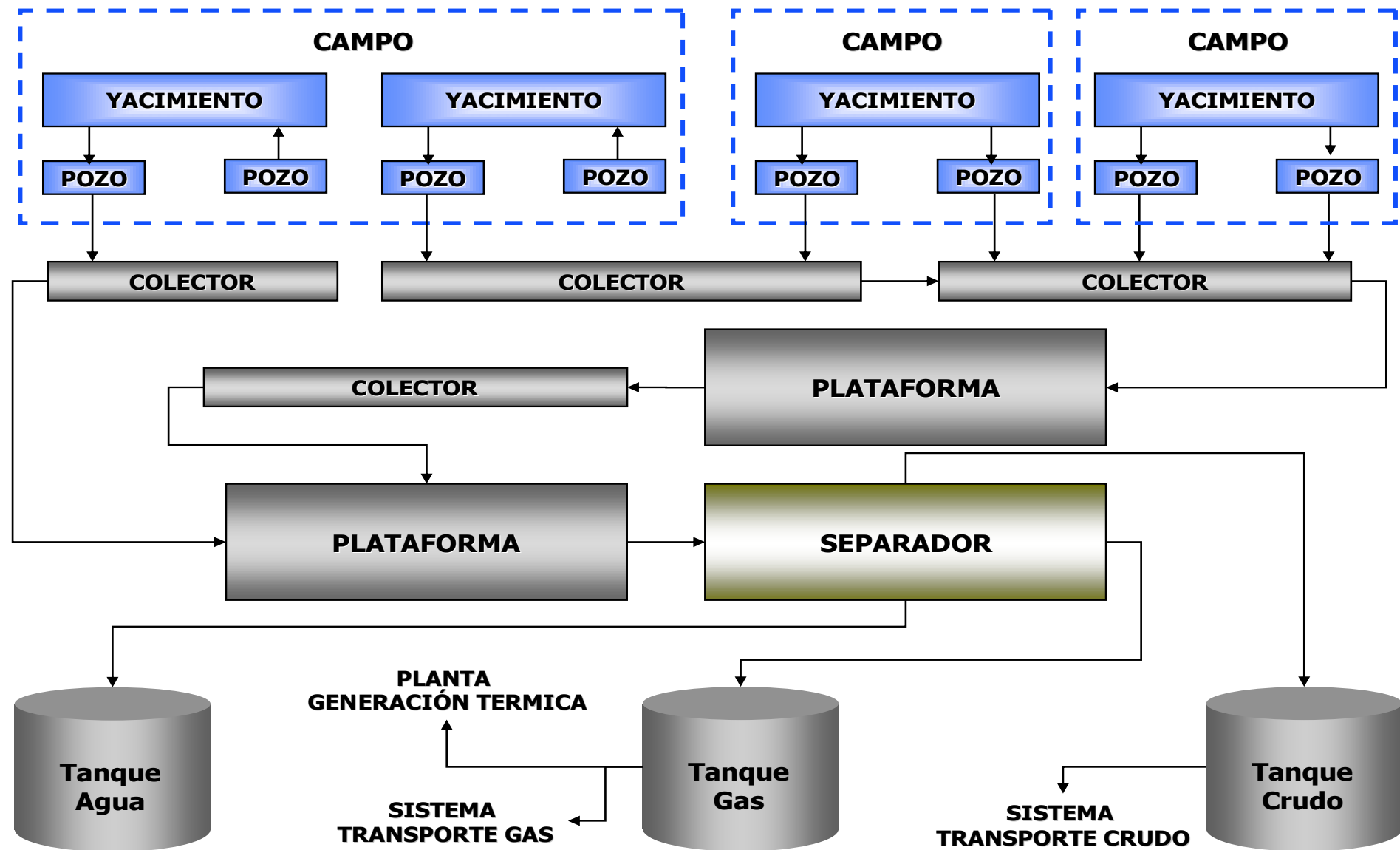


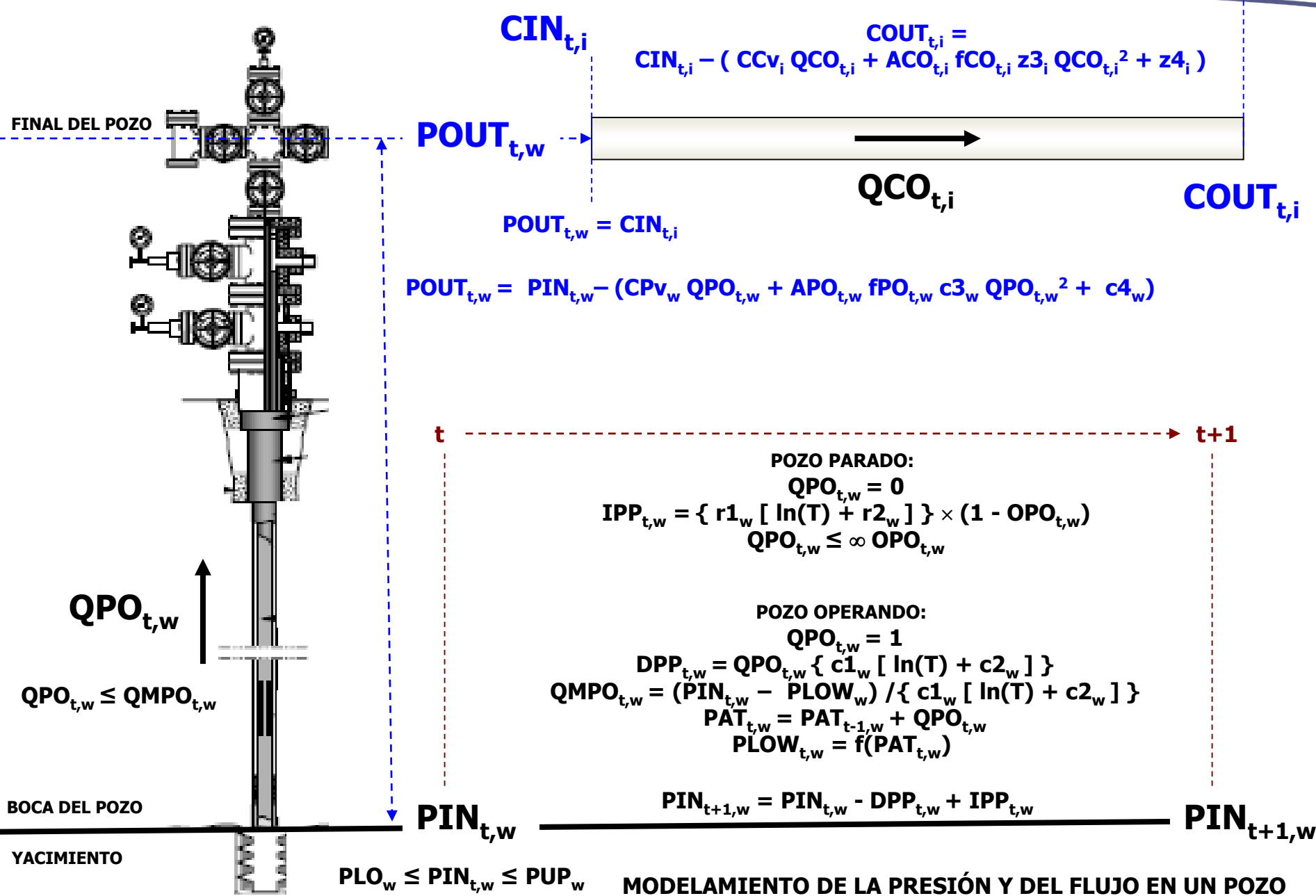
- Pozo Natural
- Pozo Gas-lift
- Pozo Inyección Gas
- Pozo Inyección Agua

CAMPO

YACIMIENTO

SISTEMA DE PRODUCCION DE PETROLEO Y/O DE GAS





OPCHAIN-OIL-BLEND

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

OIL TRANSPORT AND BLENDING OPTIMIZATION



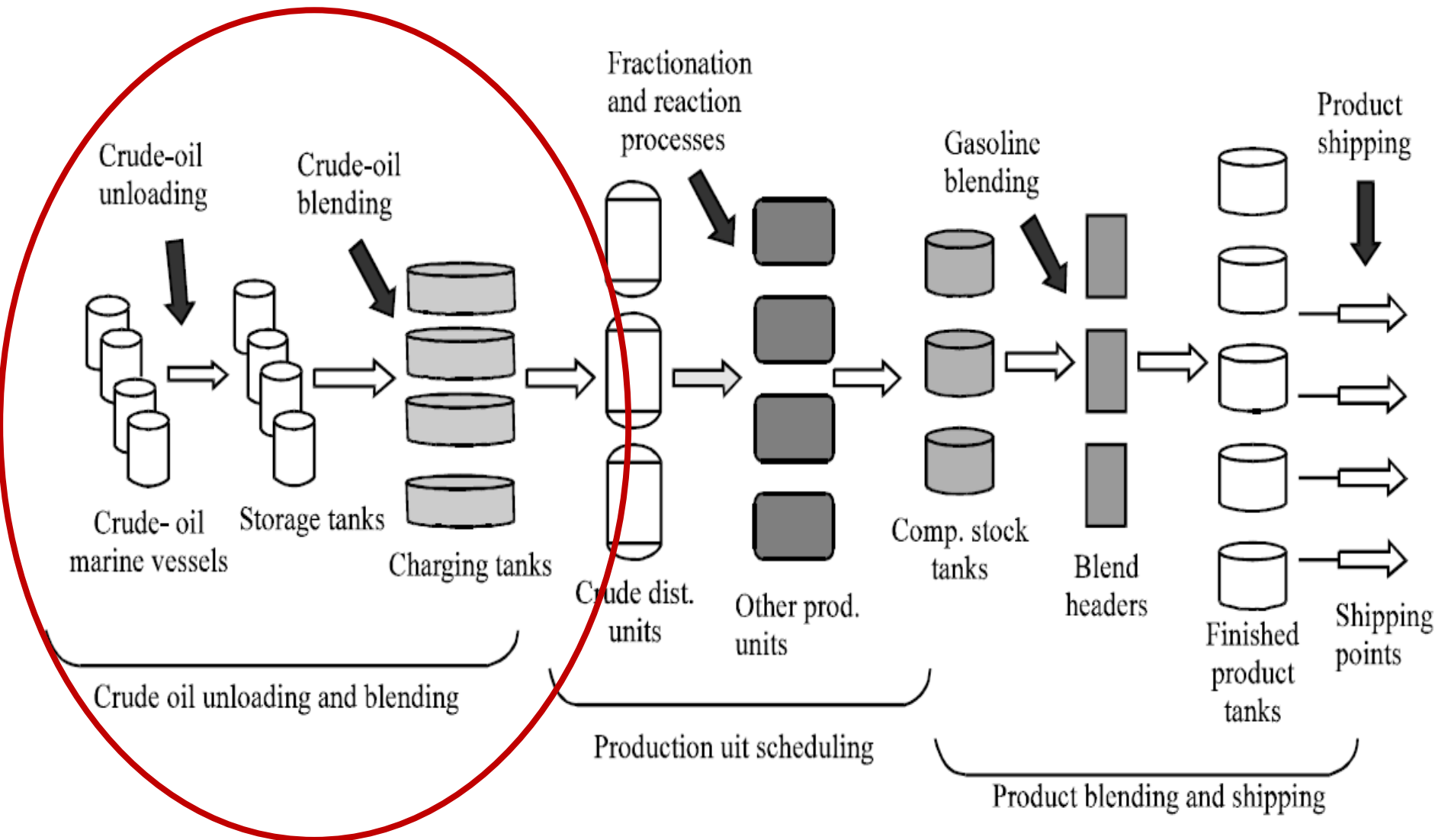
OPCHAIN-OIL-BLEND

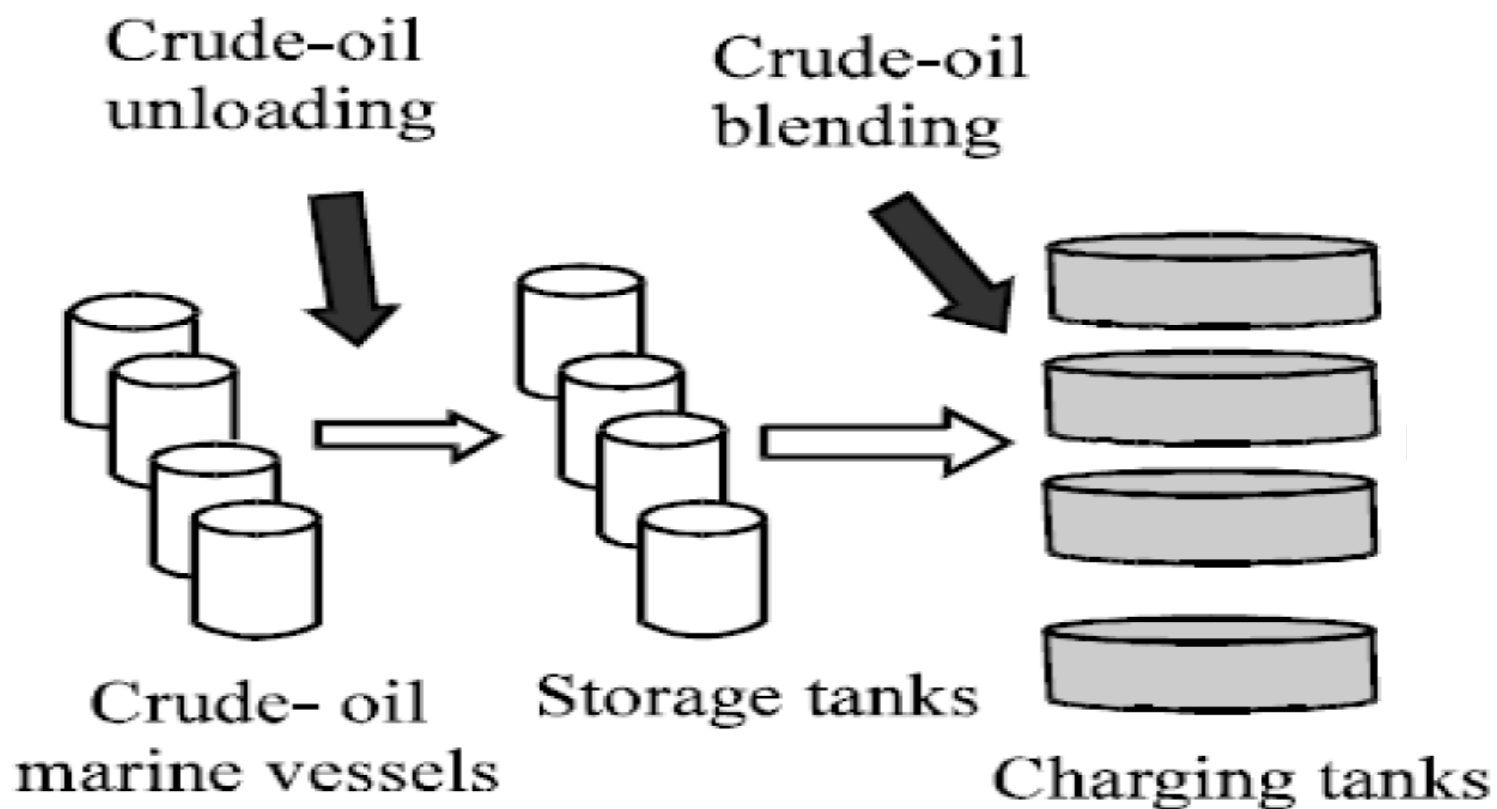
ENERGY OPTIMIZATION FOR OIL PRODUCTION SYSTEMS

OPCHAIN-OIL-BLEND corresponde a un modelo dinámico que optimiza:

- La distribución de petróleo entre pozos, refinerías y puertos
- La mezcla de petróleo para utilizar en refinerías
- La mezcla de petróleo para exportación de acuerdo con los estándares de calidad y los contratos de suministro establecidos
- Importación de petróleo de acuerdo con las ofertas en el mercado mundial del petróleo.

Puede acoplarse a la producción de los pozos de forma tal de establecer planes óptimos de producción / distribución / exportación / importación.





Crude oil unloading and blending

DISTRIBUCIÓN / IMPORTACIÓN / EXPORTACIÓN DE CRUDO

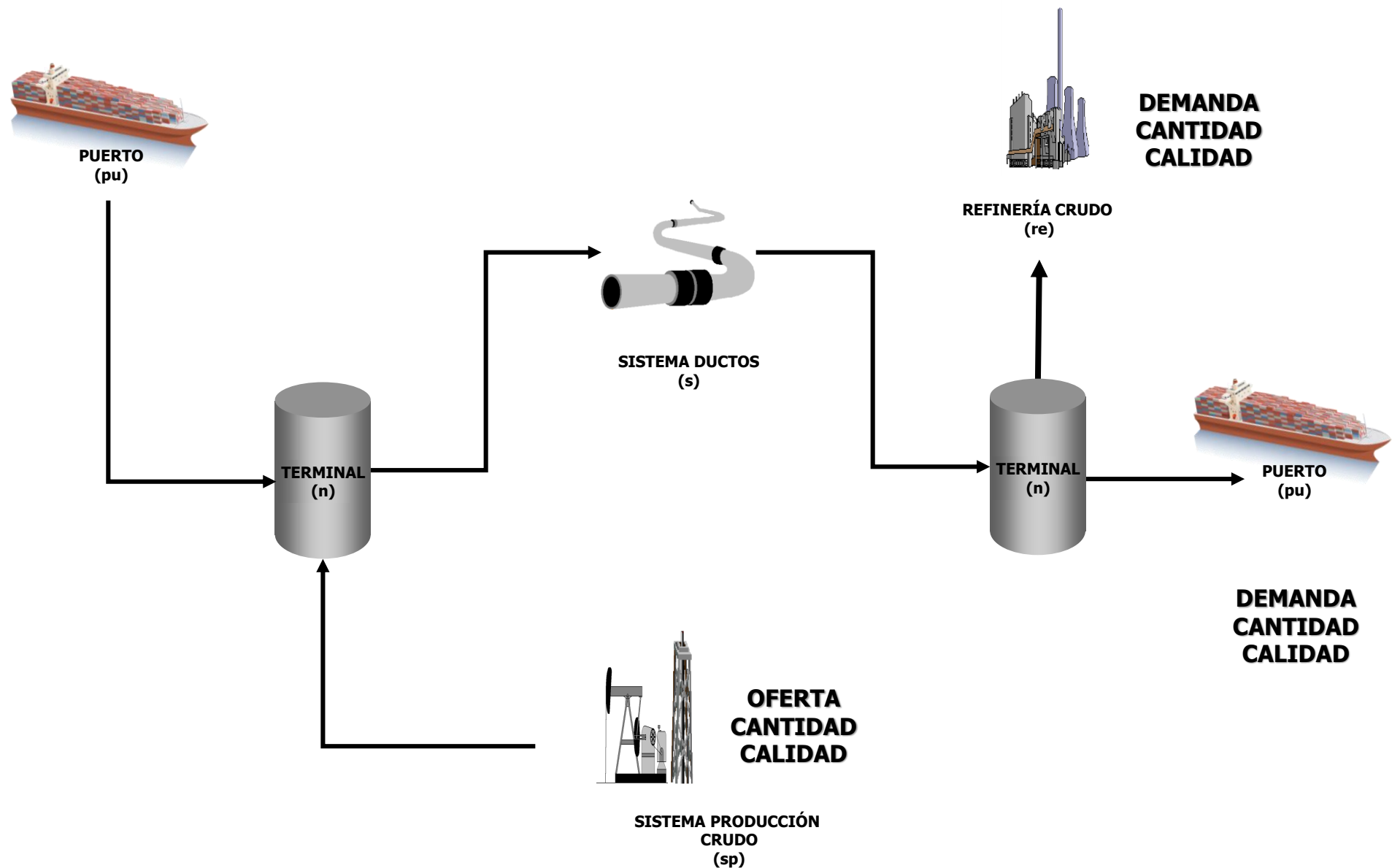


Tabla 2. Tipos de petróleo en México

<i>Crudo</i>	<i>Tipo</i>	<i>°API</i>	<i>%S</i>
Pánuco	Pesado	10	3.0
Maya	Mediano	22.6	3.3
Istmo	Ligero	33.74	1.45
Olmeca	Superligero	39.3	0.8

Referencia: 29

Tabla 1. Clasificación del petróleo de acuerdo a su gravedad API.

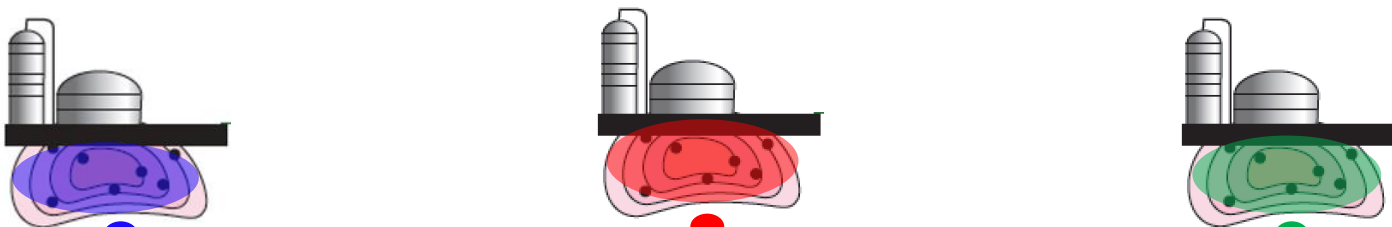
<i>Petróleo</i>	<i>Densidad (g/cm³)</i>	<i>Gravedad (°API)</i>
Extrapesado	> 1.0	10.0
Pesado	1.0 - 0.92	10.0 – 22.3
Mediano	0.92 – 0.87	22.3 – 31.1
Ligero	0.87 – 0.83	31.1 - 39
Superligero	< 0.83	> 39

Referencia: 4

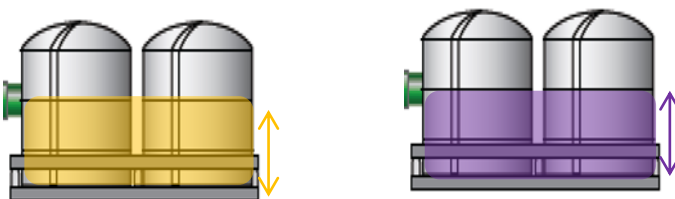
Otras Fuentes

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/gomez_s_mi/capitulo4.pdf

SISTEMA PRODUCCIÓN CRUDO

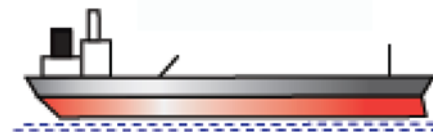


TANQUES DE RECIBO Y DE BLENDING



CONCEPTUALIZACIÓN

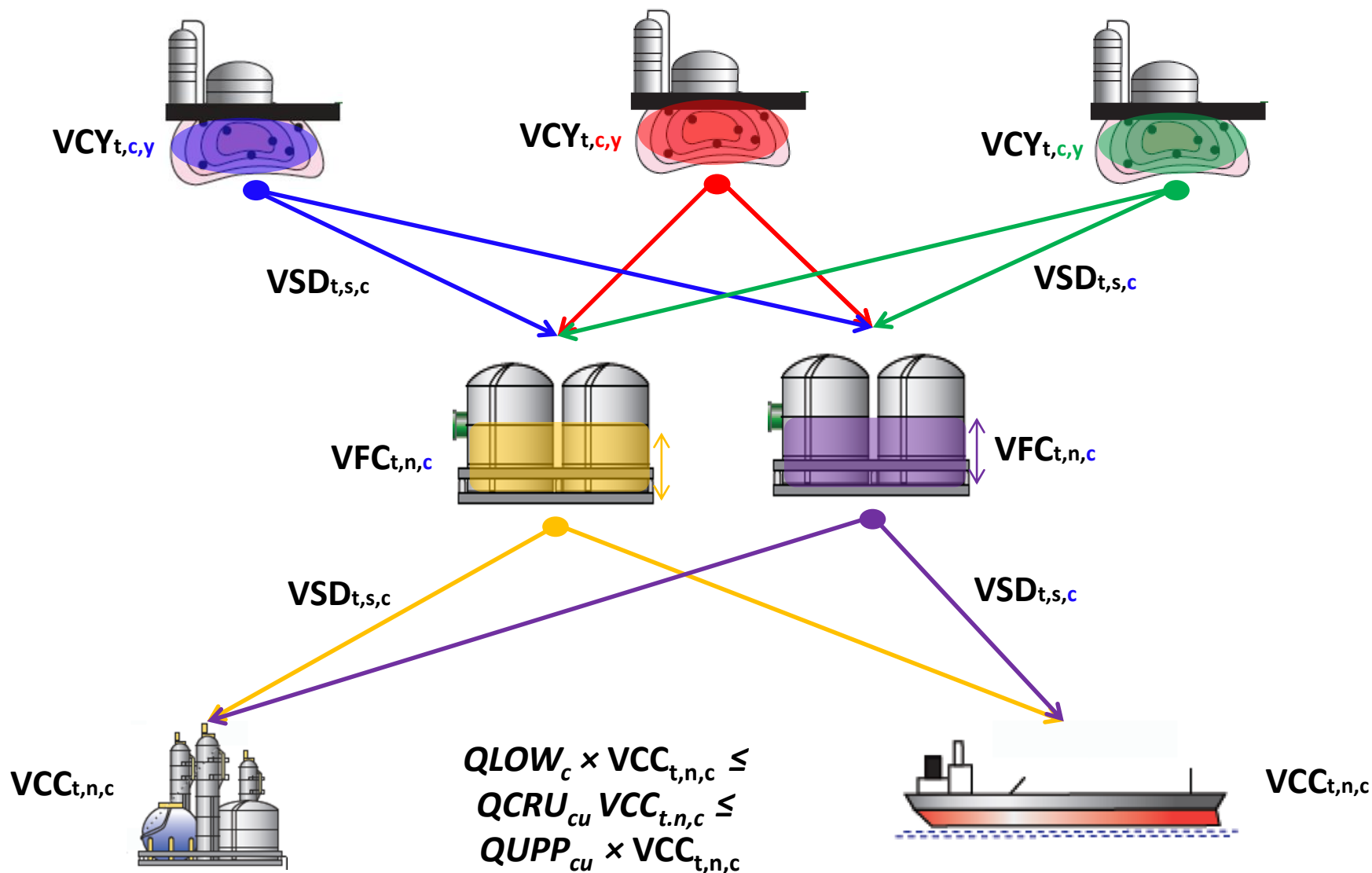
REFINERÍAS



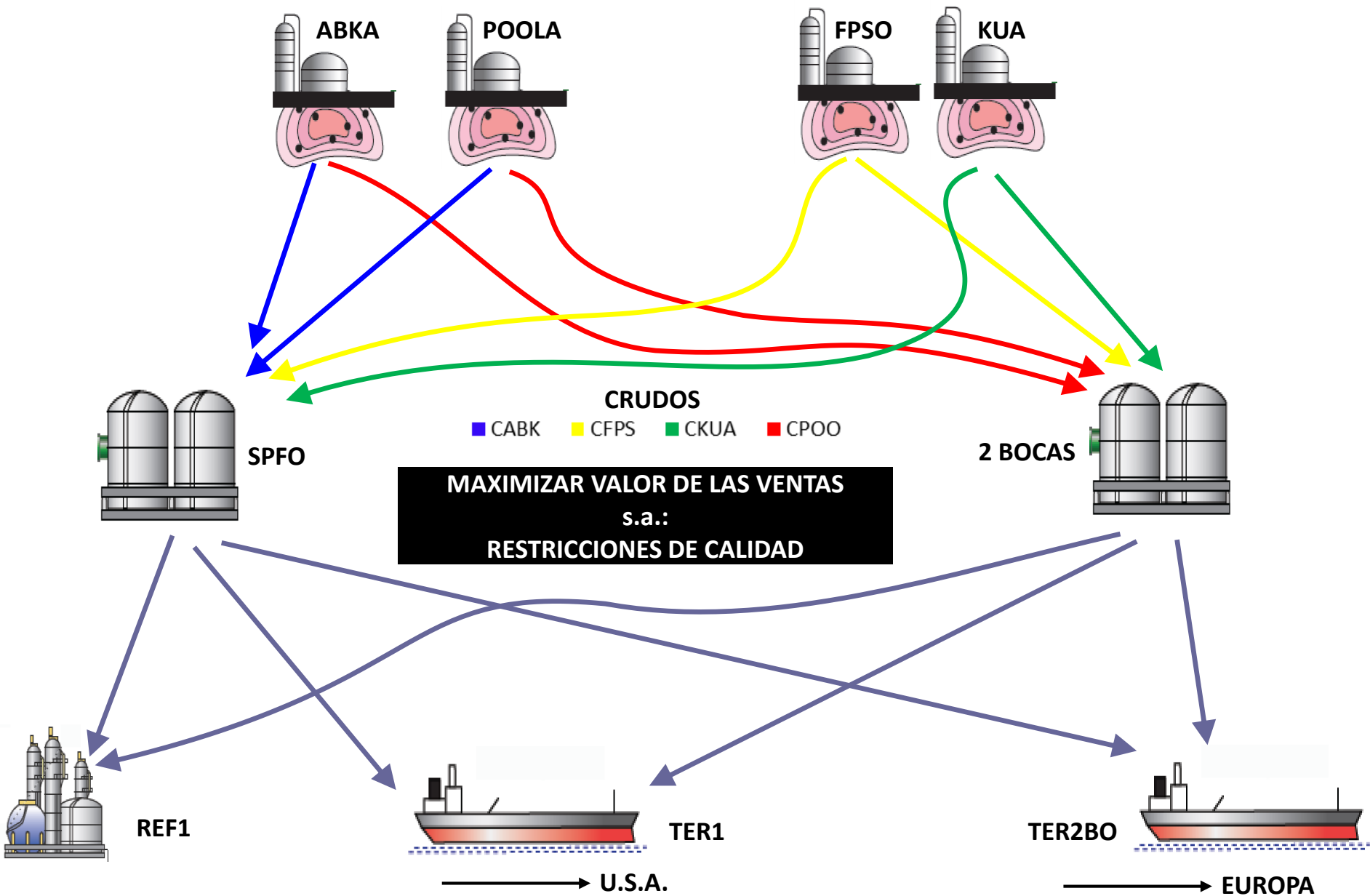
PUERTOS

**CRUDOS COMERCIALES
USD/BL**

TIPO CRUDO	api	ESTADOS UNIDOS	EUROPA	REFINERÍA
OLMECA	Superligero >39	117.26	117.15	117.1
ISTMO	Ligero 31.1 - 39	113.65	109.96	103.9
MAYA	Pesado 10 - 22.3	106.08	106.31	106.3

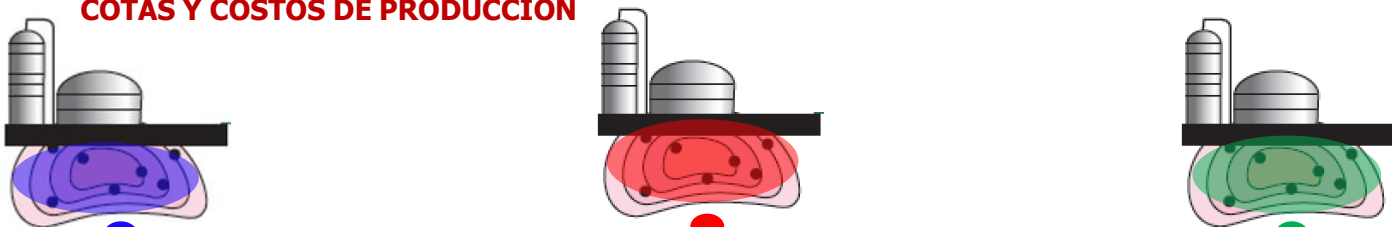


VARIABLES DEL MODELO MATEMÁTICO



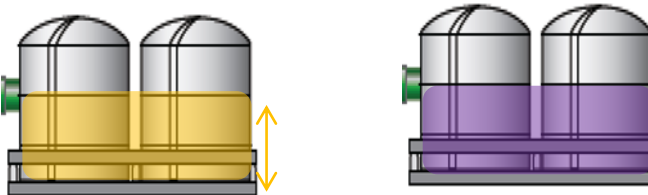
COTAS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

**SISTEMA
PRODUCCIÓN
CRUDO**



COTAS Y COSTOS DE CONDUCCIÓN

**TANQUES
DE RÉCIBO
Y DE BLENDING**



COTAS Y COSTOS DE ALMACENAMIENTO

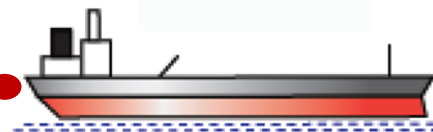
COTAS Y COSTOS DE CONDUCCIÓN

REFINERÍAS



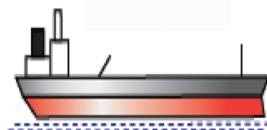
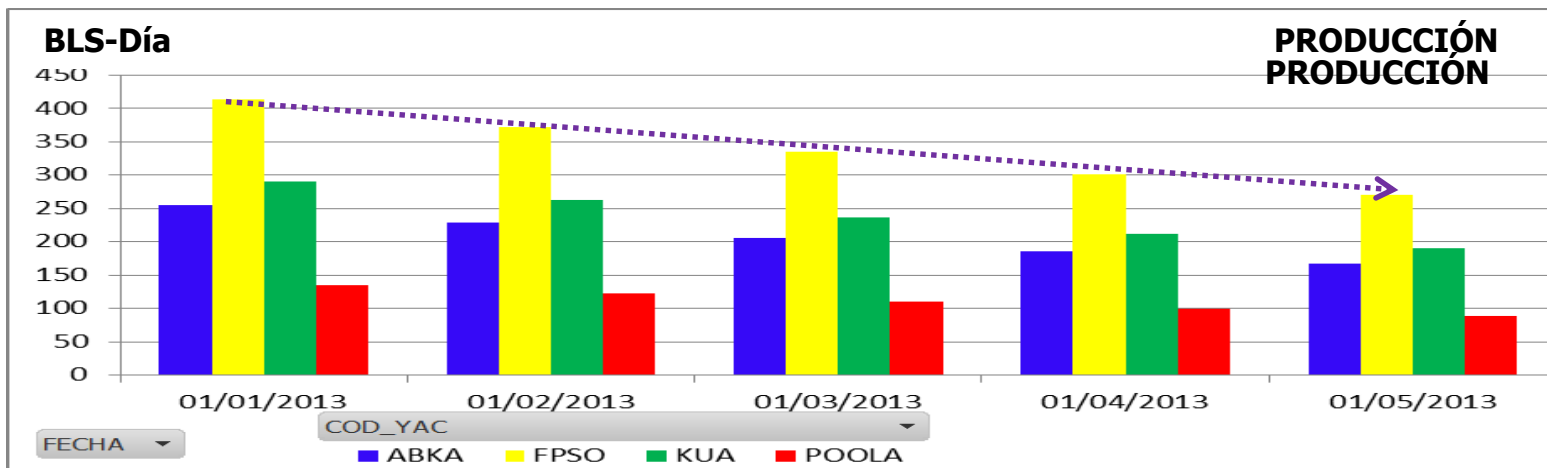
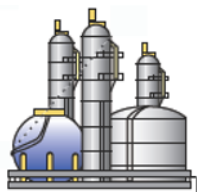
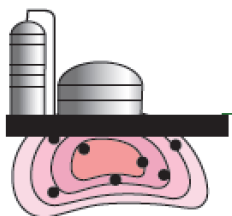
COMPRA DE CRUDOS EN EL SPOT

PUERTOS

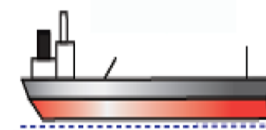


MODELAMIENTO COMPLETO OPERACIÓN

MODELO DINÁMICO

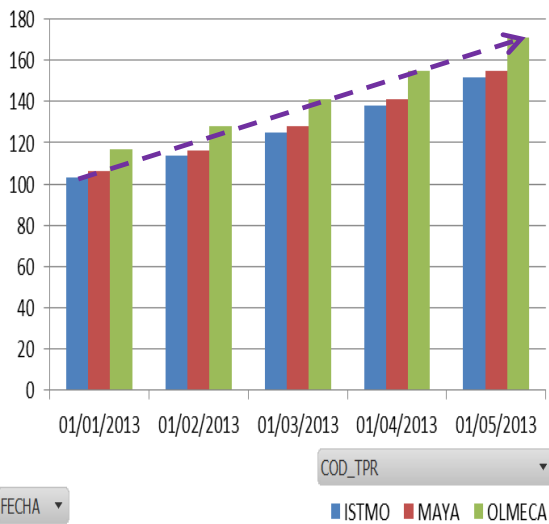


U.S.A.



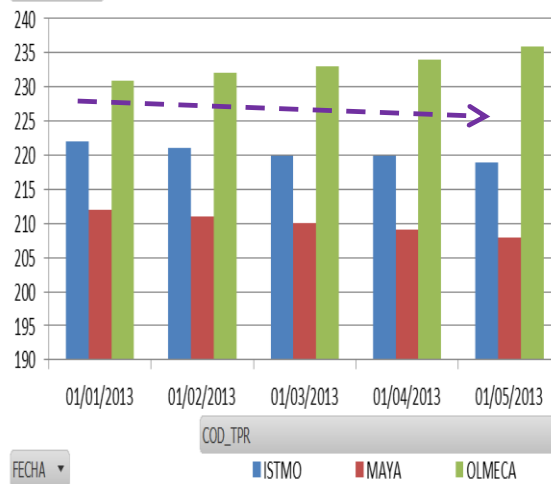
EUROPA

USD/BL



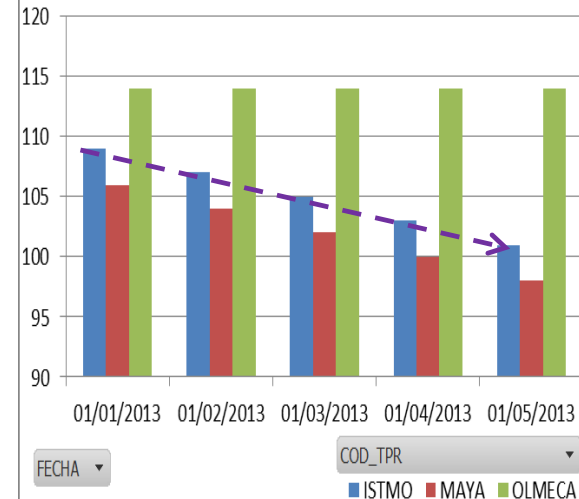
USD/BL

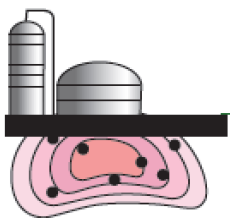
PRECIO



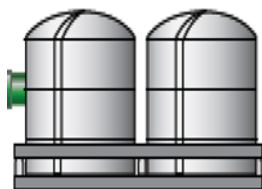
USD/BL

PRECIO

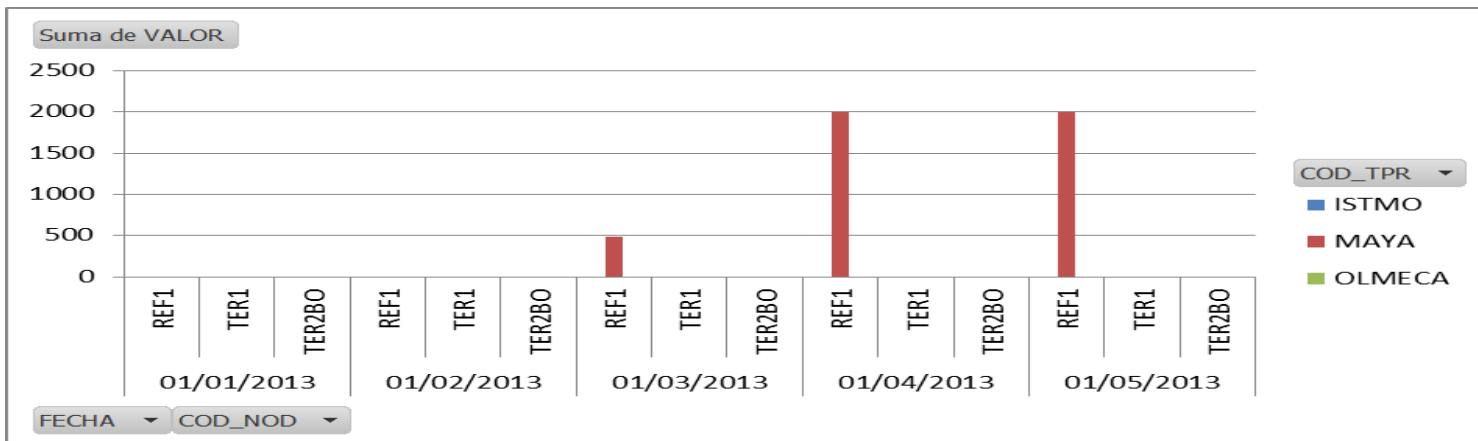
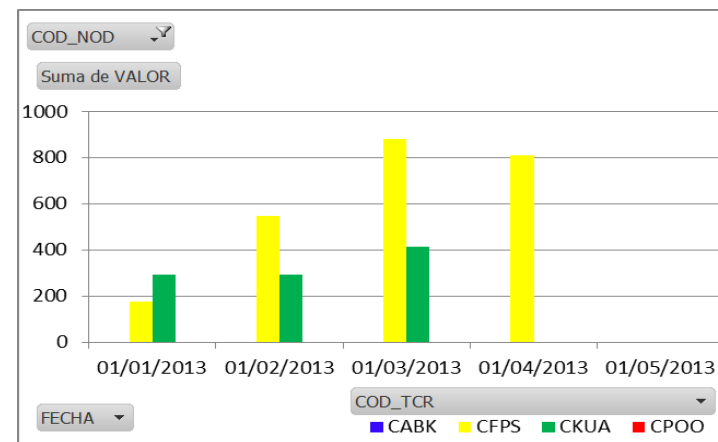
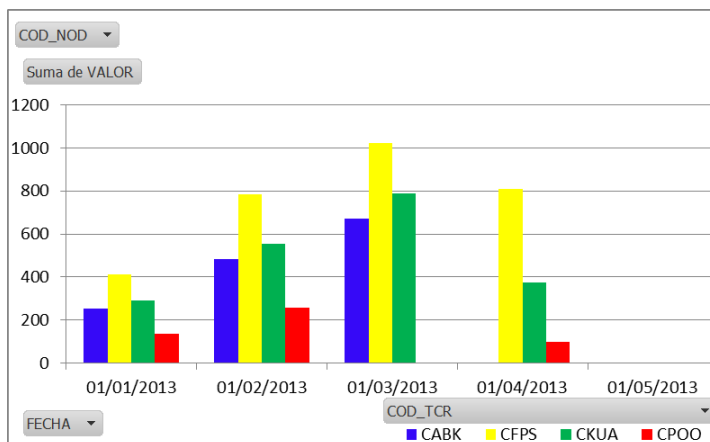
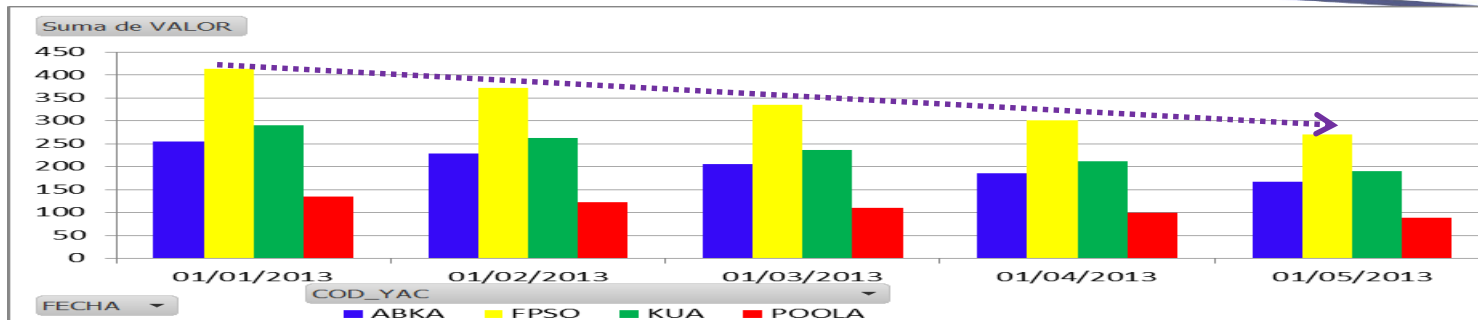
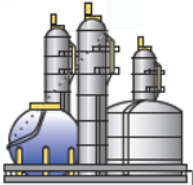


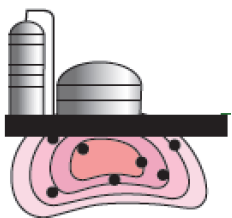


$$1000 \geq VSD_{t,s,c}$$

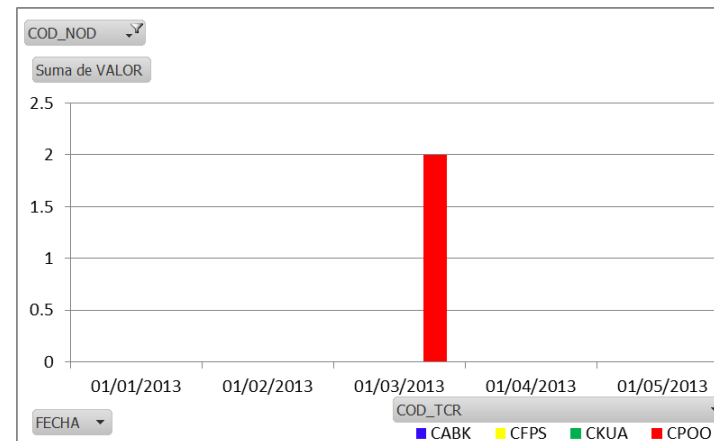
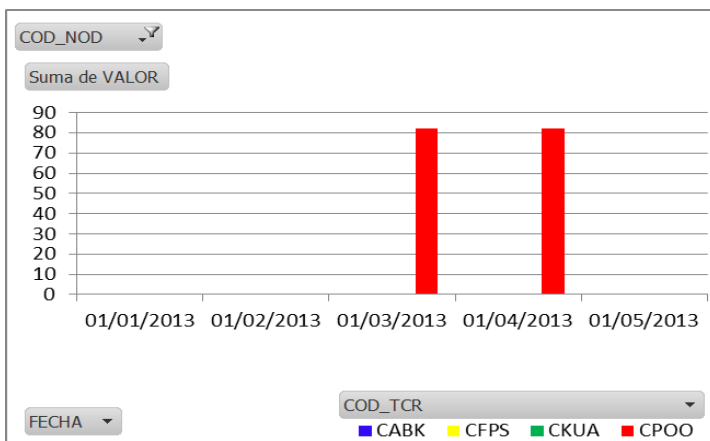
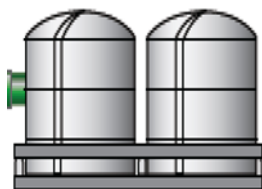
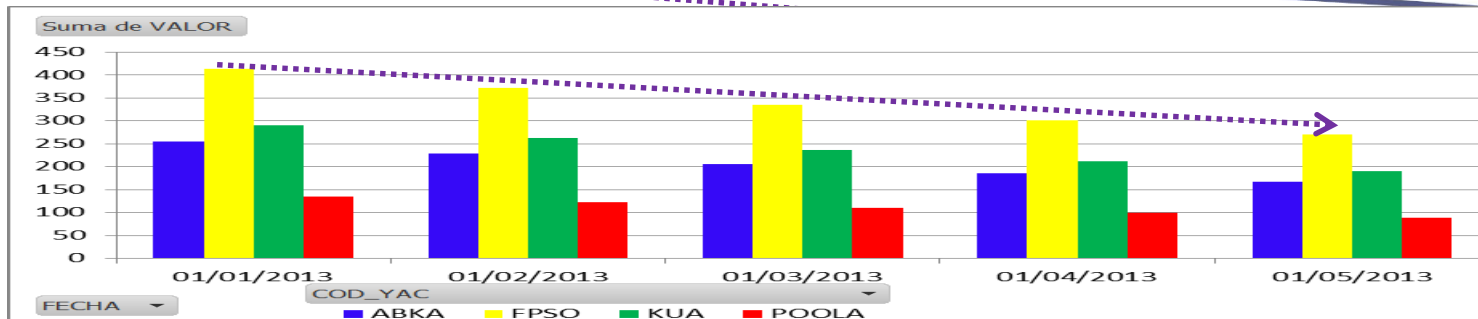


$$1000 \geq VSD_{t,s,c}$$

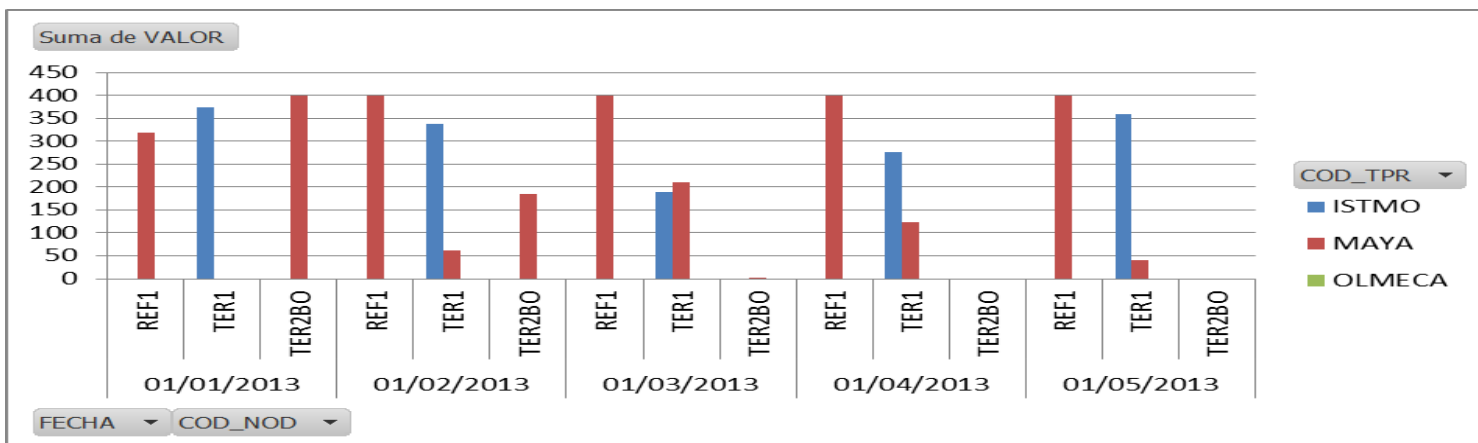




$VSDM \geq VSD_{t,s,c}$



$VSDM \geq VSD_{t,s,c}$



OPCHAIN-OIL-PRO-ELE

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

ENERGY SUPPLY OPTIMIZATION FOR OIL PRODUCTION SYSTEMS



OPCHAIN-OIL-PRO-ELE

ENERGY SUPPLY OPTIMIZATION FOR OIL PRODUCTION SYSTEMS

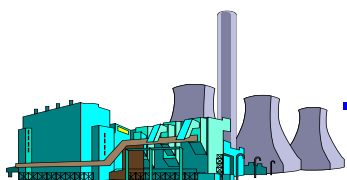
OPCHAIN-OIL-PRO-ELE optimiza el diseño/re-diseño del sistema eléctrico que atiende la demanda de electricidad requerida para realizar la producción de crudo en un campo, o conjunto de campos petroleros.

El modelaje de decisiones considera las siguientes alternativas de acciones de inversión o de des-inversión en lo que se refiere a infraestructura industrial (instalaciones/componentes del sistema productivo):

- Conectividad de pozos a barras (buses)
- Conexión de facilidades a barras
- Conexión de PADs de inyección a barras
- Asignación de transformadores a circuitos
- Asignación de electrógenos (autogeneradores) a barras
- Conexión de unidades de generación a la red eléctrica
- Análisis de contratos PPA (Power Purchase Agreement)
- Diseño de la topología de la red de abastecimiento de electricidad

SISTEMA ELÉCTRICO - PETROLERO CONECTIVIDAD INSTALACIONES

**INTERCONEXIÓN
SISTEMA
NACIONAL**



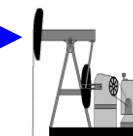
**PLANTA DE
GENERACIÓN**



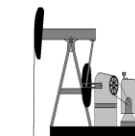
ELECTRÓGENO



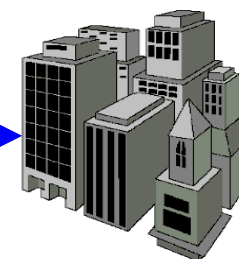
BARRA / BUS



**POZO
EXTRACTOR**



**POZO
INYECTOR**



**CARGA
LOCATIVA**



FACILIDADES PRODUCCIÓN



**Compra Energía
Respaldo del Sistema**

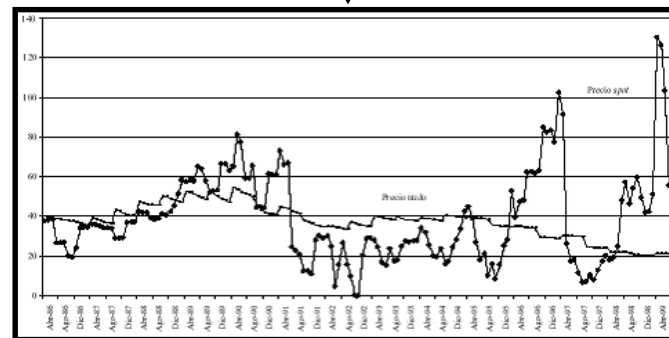
**REDES DE
INTERCONEXIÓN
ELECTRICA**

**Contratos
Compra/Venta**

**PLANTA DE SERVICIOS
AUTO-GENERADOR**

MERCADO DE ENERGIA

PLANTA DE PROCESO



OPCHAIN-OIL-REF

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

**REFINERIES PRODUCTION OPTIMIZATION
TACTICAL PLANNING**



OPCHAIN-OIL-REF

OIL REFINING OPTIMIZATION

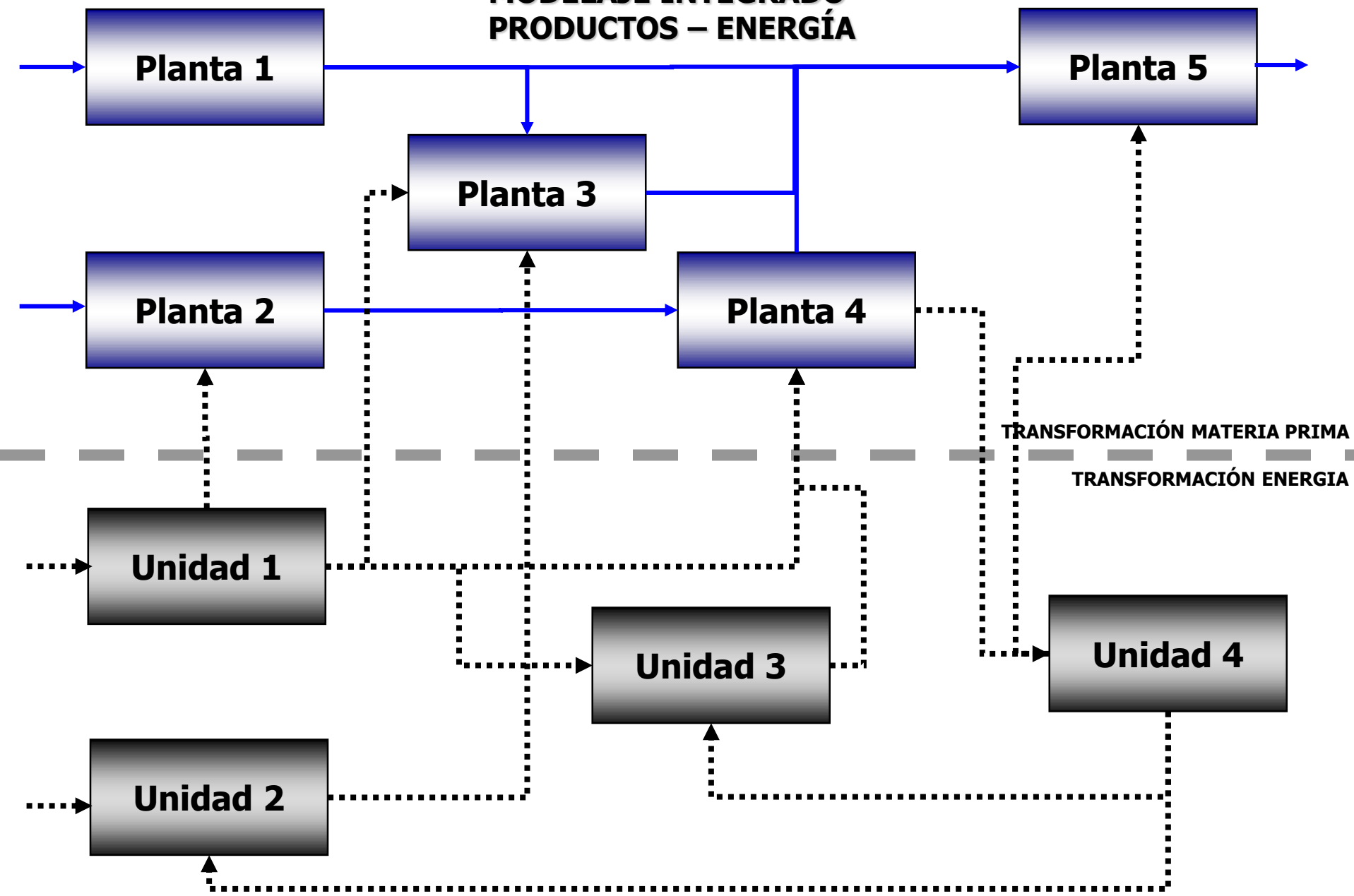
OPCHAIN-OIL-REF incluye un modelo genérico que puede servir indistintamente para planificar, a nivel agregado, los dos procesos de refinación de crudo y/o de bio-masa. El nivel de agregación fundamentalmente tiene que ver con las no-linealidades asociadas a este tipo de procesos, mas no con el nivel de detalle con el cual es posible representar los procesos productivos, los que pueden detallarse espacialmente en todas las unidades utilizadas en la producción de los productos refinados.

OPCHAIN-OIL-REF considera el proceso de refinación como una unión de dos procesos:

- **Transformación de productos:** conversión en productos refinados de crudos de petróleo y de biomasa, por medio de unidades de proceso, y
- **Transformación de energía:** procesamiento de servicios industriales auxiliares que requieren las unidades de procesos y que son consumidores/productores de energía, en denominadas unidades de servicio.

El objetivo de la optimización, es determinar el plan de producción que satisface la demanda de productos refinados, de acuerdo con una oferta de crudos disponibles (comprados o por comprar) durante el periodo de planificación.

MODELAJE INTEGRADO PRODUCTOS – ENERGÍA



UNIDADES DE PROCESO

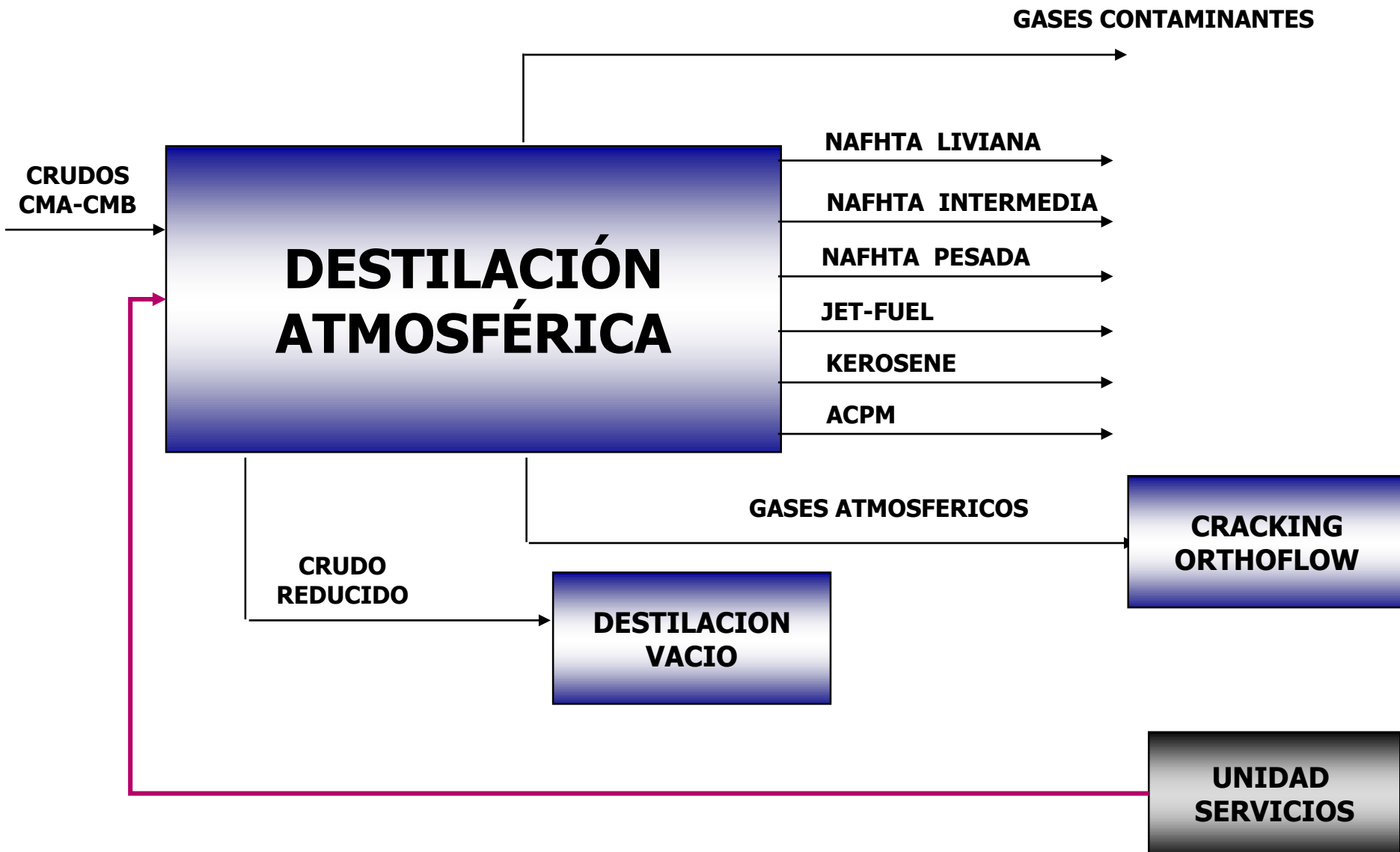
OPCHAIN-OIL-REF considera dos tipos de unidades de proceso:

- **Unidad rígida:** considera una unidad como un proceso que se define con base en ciertas entradas (crudo, productos refinados intermedios) y que elabora en proporciones fijas productos refinados.
- **Unidad flexible:** considera múltiples posibilidades para los procesos de producción en los cuales las proporciones de las mezclas de los productos consumidos y las cantidades producidas son determinadas por el modelo.

Ahora bien, las unidades sean rígidas o flexibles y pueden operar de forma continua o en lotes. Asimismo, la flexibilidad de la unidad se extiende, no sólo a los diferentes productos refinados sino también a las distintas materias primas, a las fuentes de las materias primas o inclusive a cualquier combinación posible de ellas. De esta manera, se consigue optimizar los procesos de la refinería a través de un modelo con una representación matemática unificada donde se incorporan todos los tipos de unidades, procesos y formas de operación (Norton y Grossmann, 1994).

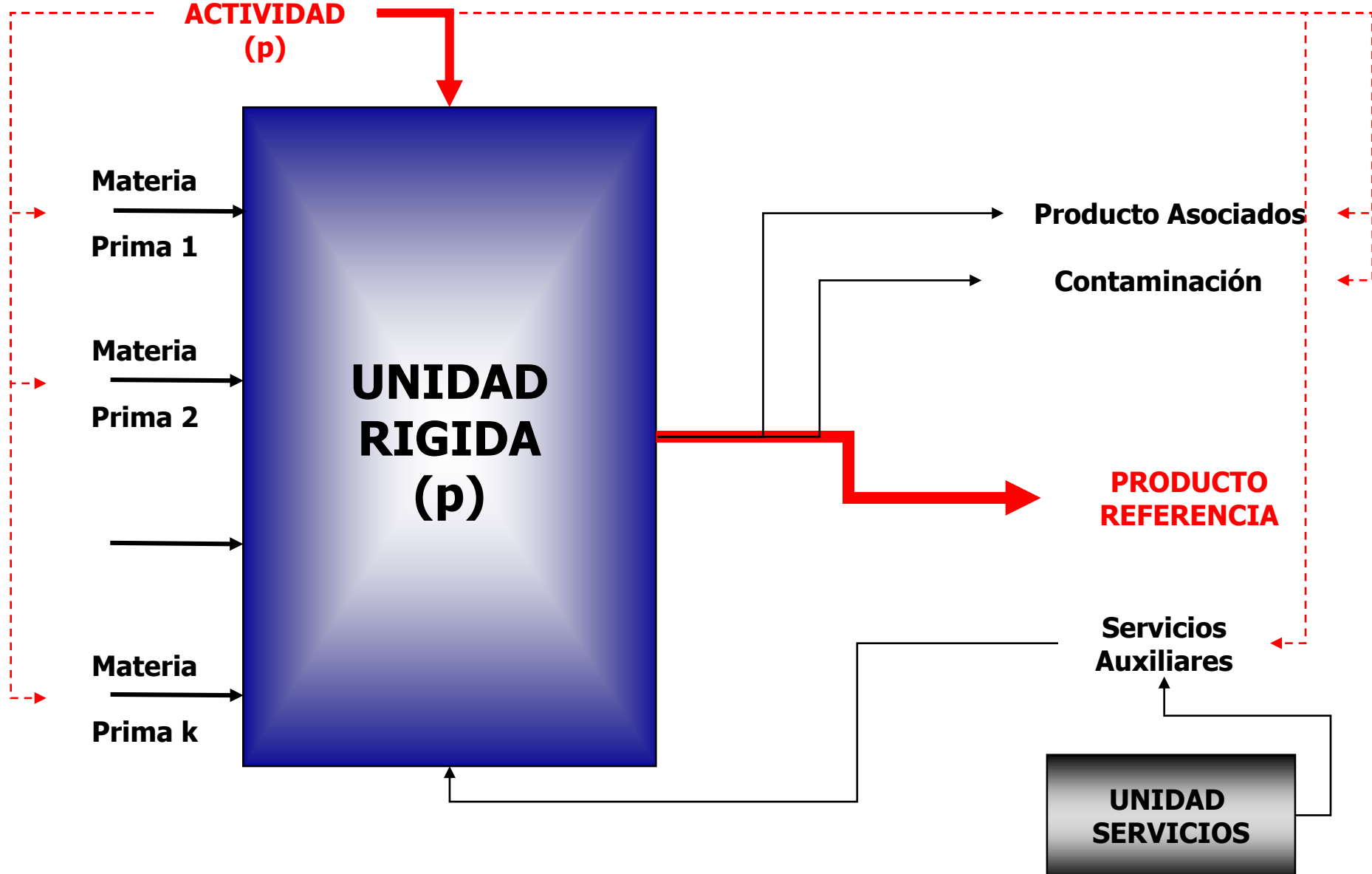
Como subproducto de los procesos se consideran los elementos contaminantes del medio ambiente, sobre los cuales se pueden imponer restricciones.

MODELAJE DE UNA UNIDAD DE PROCESO

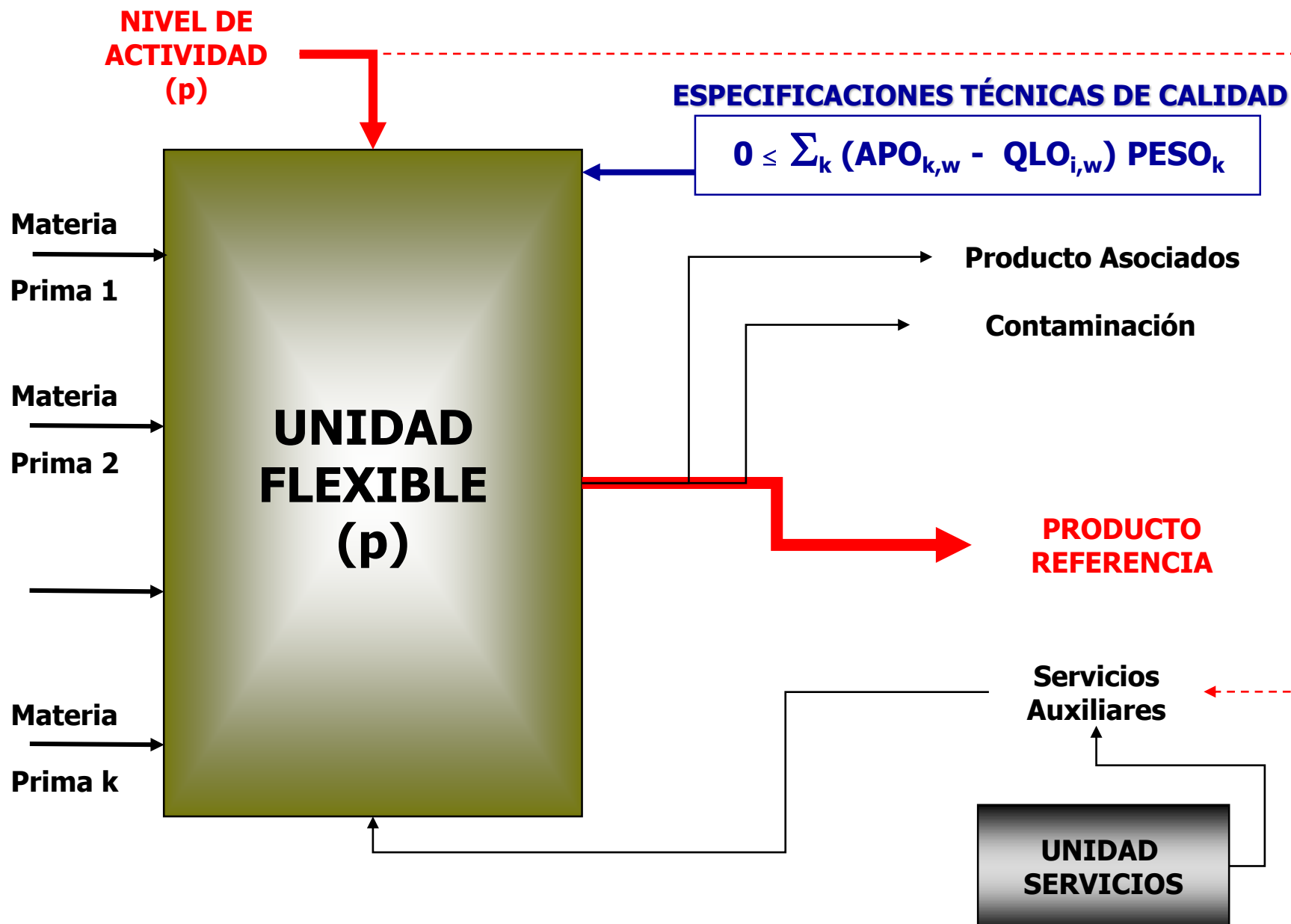


UNIDAD RIGIDA

**NIVEL DE
ACTIVIDAD
(p)**



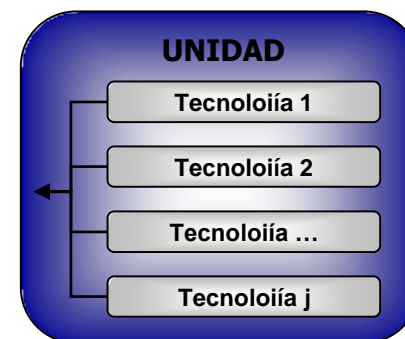
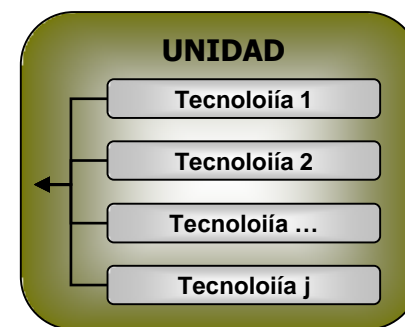
UNIDAD FLEXIBLE



UNIDADES PROCESO MULTI_TECNOLOGIA

OPCHAIN-OIL-REF concibe una unidad multi-tecnología asociada a las múltiples formas como puede operar la unidad a lo largo del tiempo. De esta manera, el modelo puede seleccionar qué tecnología (modo de operación) utiliza como una variable de decisión. Esta posibilidad implica que en modelos estratégicos y/o tácticos se describe el proceso con base en la cantidad/porcentaje de tiempo durante la cual se utiliza cada una de las tecnologías disponibles.

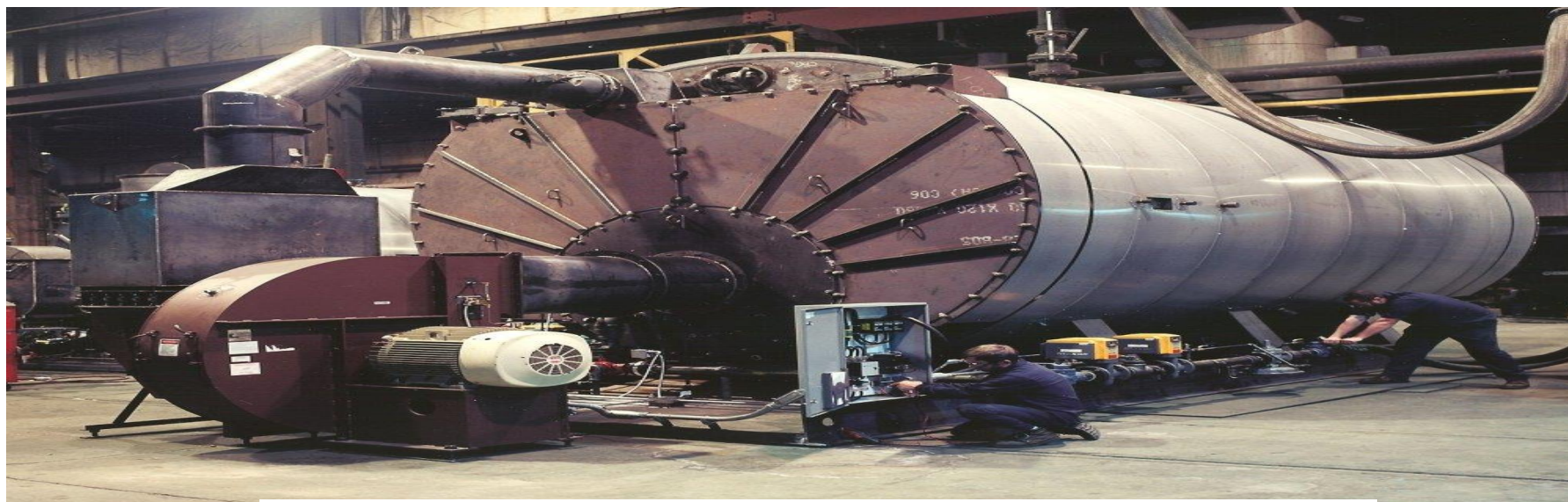
En modelos de programación de actividades (scheduling), se requiere de variables binarias para describir qué tecnología es utilizada en cada instante/periodo del horizonte de planificación (Ballijntijn,1993).



OPCHAIN-OIL-ISO

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

Industrial Services Optimization



OPCHAIN-OIL-ISO

INDUSTRIAL SERVICES OPTIMIZATION

OPCHAIN-OIL-ISO corresponde a uno de los modelos orientado a la optimización del consumo de energía en las plantas industriales que incluyen plantas de servicios industriales de gran escala, como puede ser el caso de refinerías, petroquímicas,

Estos servicios incluyen en muchos casos la auto-generación, la cogeneración y el intercambio de energía eléctrica con el sistema interconectado de generación/transmisión de electricidad.

El objetivo del modelo es minimizar el consumo, o el costo, de la energía requerida por los procesos industriales que soporta la planta de servicios industriales.

Se acopla al modelo para optimizar holísticamente la transformación del crudo en productos refinados y la producción de servicios industriales necesarios para que dicha transformación se dé.

**Materia Prima
Insumo**

**Fuel
Oil**

Gas

PLANTA DE PROCESO

Proceso 1

Proceso 2

Proceso 3

Proceso 4

**Tipos de Vapor
Electricidad
Tipos de Agua
Gas**

Electricidad

**Productos
de
Valor
Agregado**

PLANTA DE SERVICIO

COLECTOR

Caldera 1

Caldera 1

...

Unidad

COLECTOR

Turbina

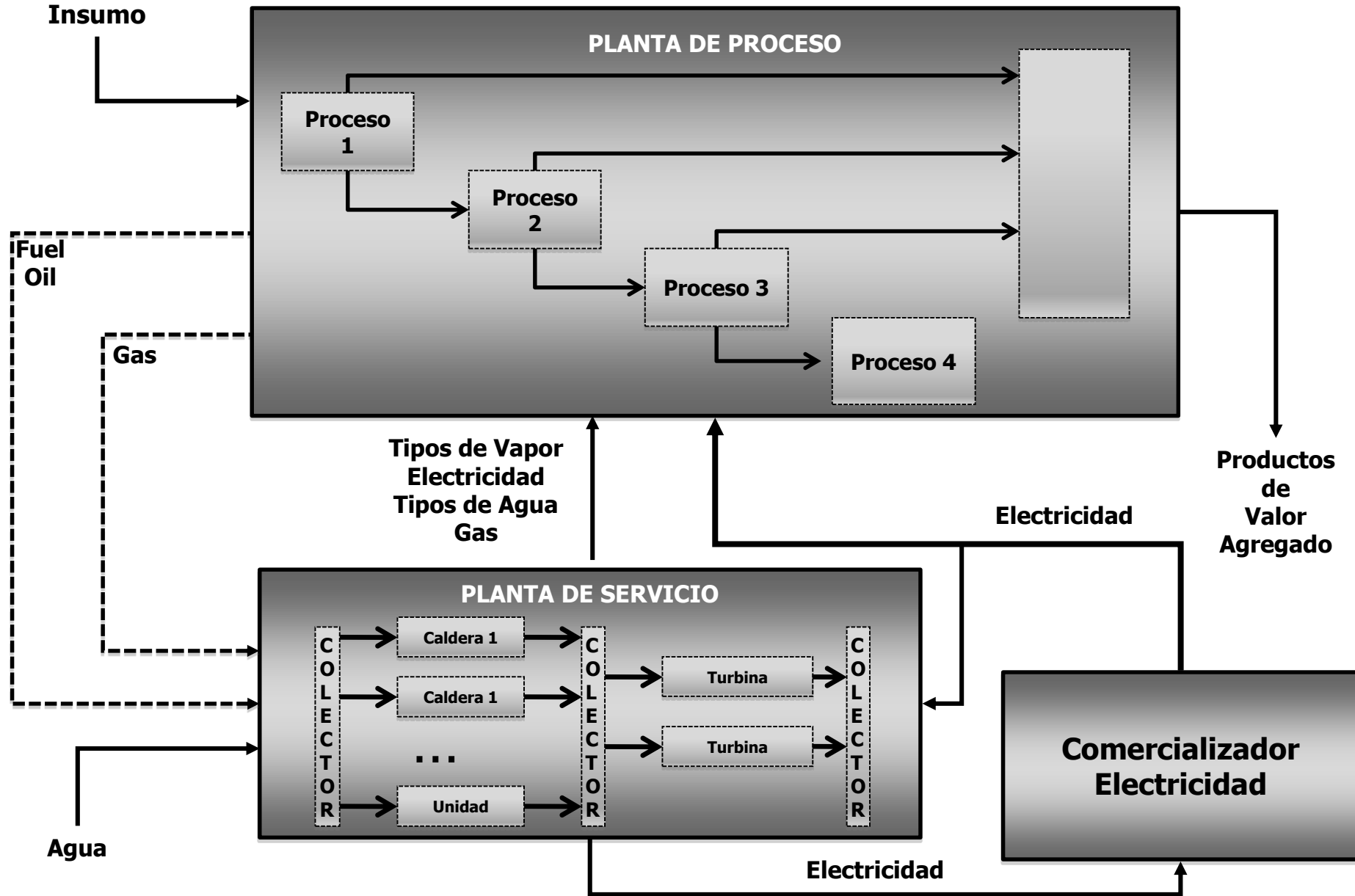
Turbina

COLECTOR

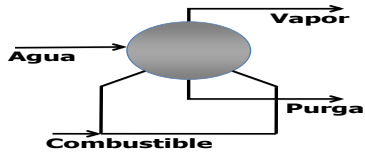
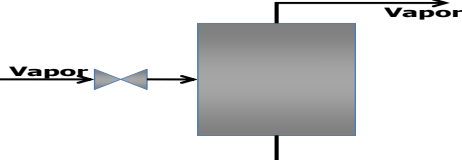
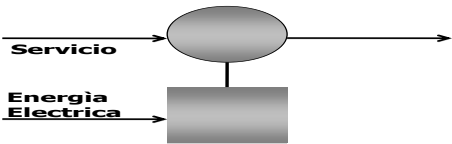
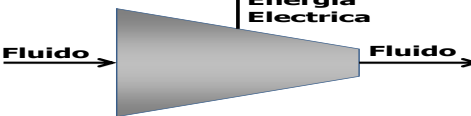
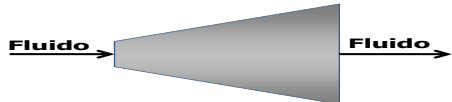

Agua

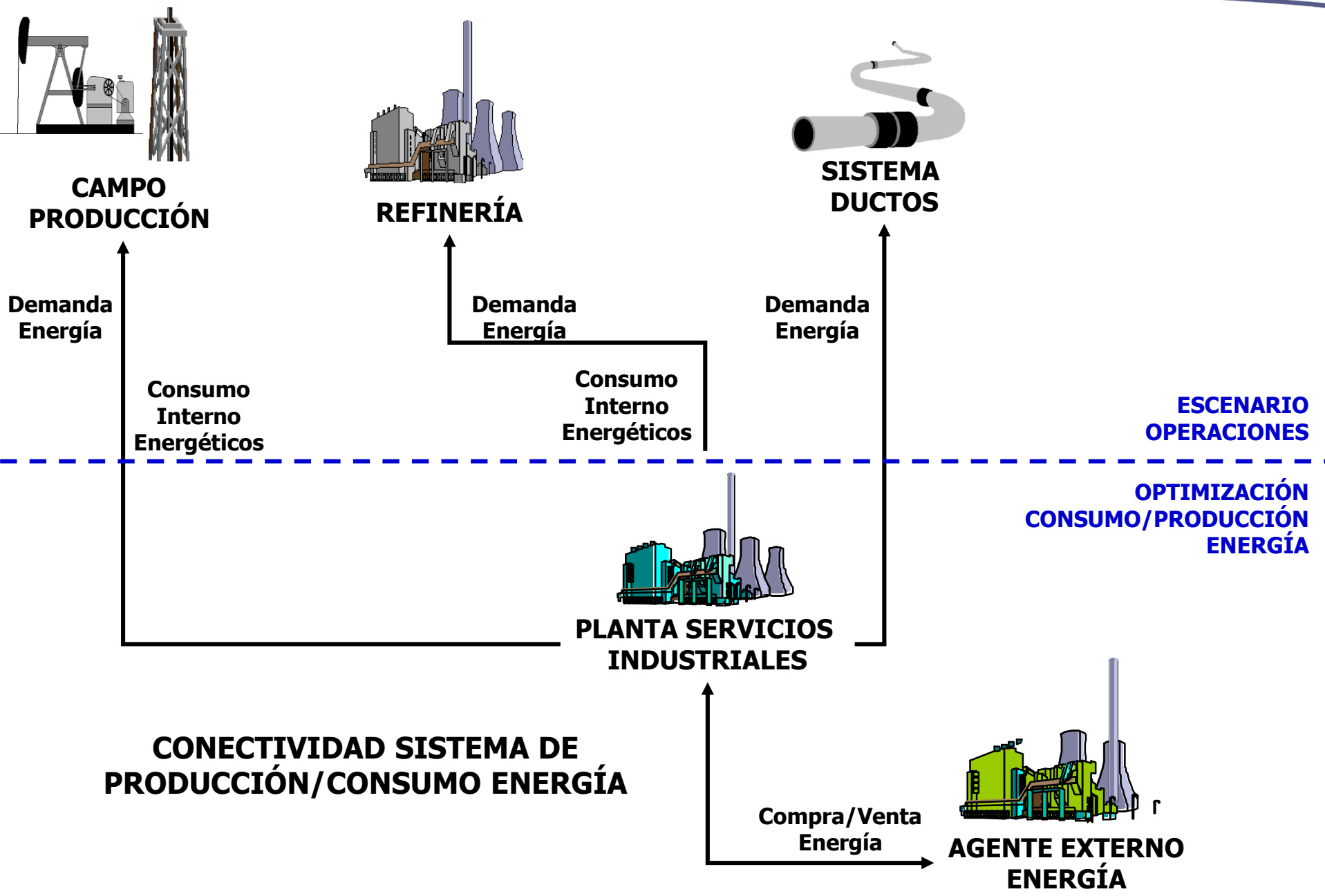
Electricidad

**Comercializador
Electricidad**



UNIDADES EN PLANTA DE SERVICIOS

UNIDAD	DIAGRAMA	CARACTERÍSTICA
<p>CALDERA</p>		<p>Se denomina calentador de agua o caldera, es un dispositivo termodinámico que utiliza energía para elevar la temperatura de agua. El tipo de calentador y el tipo de combustible a seleccionar depende de muchos factores como la temperatura del agua que se desea alcanzar, disponibilidad local del combustible, costo de mantenimiento, costo del combustible, espacio físico utilizable, caudal instantáneo requerido, clima local, y costo del calentador.</p>
<p>TANQUE DE ACUMULACIÓN</p>		<p>Utilizado para acumular vapor a la salida de la caldera, su principal función es aumentar la capacidad o la disponibilidad de vapor en los procesos donde la demanda es variable, permitiendo que no disminuya la presión del sistema.</p>
<p>BOMBAS</p>		<p>Convierte energía mecánica (suministrada por un mecanismo impulsor) en energía hidráulica. Esta energía adicional permite transmitir un fluido de un lugar a otro cuando no es factible que fluya por gravedad, elevarlo a cierta altura sobre la bomba o recircularlo en un sistema cerrado.</p>
<p>TURBINAS</p>		<p>Transforma la energía de un fluido de trabajo (vapor o gas) en energía mecánica. Las turbinas de vapor están presentes en diversos ciclos de potencia que utilizan un fluido que pueda cambiar de fase, entre éstos el más importante es el Ciclo Rankine, el cual genera el vapor en una caldera, de la cual sale en unas condiciones de elevada temperatura y presión. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad.</p>
<p>COMPRESOR</p>		<p>Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.</p>
<p>COLECTORES</p>		<p>El colector es el encargado de recolectar un servicio (vapor, agua, energía eléctrica o combustible) y distribuirlo a diferentes unidades que demanden este servicio, dentro de su función de distribuir es la unidad encargada de la conexión con las plantas de proceso.</p>



OPCHAIN-OIL-TSO

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

OIL TRANSPORT SYSTEMS OPTIMIZATION

DISTRIBUCIÓN/ACOPIO DE CRUDOS Y PRODUCTOS REFINADOS



OPCHAIN-OIL-TSO

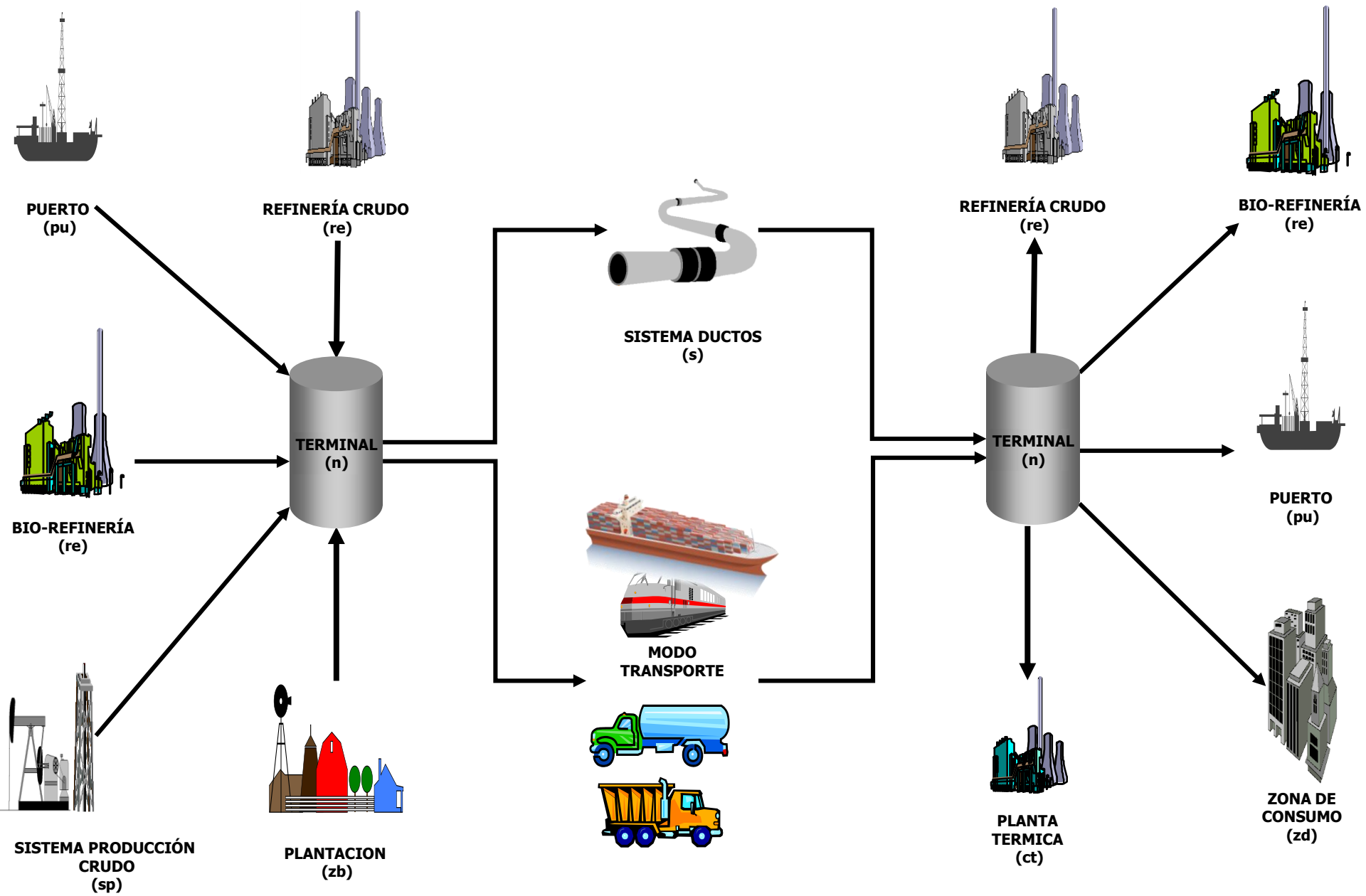
Transport System Optimization

OPCHAIN-OIL-TSO corresponde a un modelo general, común para todos los tipos de productos “petroleros” (crudos, refinados, gas natural y bio-masa), el cual representa el proceso para un sistema específico incluyendo ecuaciones particulares, cuando ello se requiere.

OPCHAIN-OIL-TSO considera dos medios de transporte: i) ductos/tuberías y ii) vehicular multimodal (tanqueros, barcazas, carro-tanques y/o trenes). El sistema de transporte integrado se puede conceptualizar como la unión tramos de tuberías y de rutas de vehículos, que interconectan múltiples nodos, que son los lugares en los cuales se unen las diferentes macro-instalaciones que hacen parte de la cadena de abastecimiento petrolera. Cada medio de transporte es modelado independientemente.

La conectividad del sistema se realiza por medio del denominado **terminal** corresponde a un punto en el espacio en el que se interconectan al menos dos macro-instalaciones de la cadena petrolera, tales como:

- Campos de yacimientos
- Plantaciones
- Refinerías de crudos
- Bio-refinerías
- Puertos
- Centros de consumo



OPCHAIN-OIL-PIPES

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

Pipelines Planning and Scheduling



OPCHAIN-OIL-PIPES

PIPELINES OPTIMIZATION

OPCHAIN-OIL-PIPES soporta la planificación y la programación de las operaciones de transporte de productos mediante ductos, pudiendo ser aplicados a: oleoductos, poliductos y/o gasoductos.

Por medio de tres modelos coordinados, a nivel la toma de decisiones **OPCHAIN-OIL-PIPES** puede soportar:

- **OPCHAIN-OIL-PIPES-PTA: Planificación Táctica (PTA)** determina los volúmenes óptimos a transferir en durante el período de planificación, sin considerar la secuencia de los productos en los ductos. Este modelo hace parte del modelo integrado de transporte **TSO**;
- **OPCHAIN-OIL-PIPES-SCH: Programación de Baches (SCH)** determina los volúmenes y la secuencia de los baches/ténderes/lotes a transferir en durante el periodo de planificación, considerando la planificación volumétrica establecida en el nivel anterior;
- **OPCHAIN-OIL-PIPES-OCE: Optimización del Consumo/Costo de Energía (OCE)** determina las velocidades de transferencia, las presiones de descarga y los patrones de bombeo en las estaciones de bombeo para satisfacer la programación de baches.

El objetivo de la optimización es minimizar los costos de operación a lo largo de todo el proceso de planificación y de programación de operaciones.

OPCHAIN-OIL-PIPES

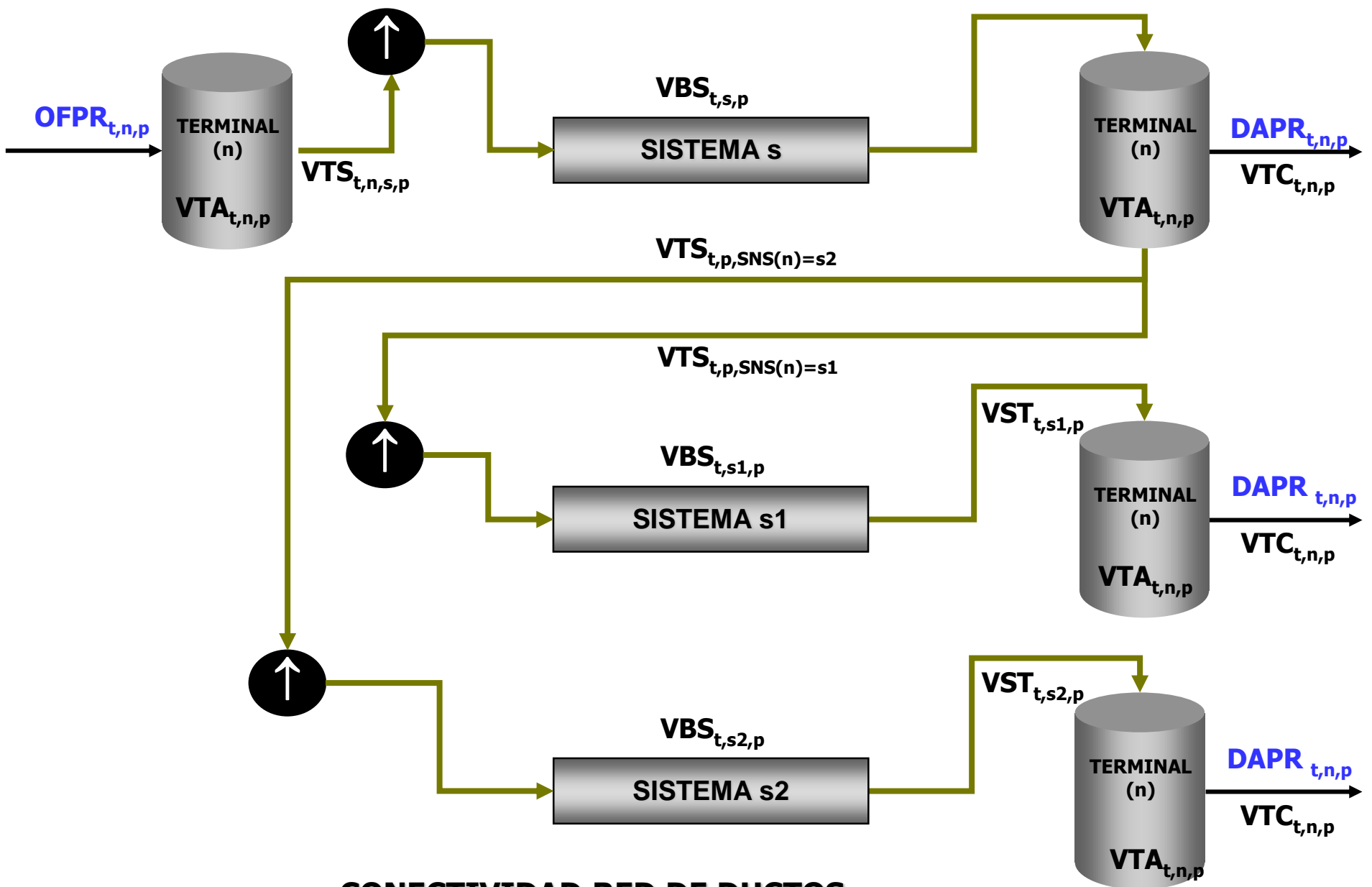
PIPELINES OPTIMIZATION

OPCHAIN-OIL-PIPES incluye ecuaciones que determinan la cantidad transportada durante un periodo y la energía consumida en dicho proceso con base en caudal del flujo de producto en el sistema. En los modelos agregados (**TAP** y **SCH**), cuando en el ducto se pueden transportar múltiples tipos de productos, se debe dividir el tiempo de transporte en el utilizado para transportar cada tipo de producto.

Para representar el flujo de energía a través del sistema de transporte se deben considerar la continuidad de la línea de energía en los ductos y en las áreas operativas. Se deben tener en cuenta restricciones para

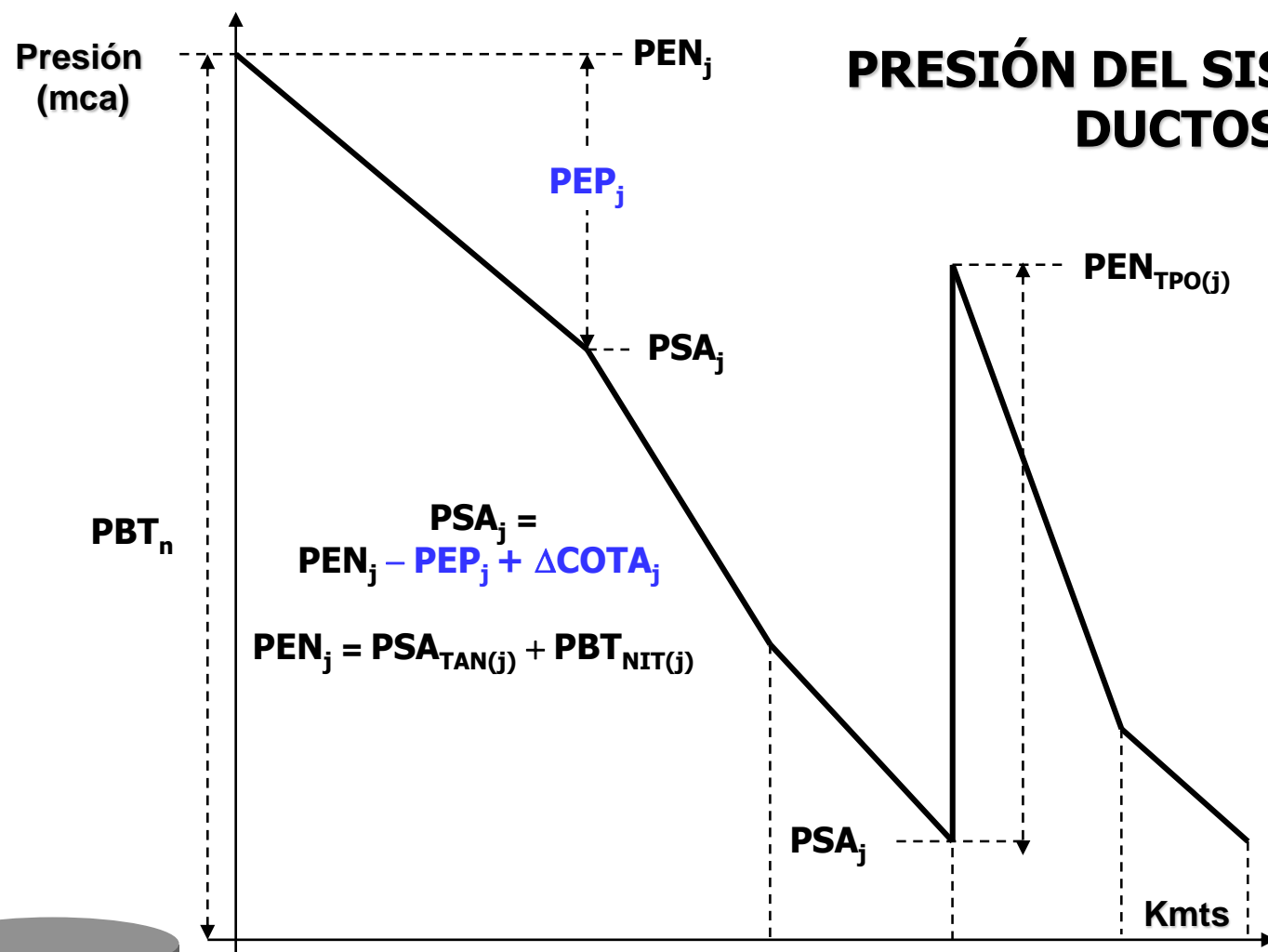
- Conservación de energía en los ductos y nodos del sistema
- Límites mínimos de presión, o compresión, a la salida de los ductos
- Presión, o compresión, mínima de entrada a los ductos, dependiendo del tipo de conexión entre el área operativa (nodo) y el ducto.

En los modelos agregados el modelaje hidráulico se realiza de manera aproximada, teniendo en cuenta el comportamiento detallado del sistema. En el modelo de operación de bombas se dispone de un modelo hidráulico detallado a nivel de cada tipo de bomba utilizado en el sistema de bombeo.



CONECTIVIDAD RED DE DUCTOS

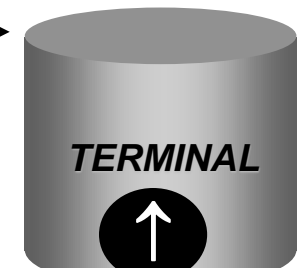
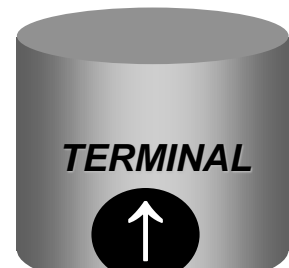
PRESIÓN DEL SISTEMA DE DUCTOS



$$PSA_j = PEN_j - PEP_j + \Delta COTA_j$$

$$PEN_j = PSA_{TAN(j)} + PBT_{NIT(j)}$$

PBT_n

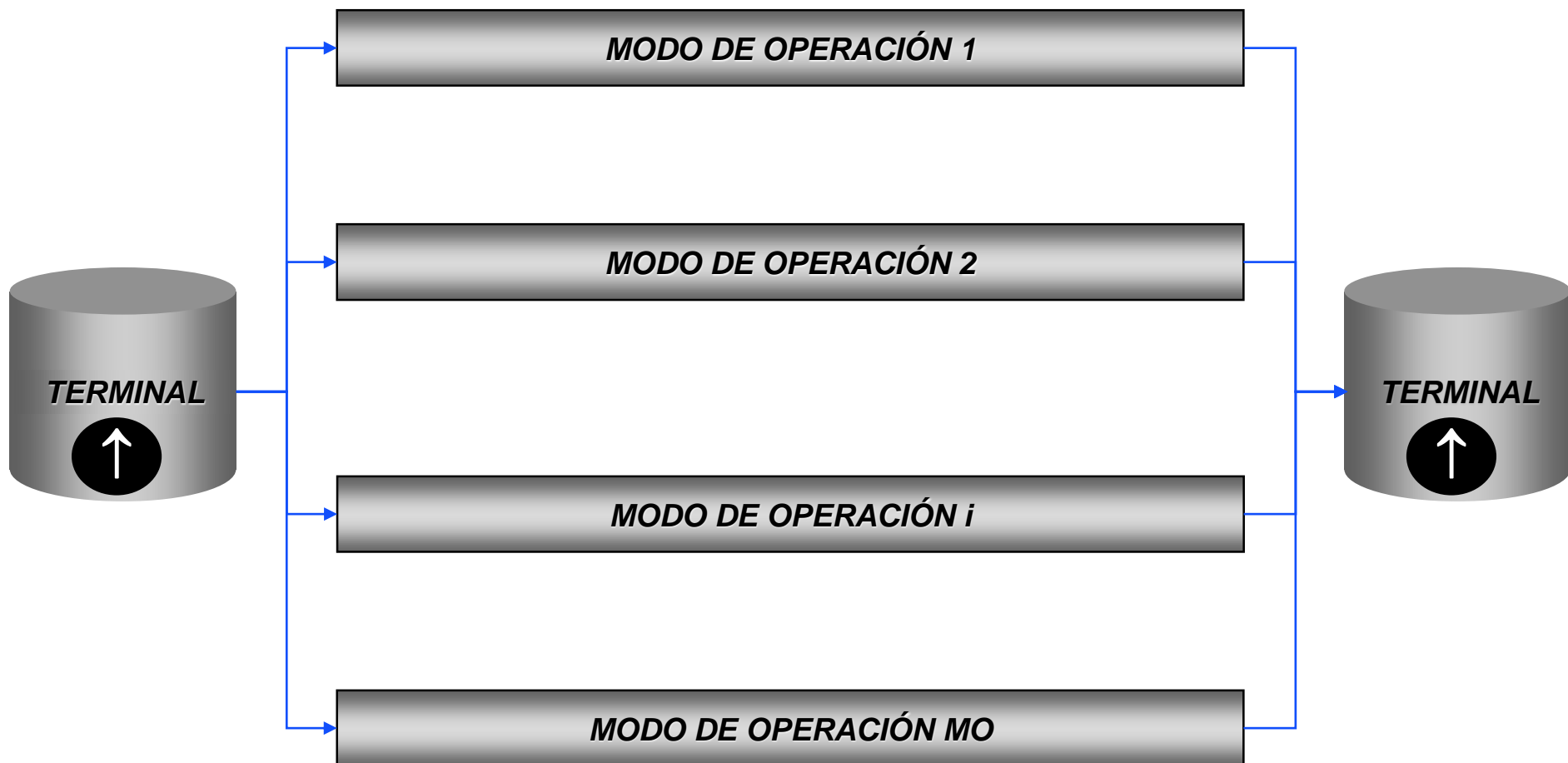


TRAMO

TERMINAL

TERMINAL

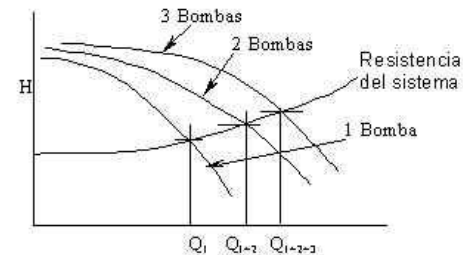
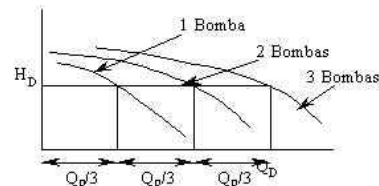
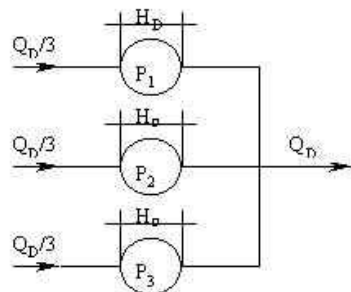
CONCEPTUALIZACION DEL SISTEMA DE DUCTOS MÚLTIPLES MODOS DE OPERACIÓN



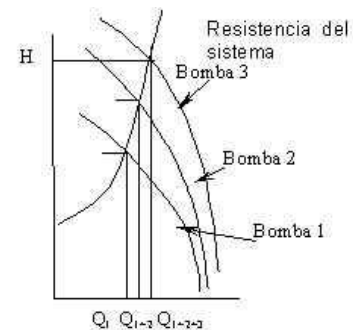
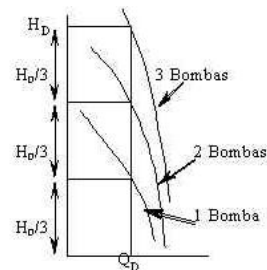
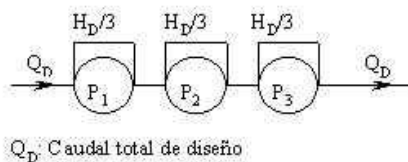
OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

PATRONES DE OPERACIÓN

EN PARALELO

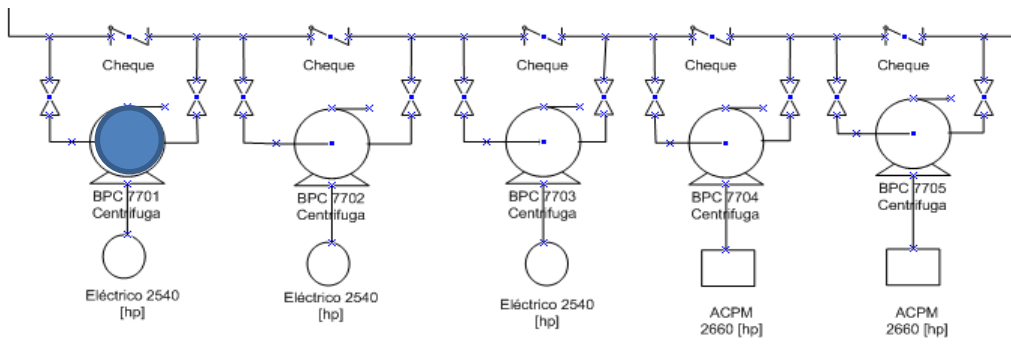


EN SERIE



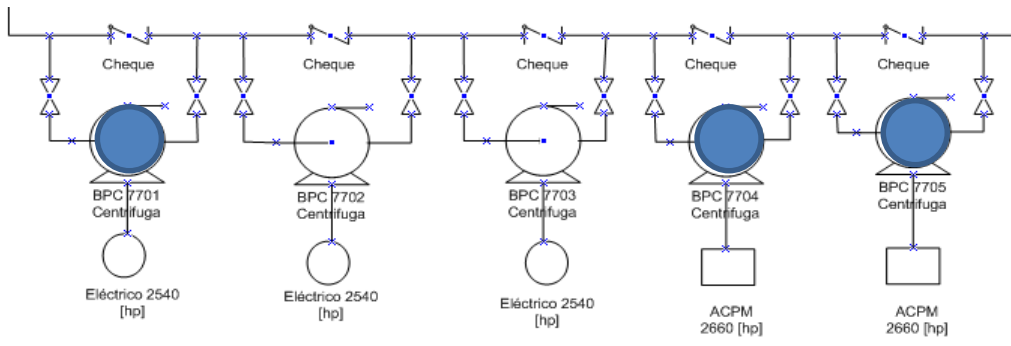
OPERACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

PATRONES DE OPERACIÓN



Bombas -> Patrones Bombeo		
Bomba	Codigo Patron B	NBRE
BPC701	VE100	1

Maestra Patrones Bombeo	
Código	Patron
CE000	Vasconia Electrico 0 Otro 0
CE001	Vasconia Electrico 0 Otro 1
CE002	Vasconia Electrico 0 Otro 2
CE003	Vasconia Electrico 0 Otro 3
VE000	Vasconia Electrico 0 Otro 0
VE001	Vasconia Electrico 0 Otro 1
VE002	Vasconia Electrico 0 Otro 2
VE100	Vasconia Electrico 1 Otro 0
VE101	Vasconia Electrico 1 Otro 1



Bombas -> Patrones Bombeo		
Bomba	Codigo Patron B	NBRE
BPC701	VE102	1
BPC704	VE102	2
BPC705	VE102	0

Maestra Patrones Bombeo	
Código	Patron
CE000	Vasconia Electrico 0 Otro 0
CE001	Vasconia Electrico 0 Otro 1
CE002	Vasconia Electrico 0 Otro 2
CE003	Vasconia Electrico 0 Otro 3
VE000	Vasconia Electrico 0 Otro 0
VE001	Vasconia Electrico 0 Otro 1
VE002	Vasconia Electrico 0 Otro 2
VE100	Vasconia Electrico 1 Otro 0
VE101	Vasconia Electrico 1 Otro 1
VE102	Vasconia Electrico 1 Otro 2

TARIFAS/COSTOS DE ENERGIA

OPCHAIN-OIL-PIPES está en capacidad de manejar costos de energía eléctrica diferenciados por la hora del día, o bloque de carga. De esta forma se puede tomar ventaja de las bajas tarifas, o de los bajos costos marginales, en los periodos de baja carga.

Para evitar complicar los modelos lineales agregados en modelos no-lineales, se incluye en el modelaje el concepto de tecnología, o modo de operación, de forma tal de asociar cada tecnología a una velocidad de transferencia (caudal) de forma tal de que el modelo determinen el caudal óptimo para cada bloque de carga.

En el modelo detallado, el período es horario y se manejan tarifa/costos diferenciados pro cada hora.

OPCHAIN-OIL-RET

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

GASOLINE TRANSPORT OPTIMIZATION

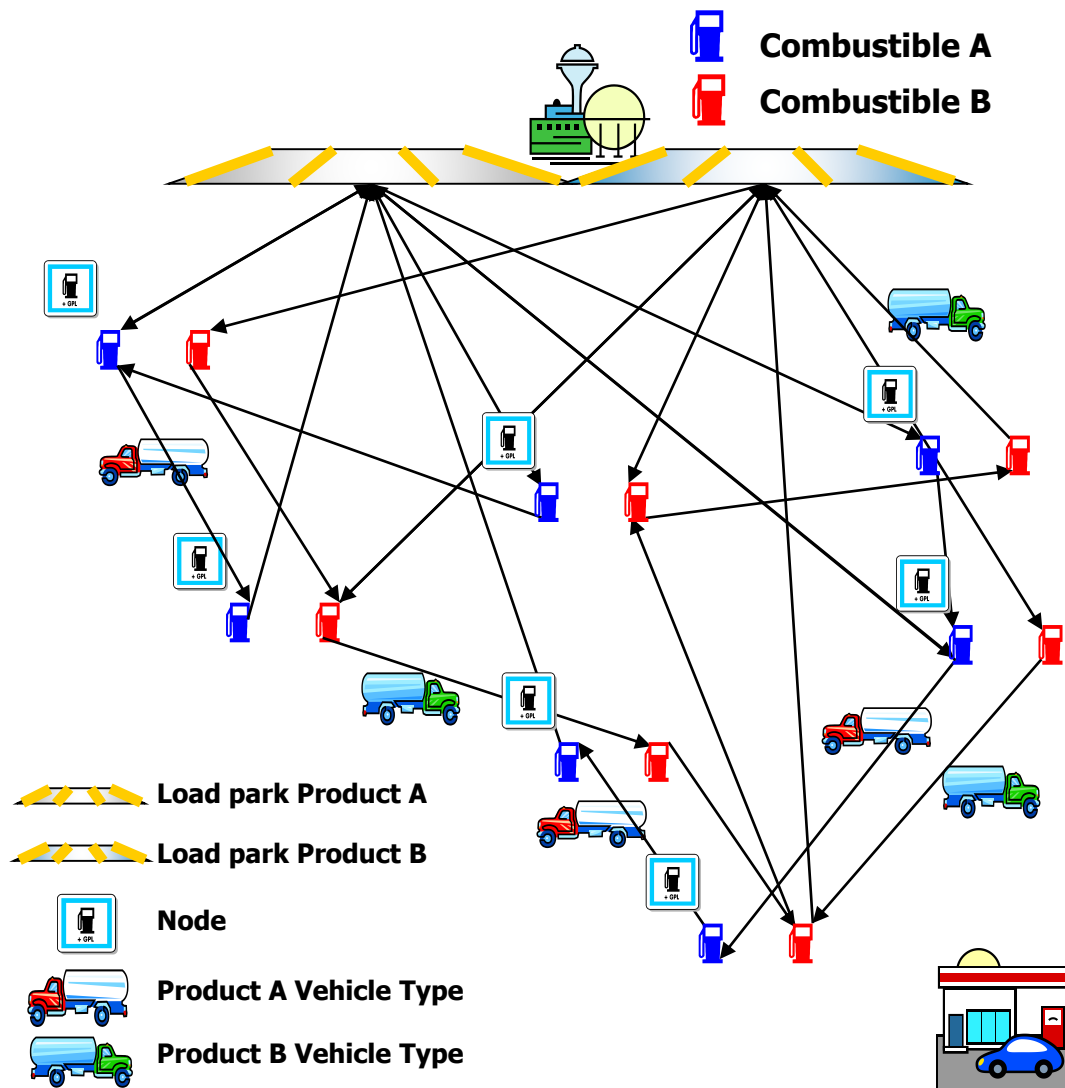


OPCHAIN-OIL-RET soporta la programación de operaciones de distribución de gasolina de los terminales de productos a las estaciones de gasolina.

Considera restricciones:

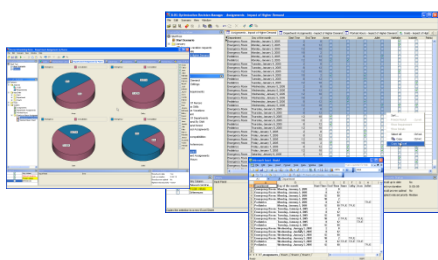
- Ventanas de tiempo de entrega
- Capacidad de los carrotanques
- Distribución de capacidades en los carrotanques
- Capacidad de carga de las islas de carga (llenaderas)
- Turnos de trabajo

Versiones orientadas a pedidos urbanos y a pedidos nivel regional.

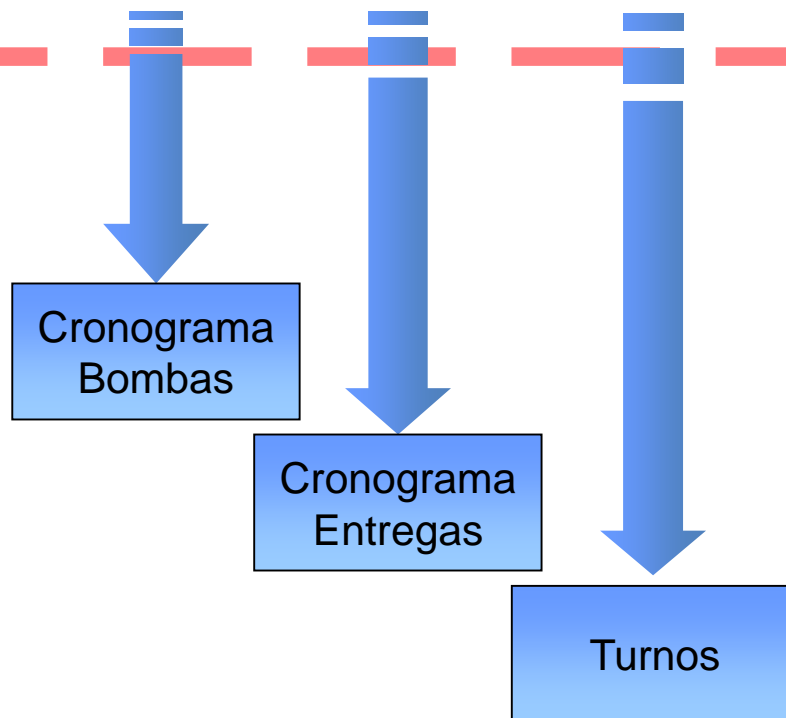
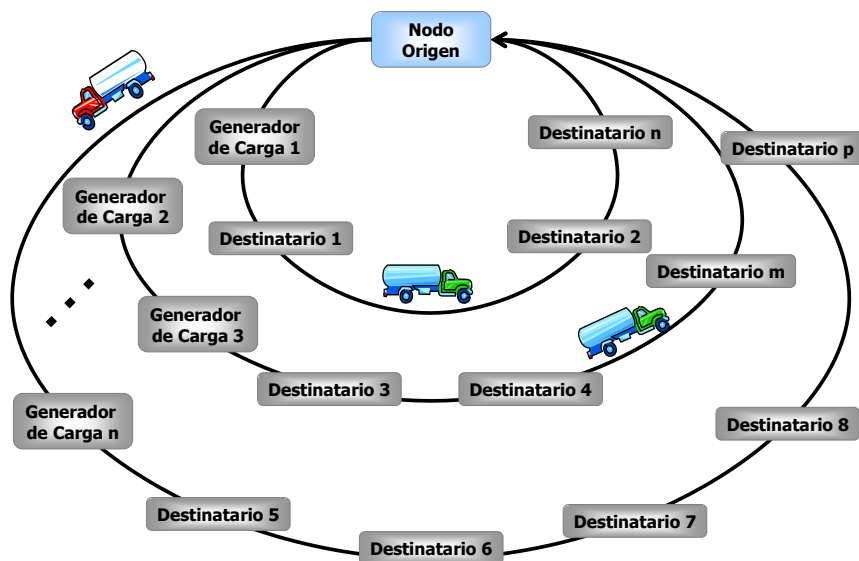


Distribución Urbana

VEHICLE SCHEDULING AND ROUTING



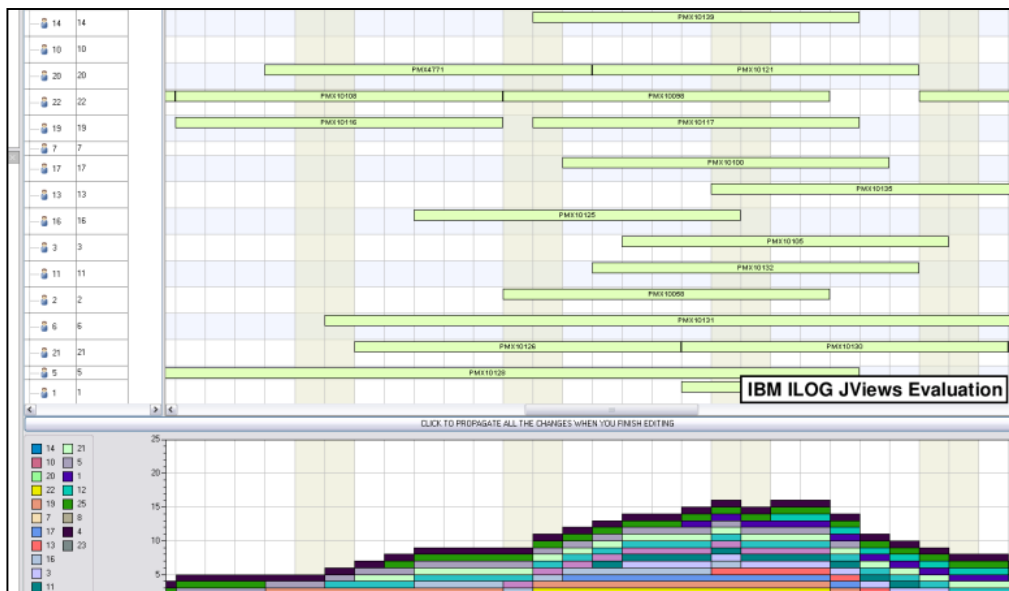
Planificación
Ejecución



Resultados:

- Cronograma por bomba de llenado
- Cronograma servicio por carrotanque
- Asignación conductores
- Indicadores utilización recursos

numero	cliente	llenadera	producto	vehiculo	turno	principio	fin
73	0000108194	12	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10110	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:23
120	0000108241	7	GASOLINA PEMEX PREMIUM	PMX10143	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
122	0000108366	8	GASOLINA PEMEX PREMIUM	PMX10102	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
135	0000109058	2	PEMEX DIESEL	PMX10146	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:23
170	0000111069	13	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10114	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
191	0000112057	14	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10129	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
200	0000112416	11	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10115	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
207	0000112681	10	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10126	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
211	0000112721	1	PEMEX DIESEL	PMX10133	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:11
215	0000112835	3	PEMEX DIESEL	PMX10127	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:23
220	0000113024	16	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10105	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:23
222	0000113125	17	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX11088	Noche	1/3/2010 21:00	1/3/2010 21:23
3	0000107838	14	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10119	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:22
23	0000108147	8	GASOLINA PEMEX PREMIUM	PMX10135	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:22
56	0000108176	1	PEMEX DIESEL	PMX11093	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:31
121	0000108366	10	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX11096	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:22
166	0000110890	7	GASOLINA PEMEX PREMIUM	PMX11090	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:22
197	0000112361	11	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10124	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:34
209	0000112685	13	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10100	Noche	1/3/2010 21:11	1/3/2010 21:22
100	0000108220	8	GASOLINA PEMEX PREMIUM	PMX10116	Noche	1/3/2010 21:22	1/3/2010 21:33
198	0000112363	10	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10136	Noche	1/3/2010 21:22	1/3/2010 21:56
203	0000112468	13	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10117	Noche	1/3/2010 21:22	1/3/2010 21:45
205	0000112533	14	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10145	Noche	1/3/2010 21:22	1/3/2010 21:33
8	0000108127	17	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10144	Noche	1/3/2010 21:23	1/3/2010 21:46
83	0000108208	12	GASOLINA PEMEX MAGNA	PMX10113	Noche	1/3/2010 21:23	1/3/2010 21:57
109	0000108229	2	PEMEX DIESEL	PMX10058	Noche	1/3/2010 21:23	1/3/2010 21:34



Capacidades/Características:

- Restricciones en turnos conductores
- Tasas de alimentación por instalación
- Reprogramación de asignaciones
- Sincronización con sistemas adquisición datos
- Comparación de escenarios

OPCHAIN-OIL-SEA

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN

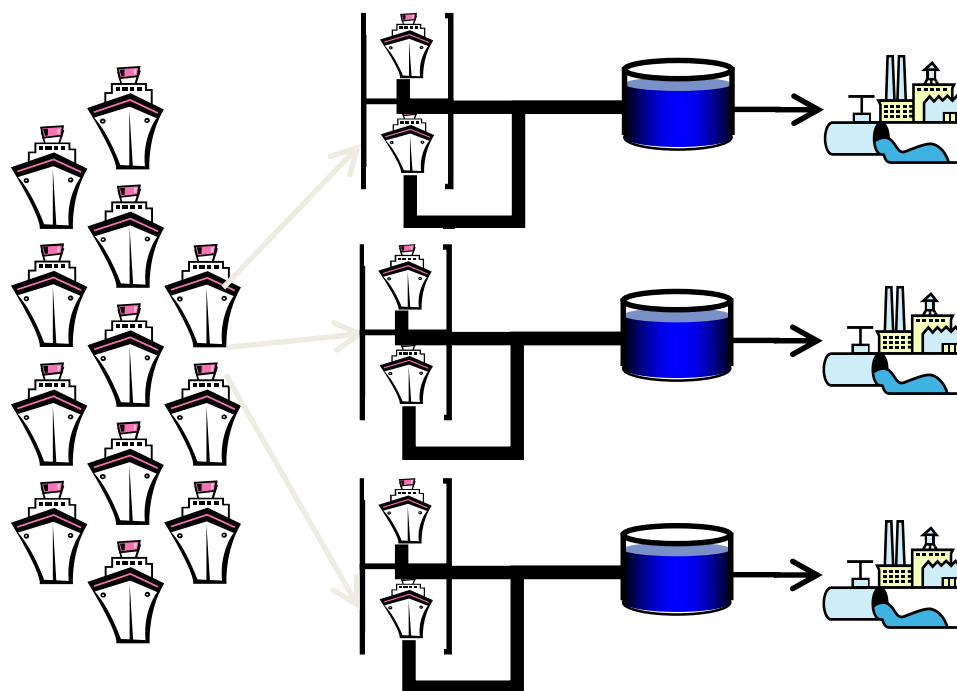
SHIP SCHEDULING OPTIMIZATION



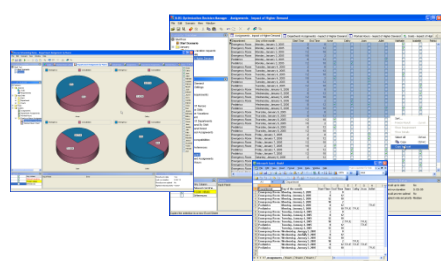
OPCHAIN-OIL-SEA soporta la programación de operaciones acopio y de distribución de productos vía medios marítimos de transportes como tanqueros y barcazas.

Considera restricciones:

- Ventanas de tiempo de entrega/carga
- Distribución de capacidades en los barcos
- Capacidad de carga/descarga en los muelles
- Capacidad de calado de los muelles
- Velocidad de desplazamiento de los barcos
- Relación peso/calado de los tanqueros
- Sincronización del llenado/vaciado de los tanques de almacenamiento

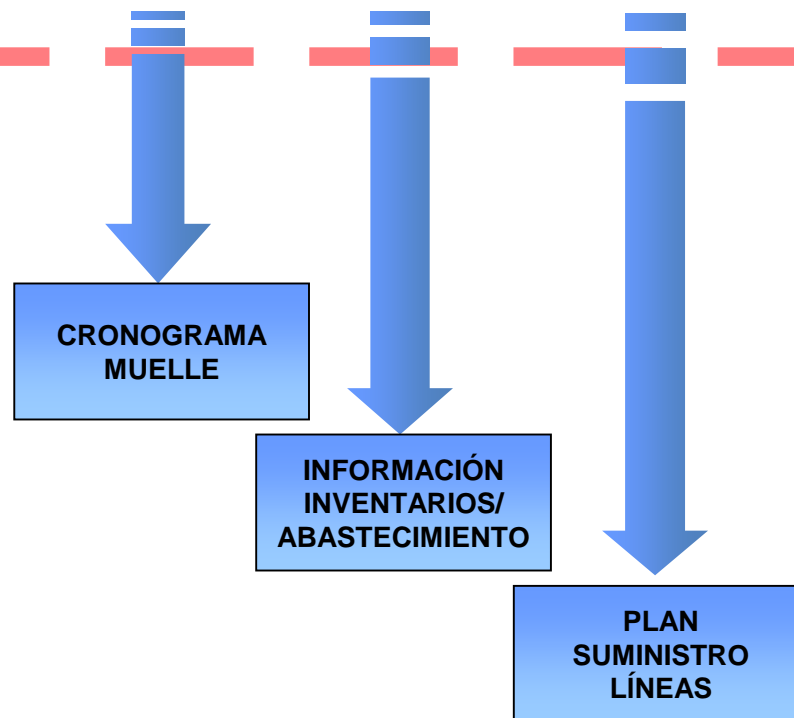
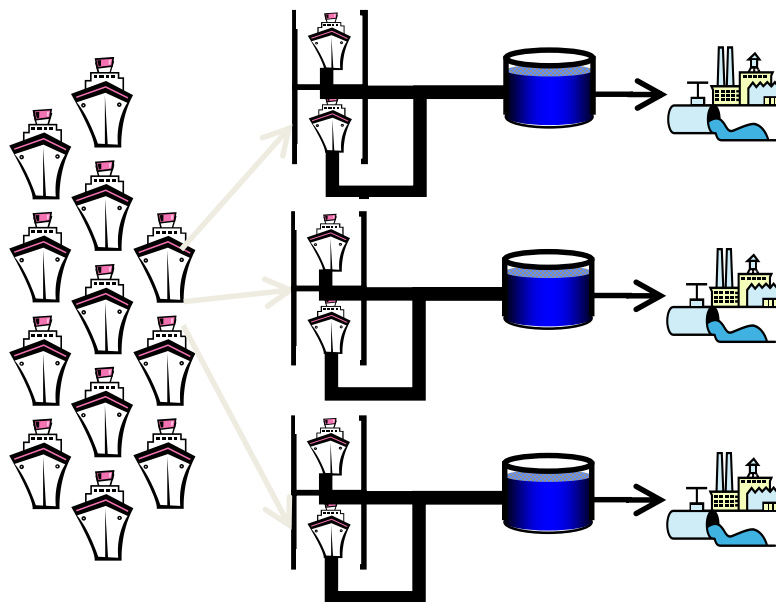


PROGRAMACIÓN DIARIA DE OPERACIONES INDUSTRIALES



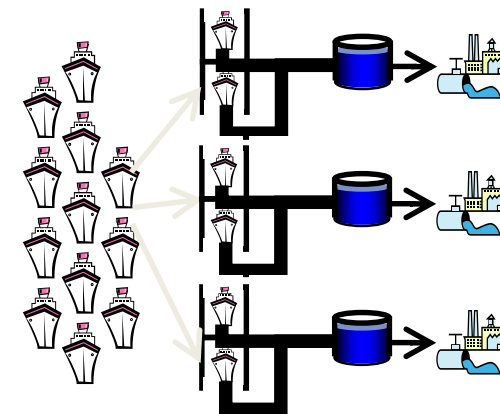
Planificación

Ejecución



PROGRAMACIÓN DIARIA DE OPERACIONES INDUSTRIALES

Name	ID	dom nov 29, 2009											
		0	1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cronograma Servicio por Embarcacion	Embarcacion												
CO-11509-PM	CO-11509-PM	Transito										REF1	
CO-9906-PM	CO-9906-PM	Transito											REF1
CE-11484-PM	CE-11484-PM	Transito					REF2						
CO-17082-PM	CO-17082-PM	Transito	REF2										
CO-22308-PM	CO-22308-PM	Transito										REF2	
CO-15710-PM	CO-15710-PM	Transito						REF2					
CO-11394-PM	CO-11394-PM	Transito										REF3	
CO-14443-PM	CO-14443-PM	Transito										REF3	
CO-19014-PM	CO-19014-PM	Transito										REF3	
CO-16853-PM	CO-16853-PM	Transito										REF7	
CO-24654-PM	CO-24654-PM	Transito										REF7	
CO-20863-PM	CO-20863-PM	Transito										REF8	



Name	ID	... dom nov 29, 2009										lun nov 30,	
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	
Cronograma Servicio por Muelle-Puerto	Muelle												
REF1-Muelle1	REF1M1							CO-11509-PM					
REF1-Muelle2	REF1M2									CO-9906-PM			
REF2-Muelle1	REF2M1	CO-17082-PM					CE-11484...						
REF2-Muelle2	REF2M2		CO-15710-PM										
REF3-Muelle1	REF3M1									CO-...			
REF3-Muelle2	REF3M2									CO-..., CO-1..			
REF7-Muelle1	REF7M1					CO-24654-PM							
REF7-Muelle2	REF7M2							CO-1685...					
REF8-Muelle1	REF8M1							CO-20863-PM					

OPCHAIN-GAS

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN
Natural Gas Supply Chain



OPCHAIN-GAS

OPTIMIZING NATURAL GAS SUPPLY CHAIN

OPCHAIN-GAS corresponde a un conjunto de modelos matemáticos orientados a soportar de las decisiones de los diferentes agentes que participan en la cadena de abastecimiento de gas natural, a nivel de la planificación sectorial y del negocio de generación de gas natural:

DEMANDA DE GAS NATURAL SECTORIZADA

- Por sectores: Residencial, industrial, vehicular, plantas térmicas
- Por aéreas operativas

MANEJO DE GAS LICUADO

- Plantas de Comprensión - Plantas de Licuefacción

OFERTA DE GAS

- Sistema de producción de gas natural
- Contratos de suministro y de transporte

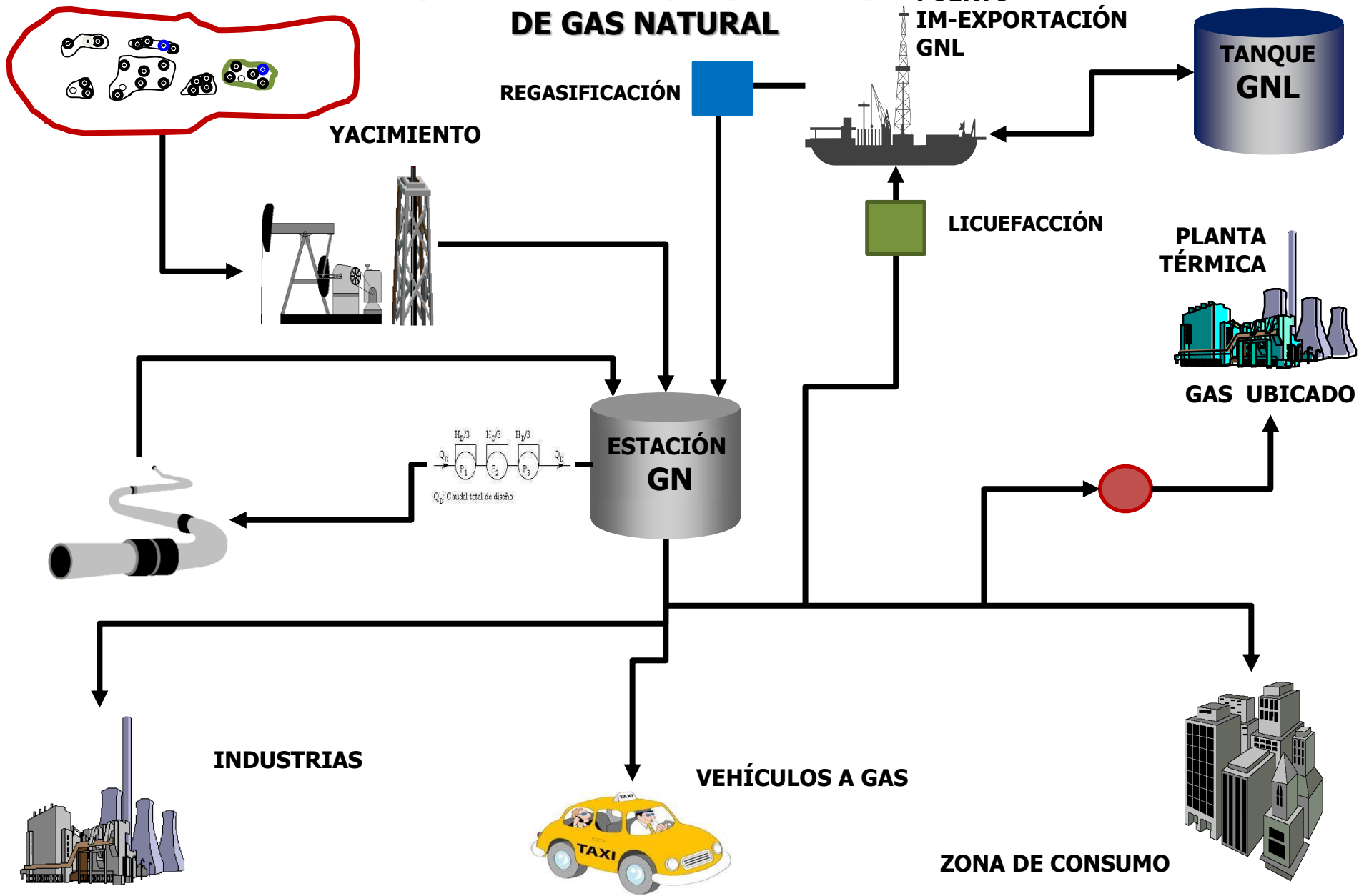
TRANSPORTE DE GAS

- Sistema de gasoductos
- Restricciones de presión

ELECTRICIDAD

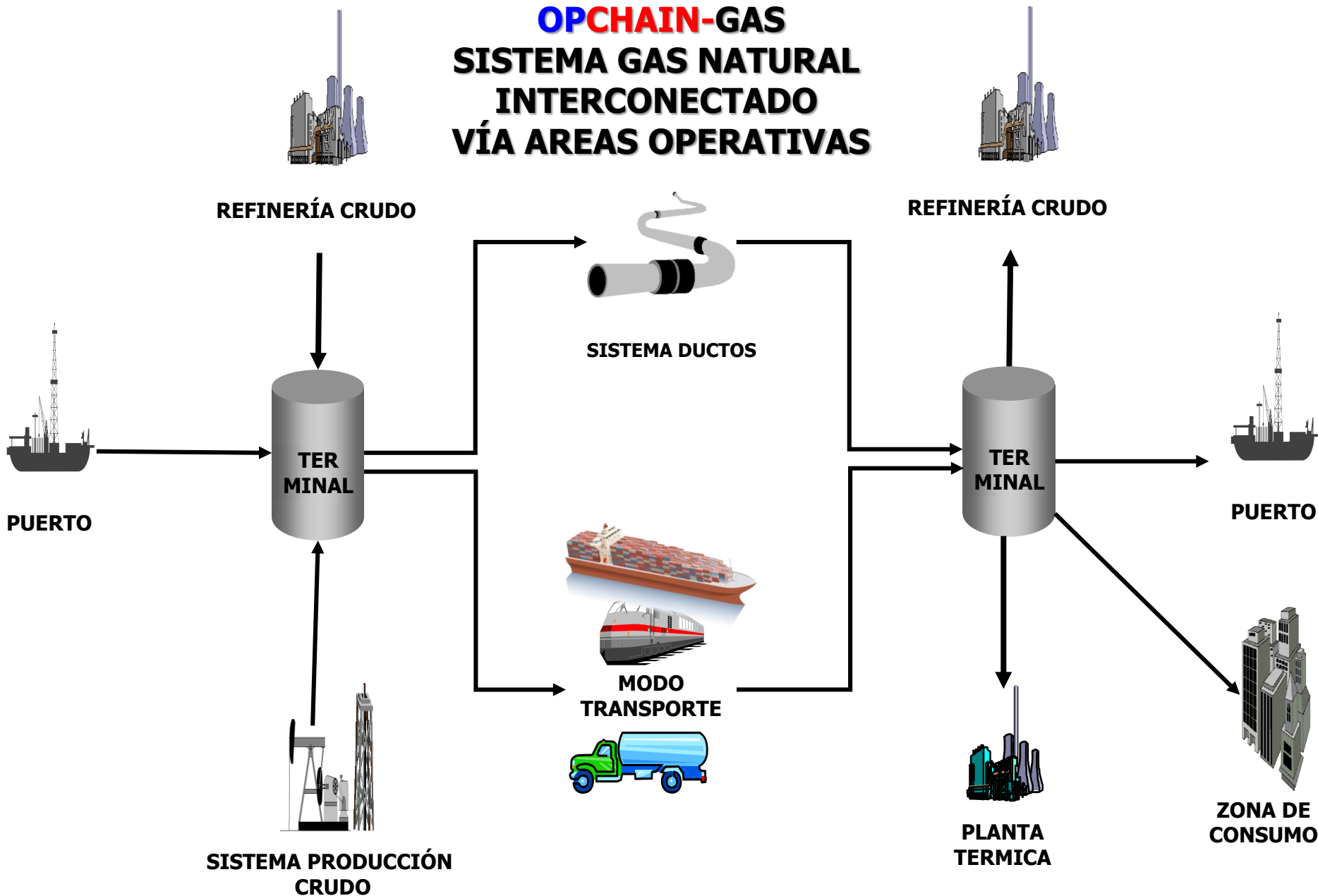
- Despacho integrado electricidad - gas

CADENA DE ABASTECIMIENTO DE GAS NATURAL

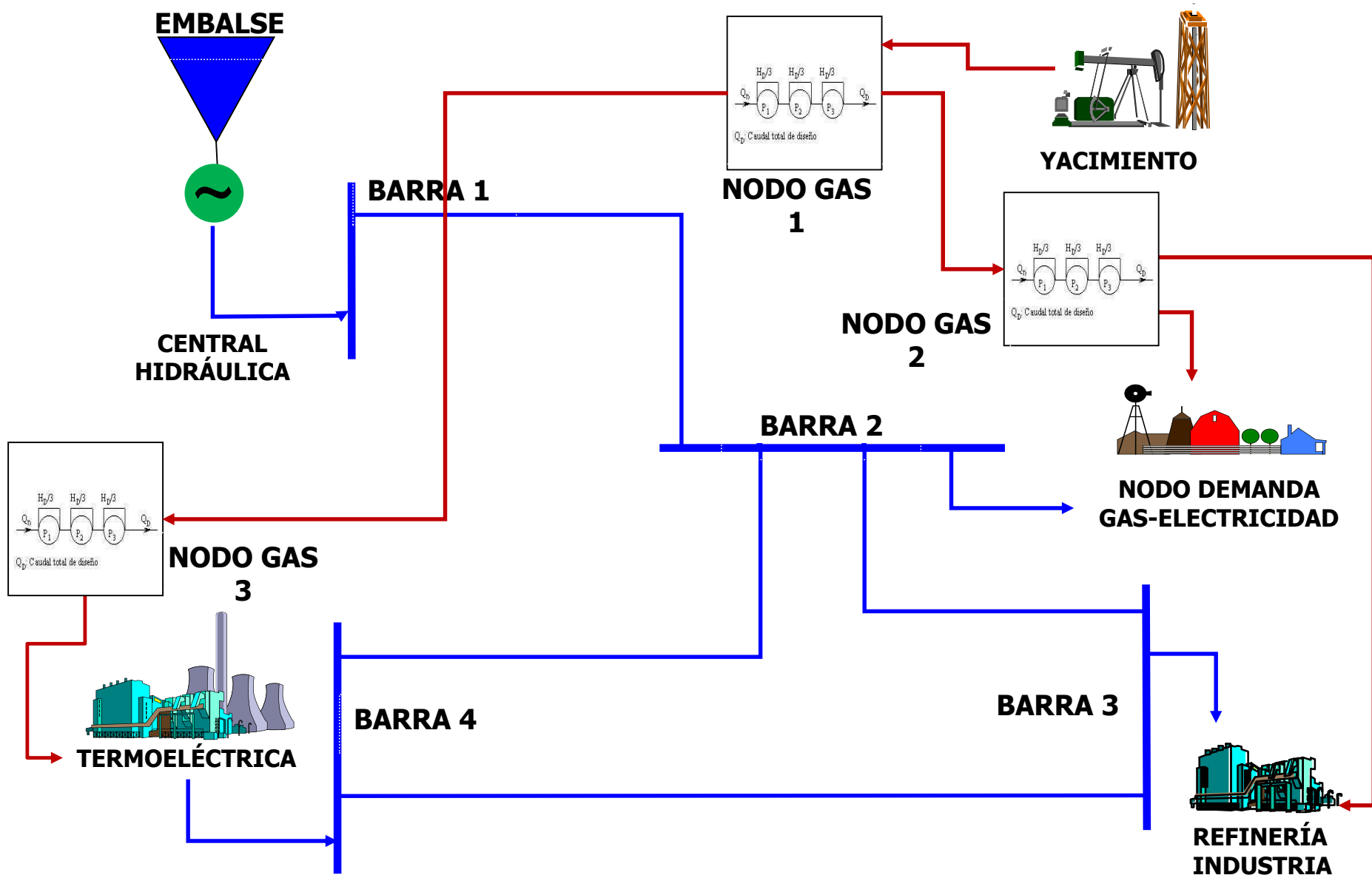


OPCHAIN-GAS

SISTEMA GAS NATURAL INTERCONECTADO VÍA AREAS OPERATIVAS



INTERCONEXIÓN ELECTRICIDAD - GAS



OPCHAIN-ELE

OPTIMIZING THE VALUE CHAIN
Electricity Supply Chain



OPCHAIN-ELE

OPTIMIZING ELECTRICITY SUPPLY CHAIN

OPCHAIN-ELE corresponde a un conjunto de modelos matemáticos orientados a soportar de las decisiones de los diferentes agentes que participan en la cadena de abastecimiento de electricidad, a nivel de la planificación sectorial y del negocio de generación de electricidad. Esta integrado por los siguientes modelos:

DESPACHO DE PLANTAS

- Económico (mínimo costo)
- Económico considerando la reglamentación del mercado
- Vía equilibrio Nash-Cournot para mercados competitivos
- Integrado electricidad – gas natural

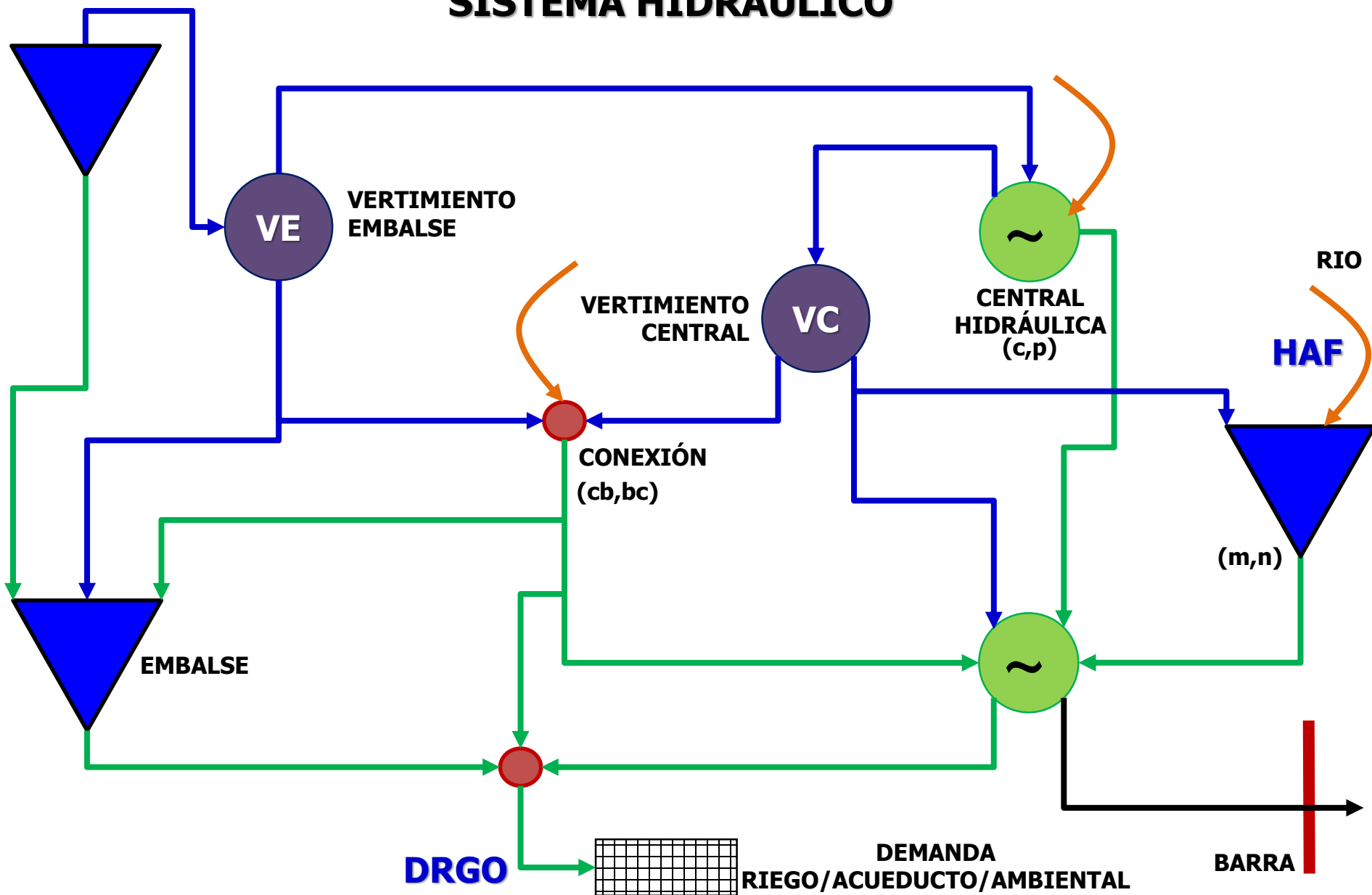
APOYO DECISIONES AGENTES

- Expansión Óptima de la infraestructura
- Optimización del mantenimiento preventivo
- Comercialización de electricidad a largo plazo

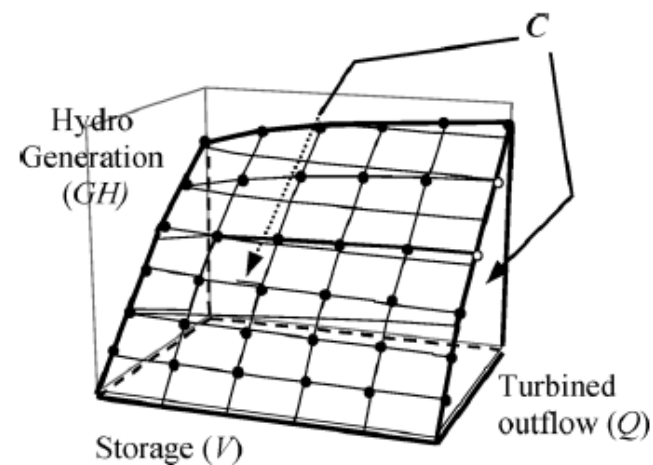
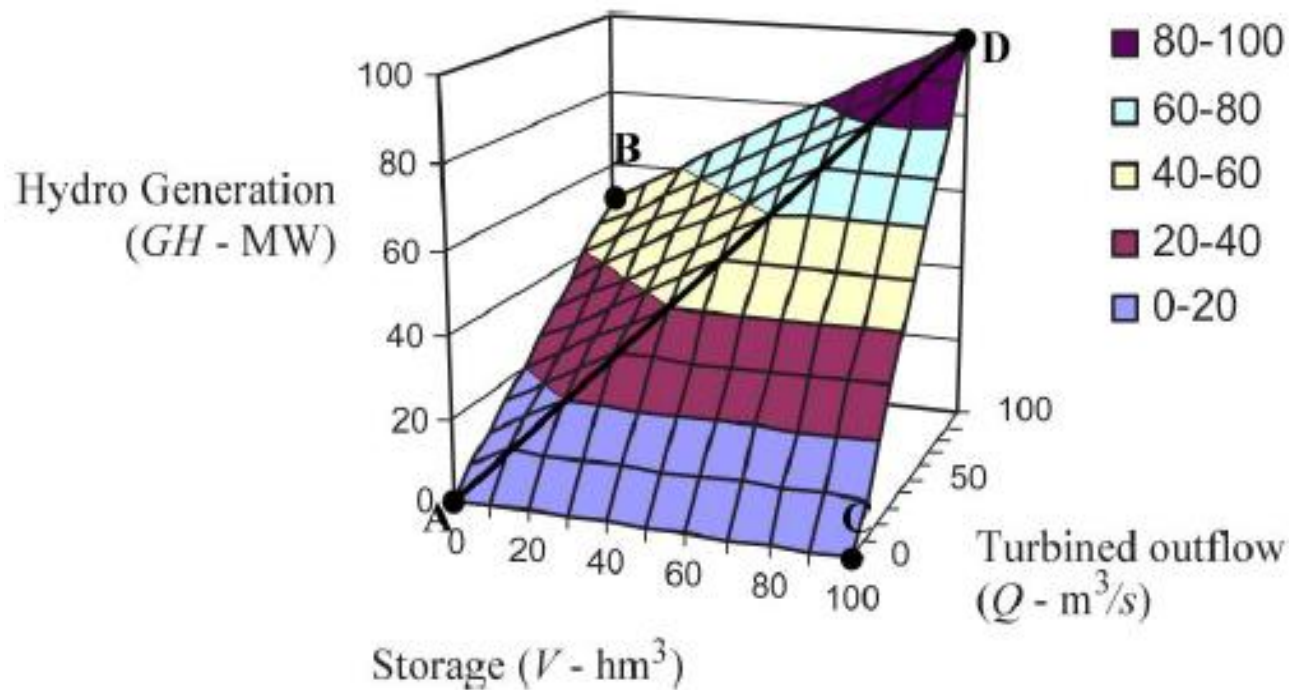
PROCESOS ESTOCÁSTICOS

- Generación Sintética de aportes hídricos
- Proyección de aportes hidrológicos de corto plazo vía filtro de Kalman Dual
- Proyección de precios de la electricidad de corto plazo en mercados competitivos

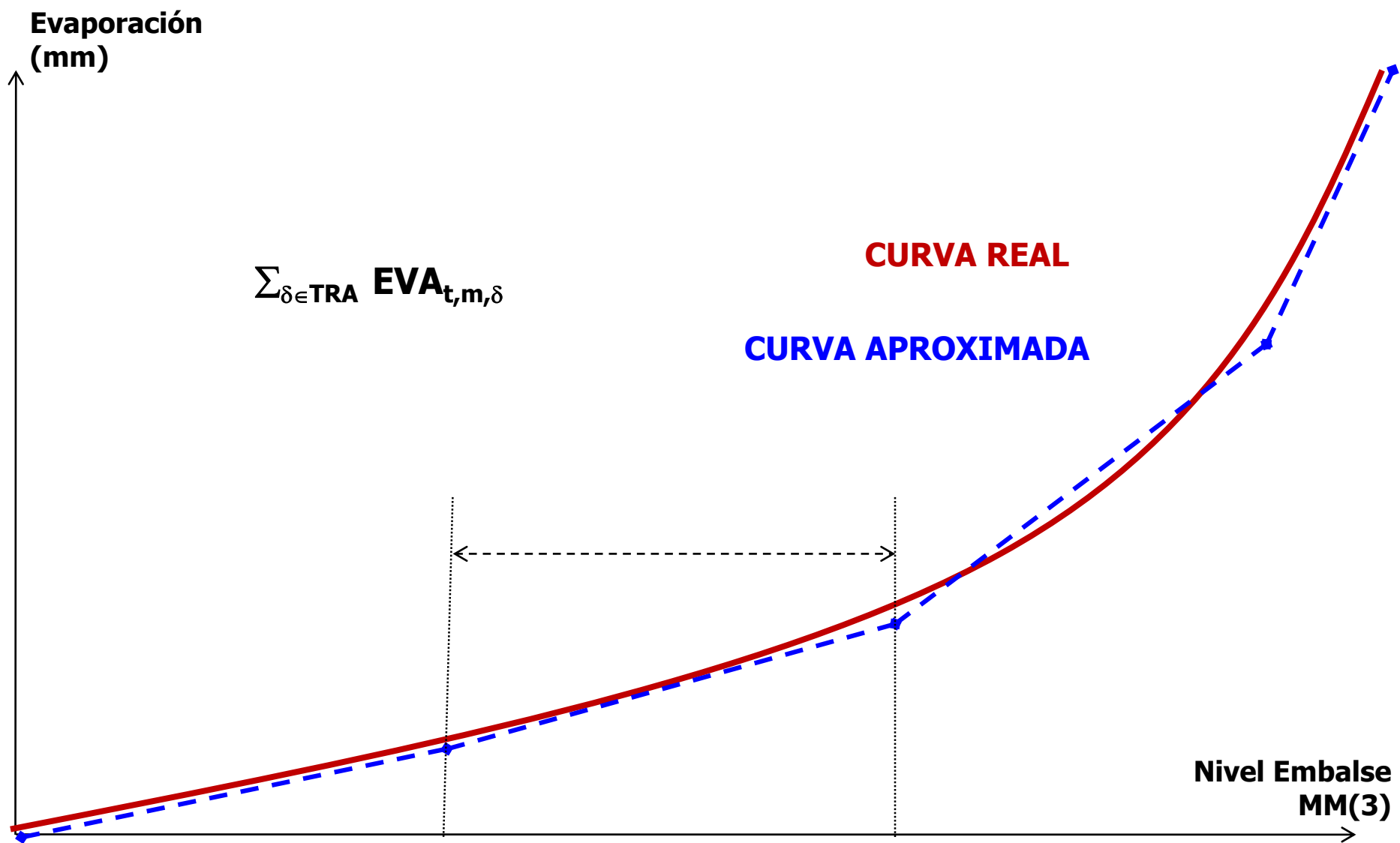
SISTEMA HIDRÁULICO



CURVA DE HIDROGENERACION "EXACTA"



CURVA DE EVAPORACIÓN COMO FUNCIÓN DEL VOLUMEN DEL EMBALSE



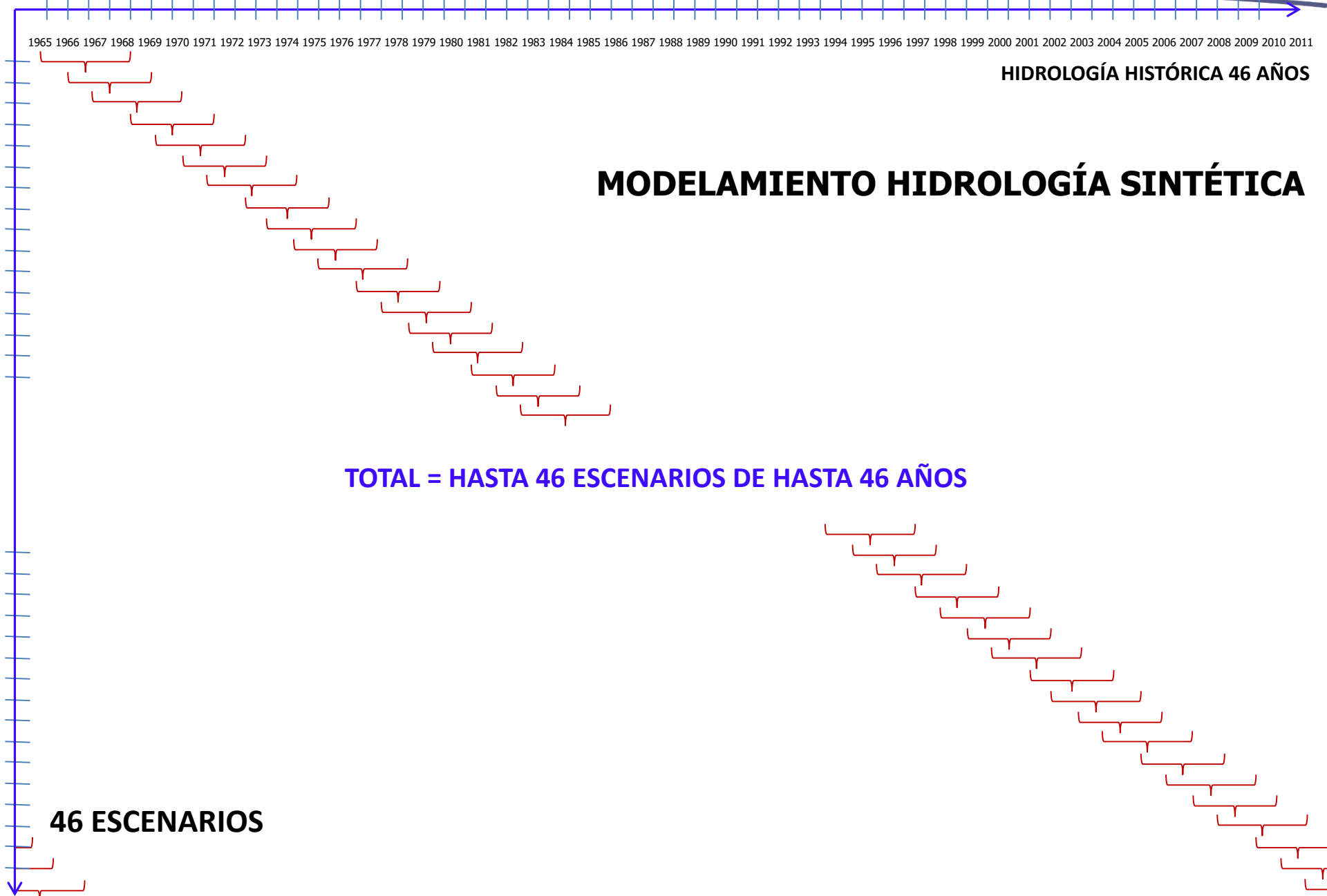
1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011

HIDROLOGÍA HISTÓRICA 46 AÑOS

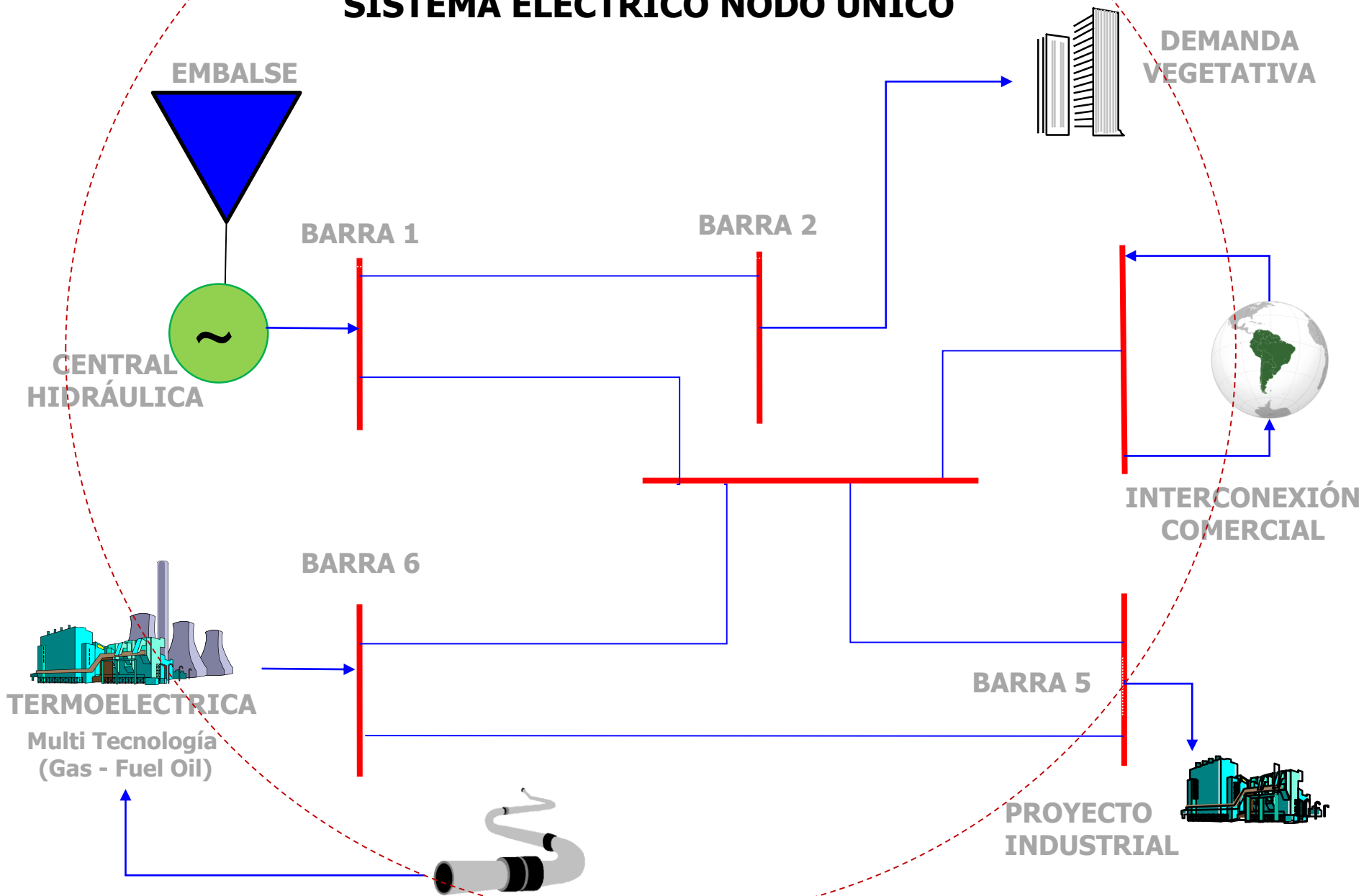
MODELAMIENTO HIDROLOGÍA SINTÉTICA

TOTAL = HASTA 46 ESCENARIOS DE HASTA 46 AÑOS

46 ESCENARIOS

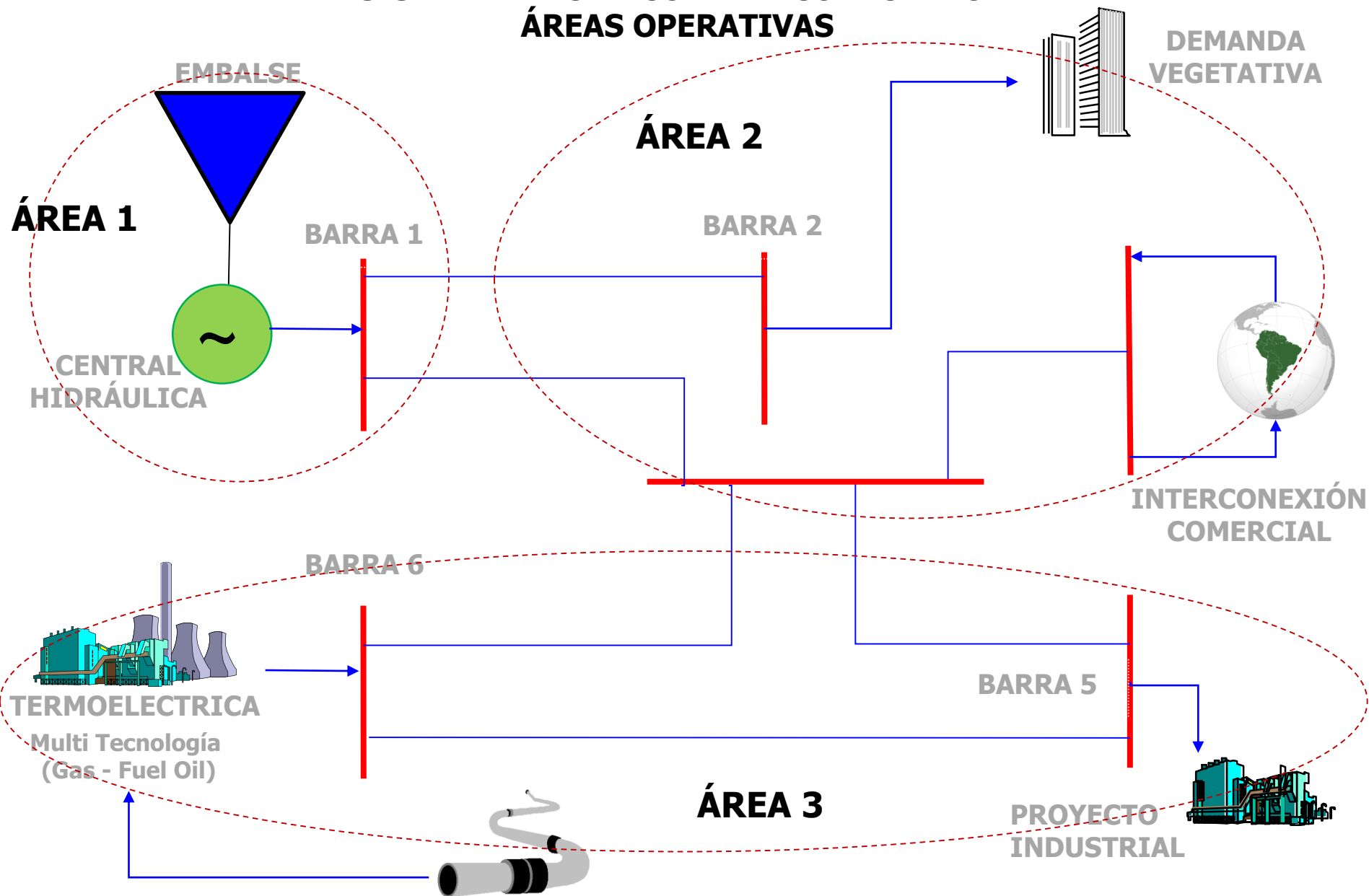


SISTEMA ELÉCTRICO NODO ÚNICO

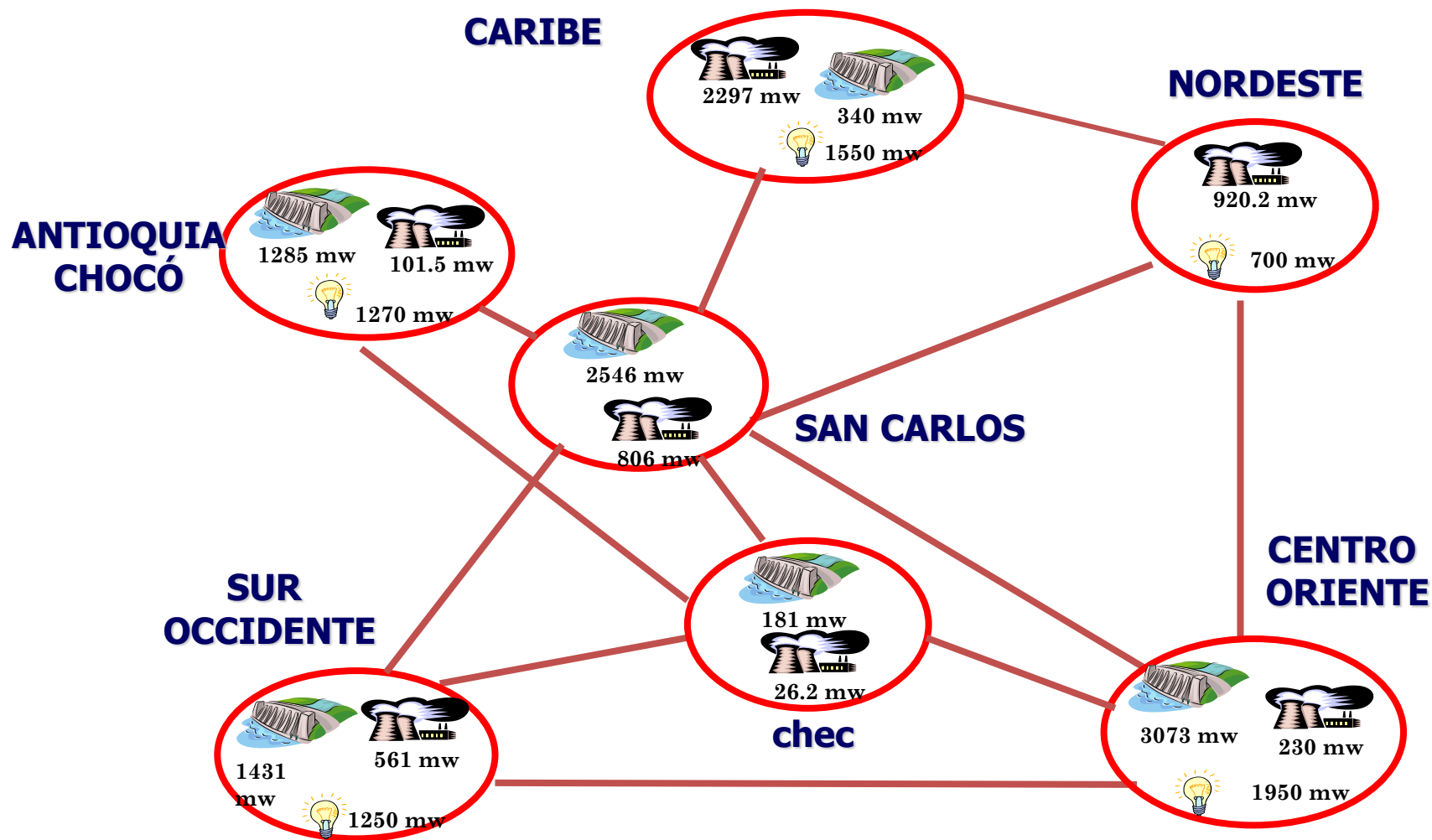


SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO

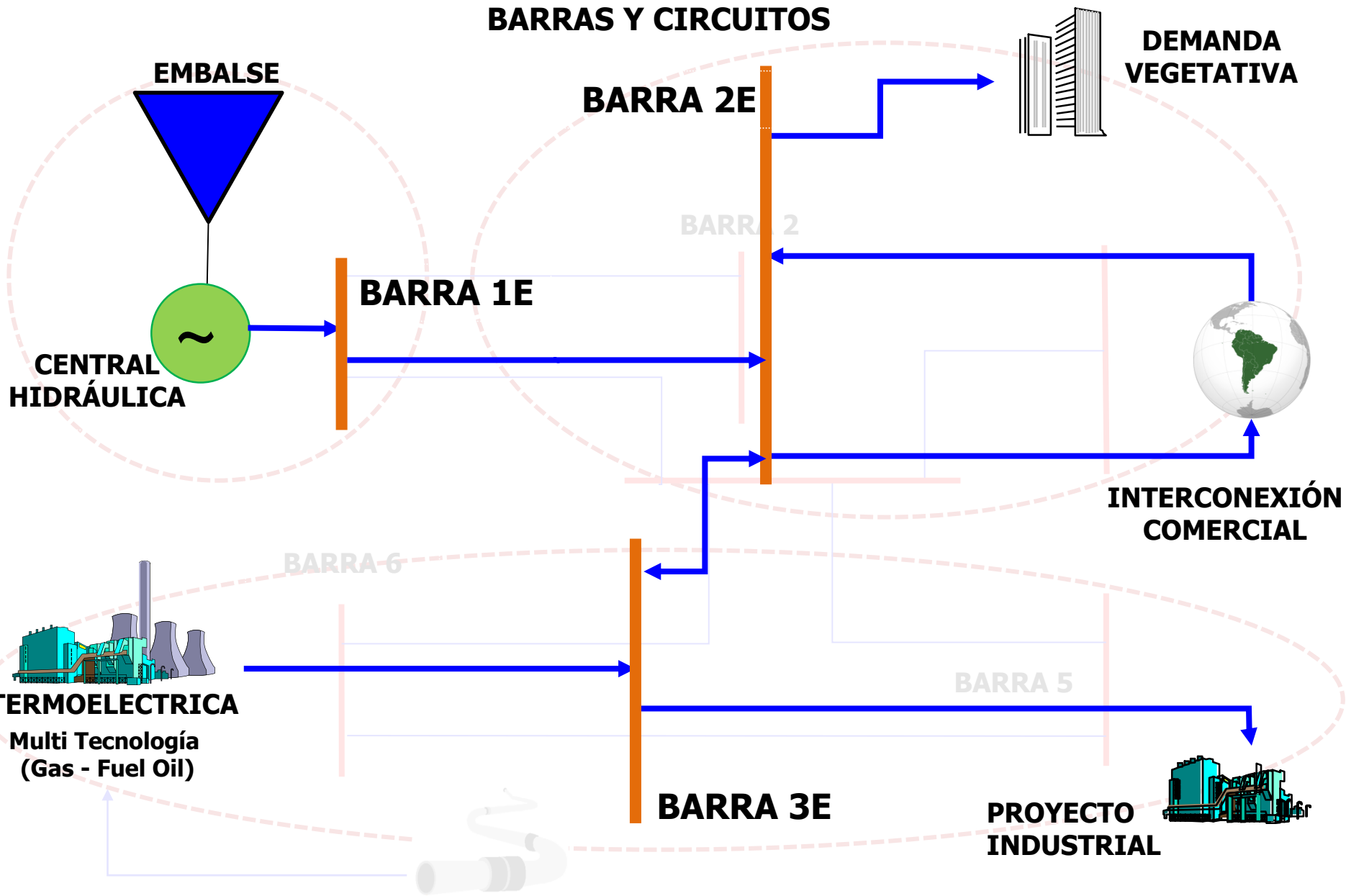
ÁREAS OPERATIVAS



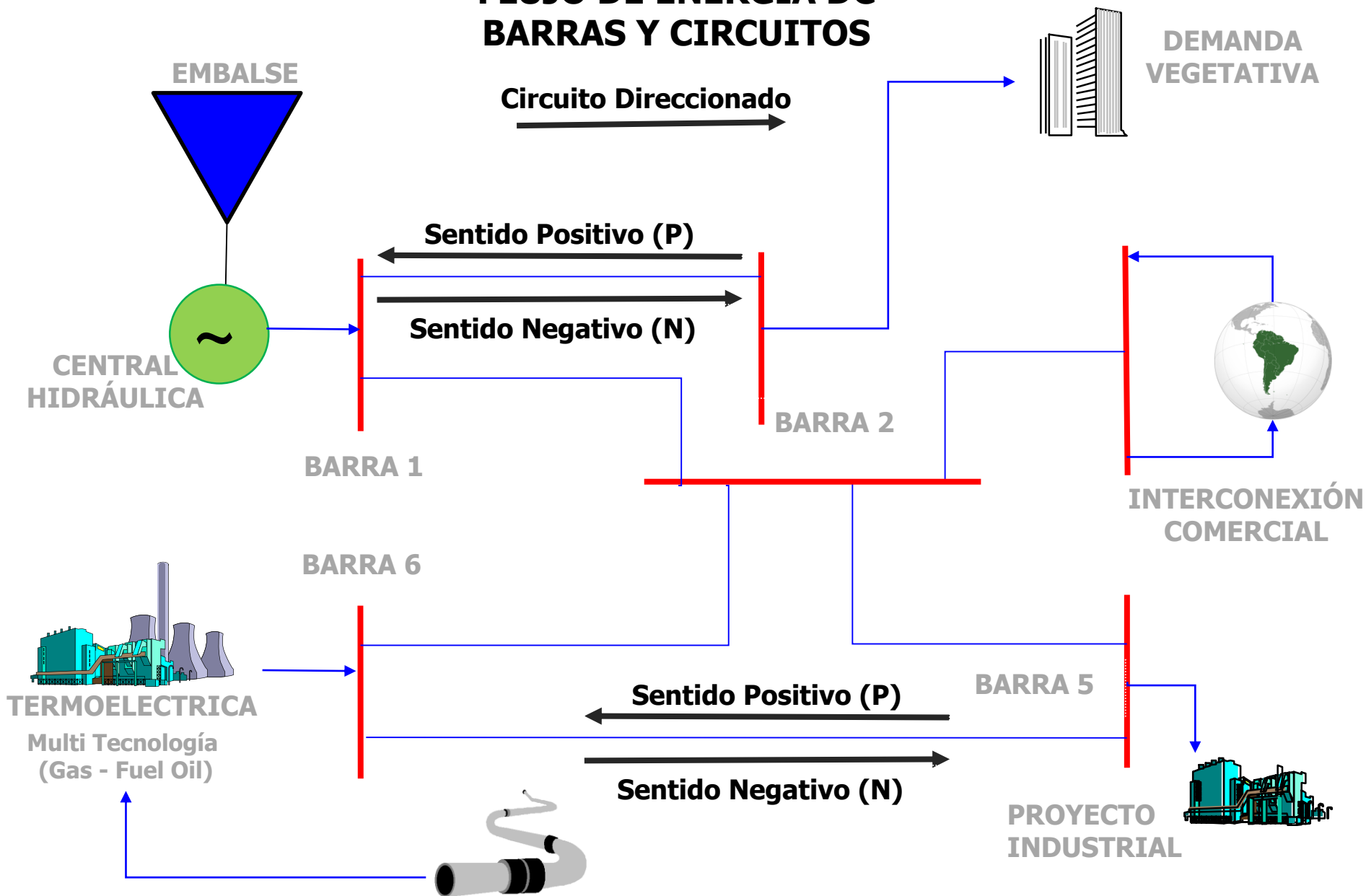
SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO VÍA AREAS OPERATIVAS



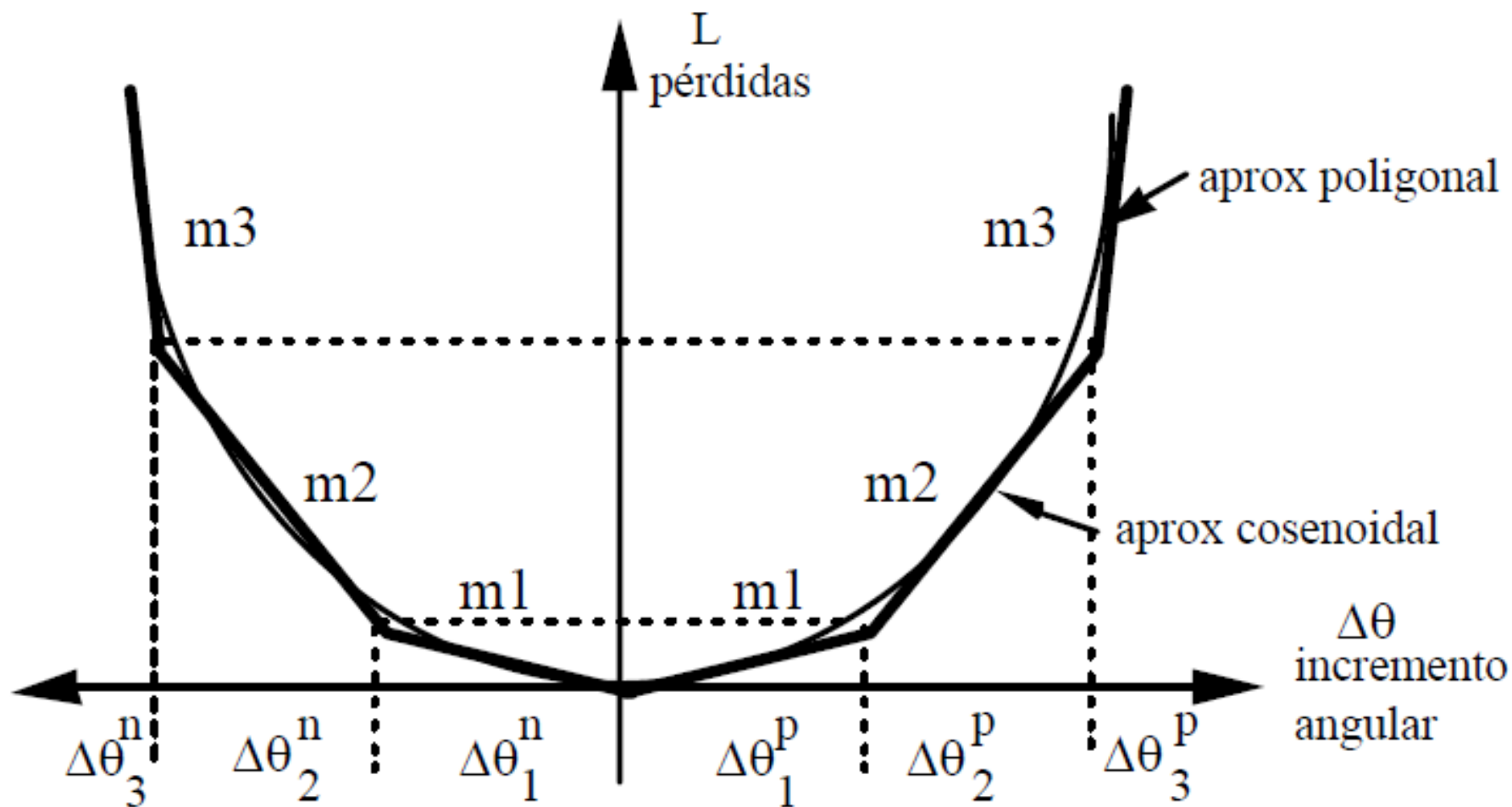
SISTEMA ELECTRICO INTERCONECTADO BARRAS Y CIRCUITOS



FLUJO DE ENERGÍA DC BARRAS Y CIRCUITOS

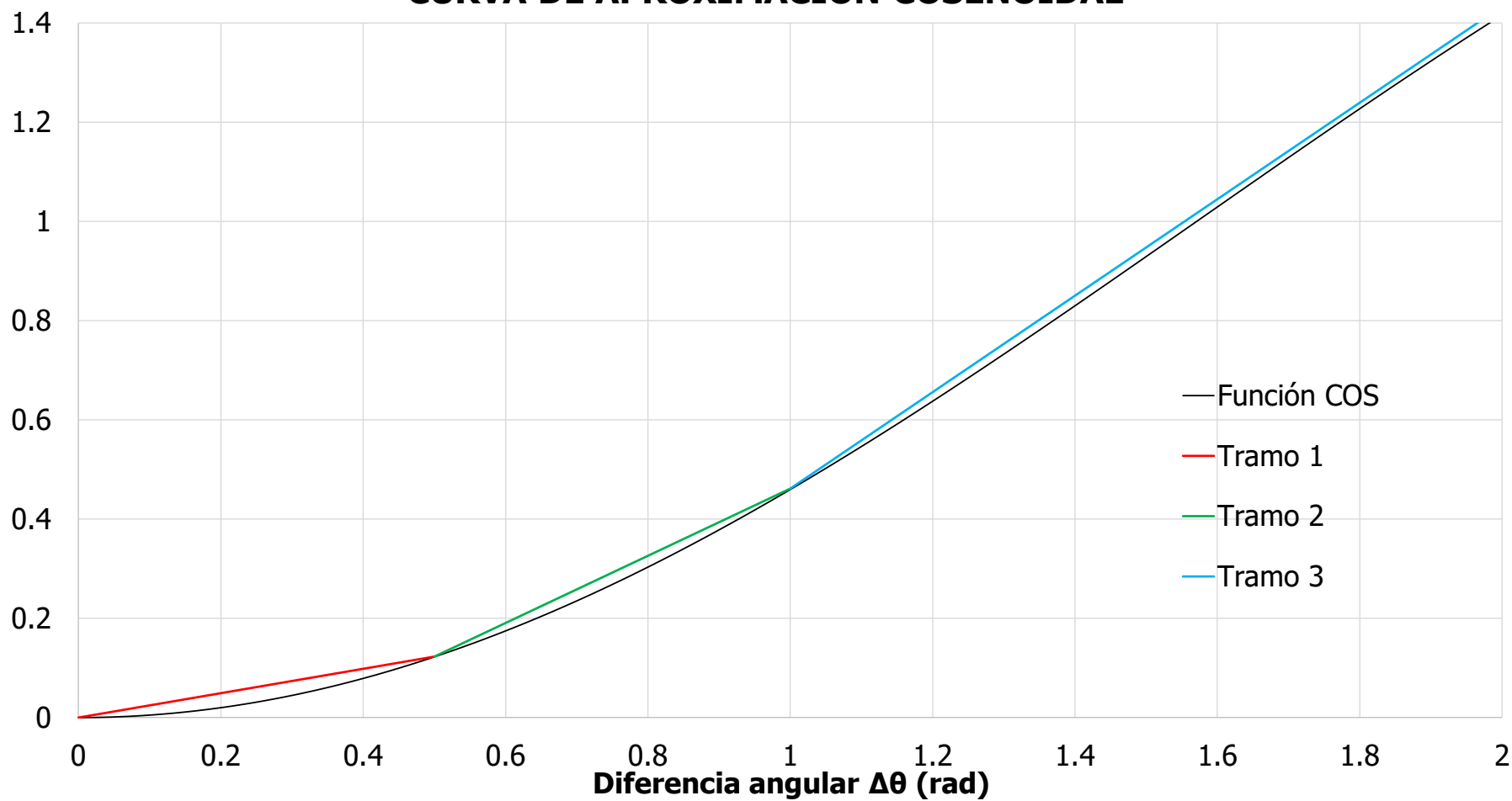


PERDIDAS DE ENERGÍA APROXIMACIÓN LINEAL DE LA APROXIMACIÓN COSENOIDAL

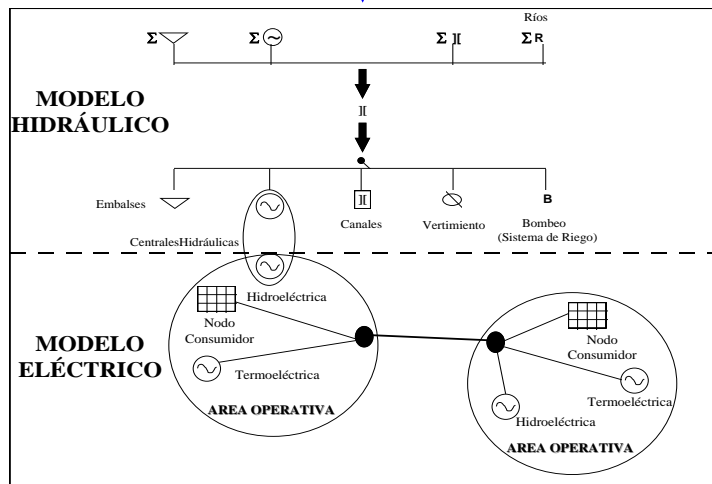


GWh/rad-mho

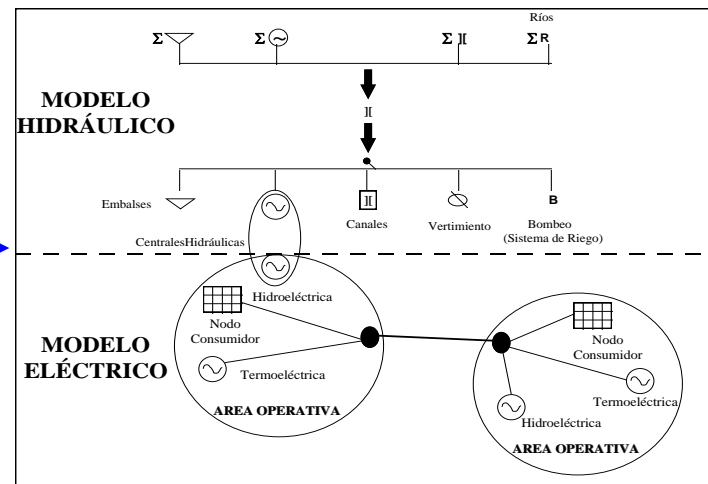
CURVA DE APROXIMACIÓN COSENOIDAL



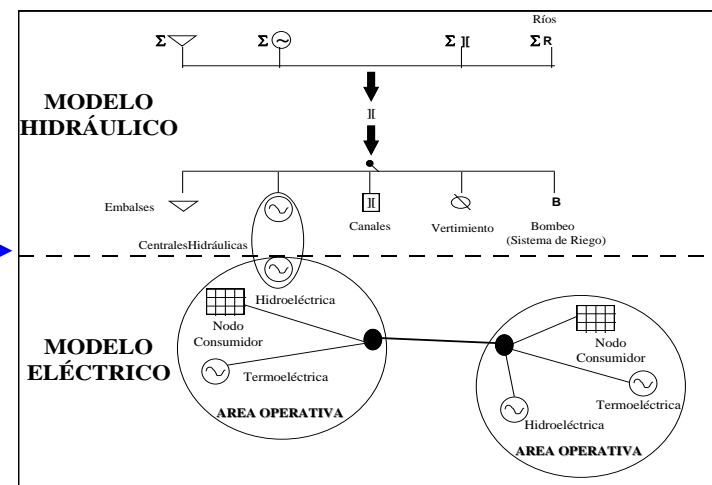
INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA COORDINADA MULTIREGION



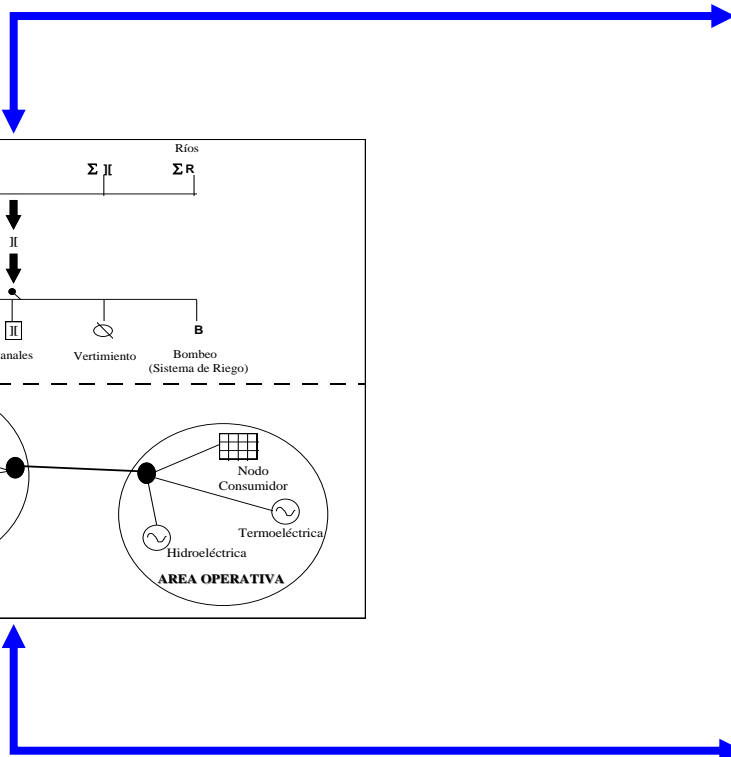
COLOMBIA



ECUADOR



PANAMA



DESPACHO A MÍNIMO COSTO CON RESTRICCIONES DE MERCADO

Minimizar $f(x,y)$

sujeto a

$$G(x) = b_d$$

$$F(x,y) = b_m$$

$$x \in R_d$$

$$y \in R_m$$

**MODELO
DESPACHO
ECONOMICO
-FÍSICO-**

**MODELO
DEL
MERCADO
REGLAMENTADO**

x variables de despacho
y variables de mercado

- **MINIMOS OPERATIVOS**
- **CONTRATOS SUMINISTRO DE ELECTRICIDAD**
- **CONTRATOS SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE**
- **CARGO POR CONFIABILIDAD**
- **OPCIONES DE ENERGÍA FIRME**

ASPECTOS REGULATORIOS

IMPLEMENTACIÓN DE ASPECTOS ESPECÍFICOS DEL MERCADO DE ELECTRICIDAD EN CADA PAÍS

EJEMPLO: COLOMBIA

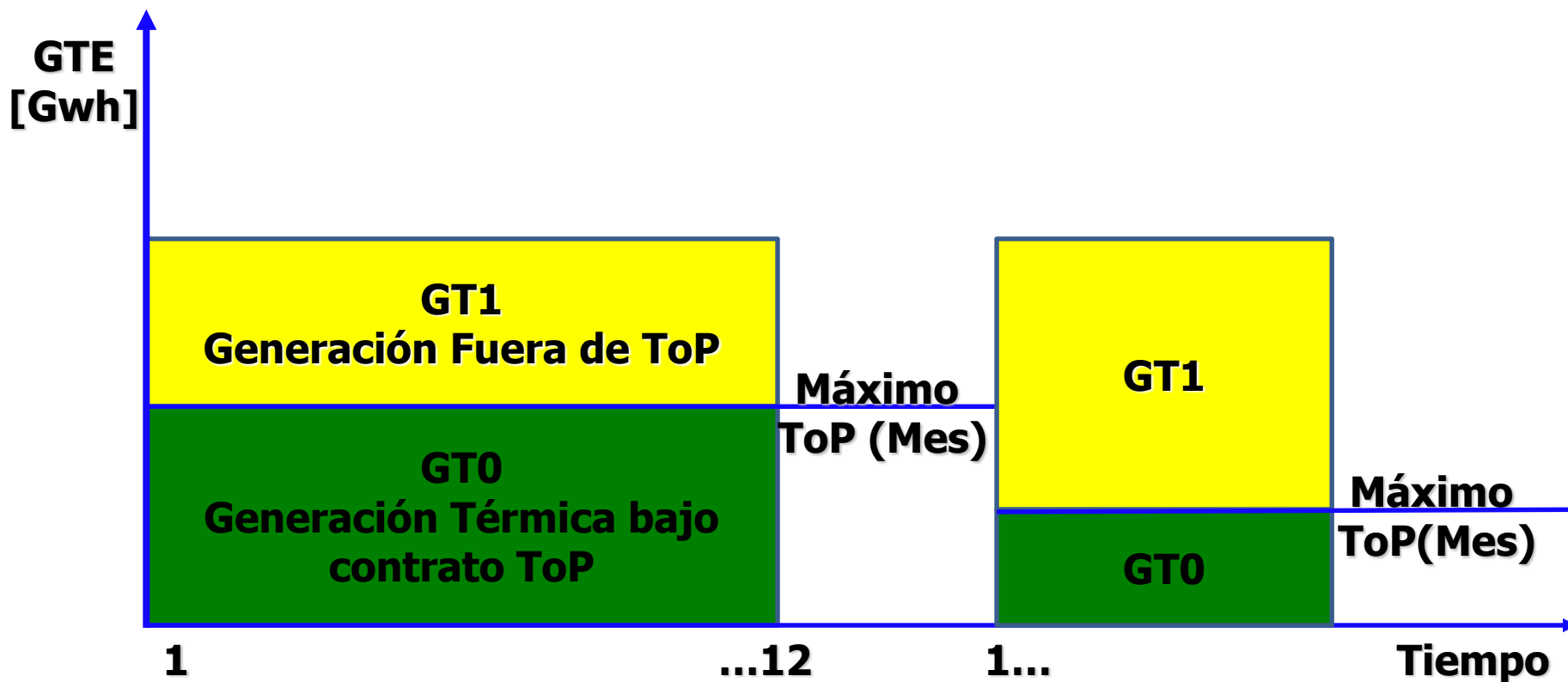
- **CARGO POR CONFIABILIDAD:** específicamente las asignaciones de las OEFs (Opciones de Energía Firme) de cada una de las plantas durante los periodos del horizonte dado.
- **CONTRATOS DE VENTA DE ELECTRICIDAD A LARGO PLAZO:** Contratos bajo formas específicas para garantizar entrega a futuro de electricidad.
- **CONTRATOS PARA SUMINISTRO DE GAS DE LAS PLANTAS TÉRMICAS:** contratos "take or pay", u otro tipo de contrato estándar o bilateral, para suministro de gas.

DESPACHO DE CONTRATOS DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE EJEMPLO CONTRATOS TAKE OR PAY (ToP)

$$\text{Costo Generación Termina} = \text{GT0}_{b,g} \times \text{CAOM}_g + \text{GT1}_{b,g} \times (\text{CAOM}_g + \text{COMB}_g)$$

CAMO = Costo Variable AOM

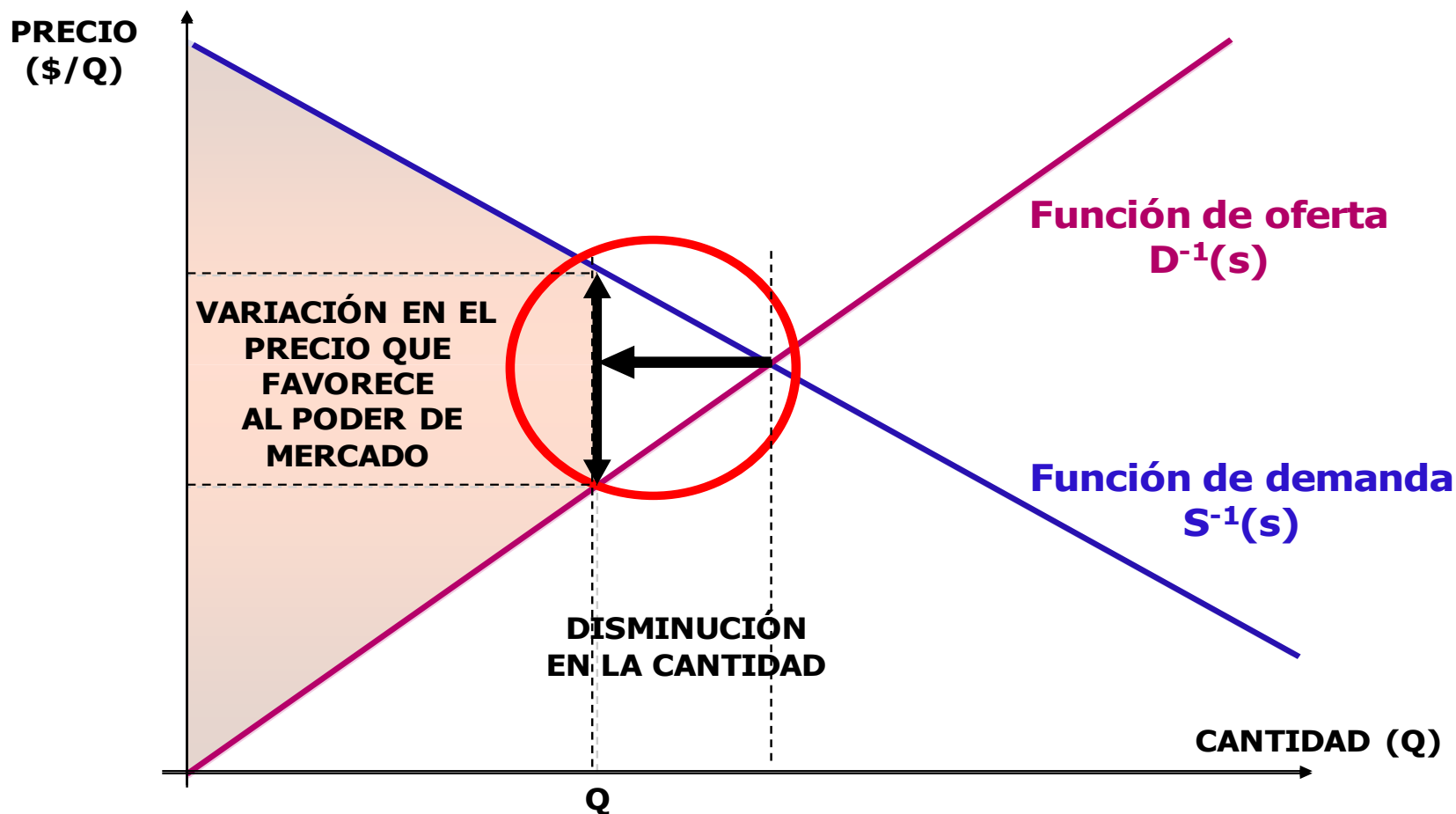
COMB = Costo de Combustible



DESPACHO DE MERCADOS COMPETITIVOS

DESPACHO DEL SISTEMA DE PLANTAS SIGUIENDO UN MODELO DE EQUILIBRIO NASH-COURNOT QUE SIMULA POSICIONES DOMINANTES DE AGENTES GENERADORES.

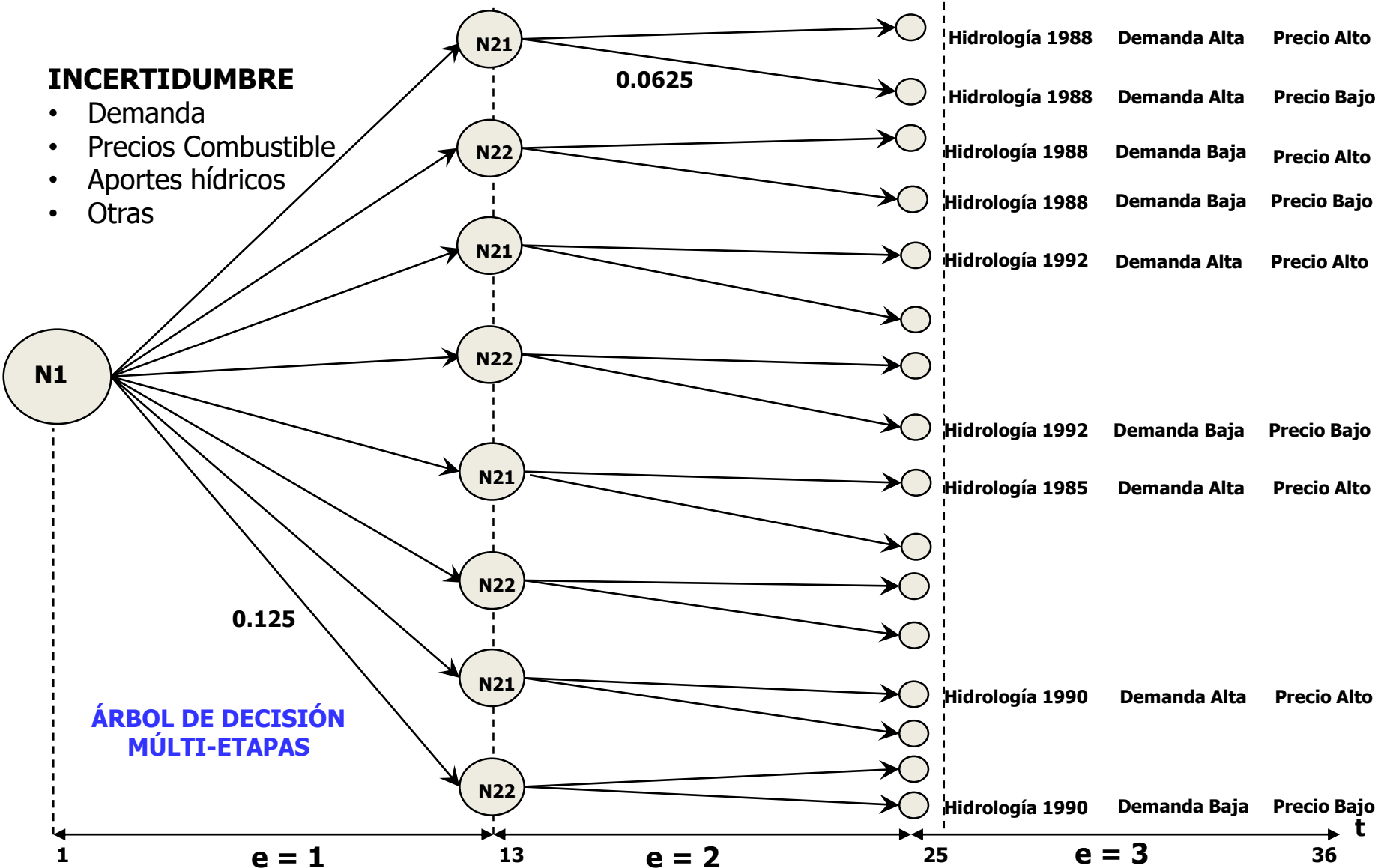
EQUILIBRIO MERCADOS IMPERFECTOS



OPTIMIZACIÓN ESTOCÁSTICA NO-ANTICIPATIVA

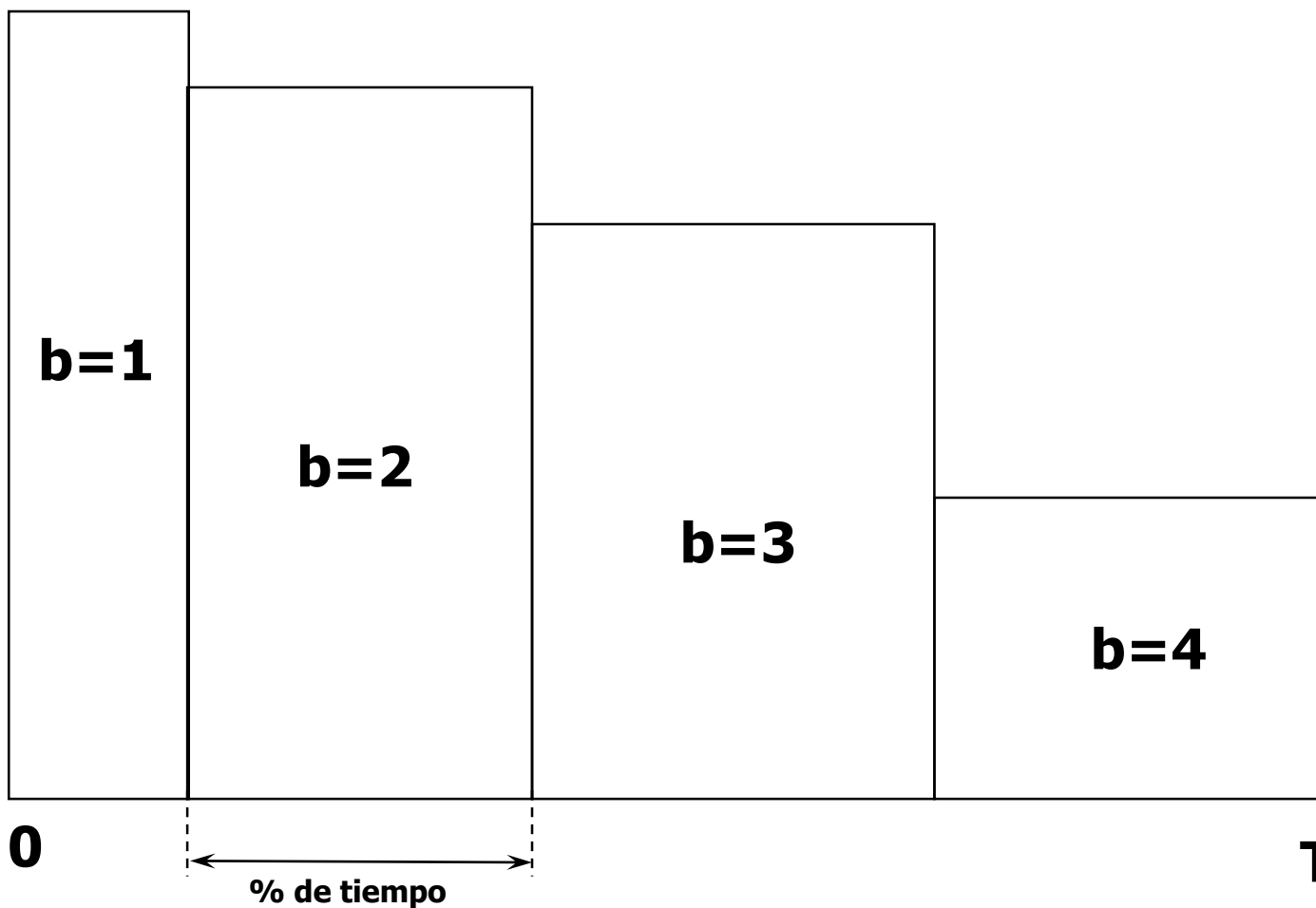
INCERTIDUMBRE

- Demanda
- Precios Combustible
- Aportes hídricos
- Otras



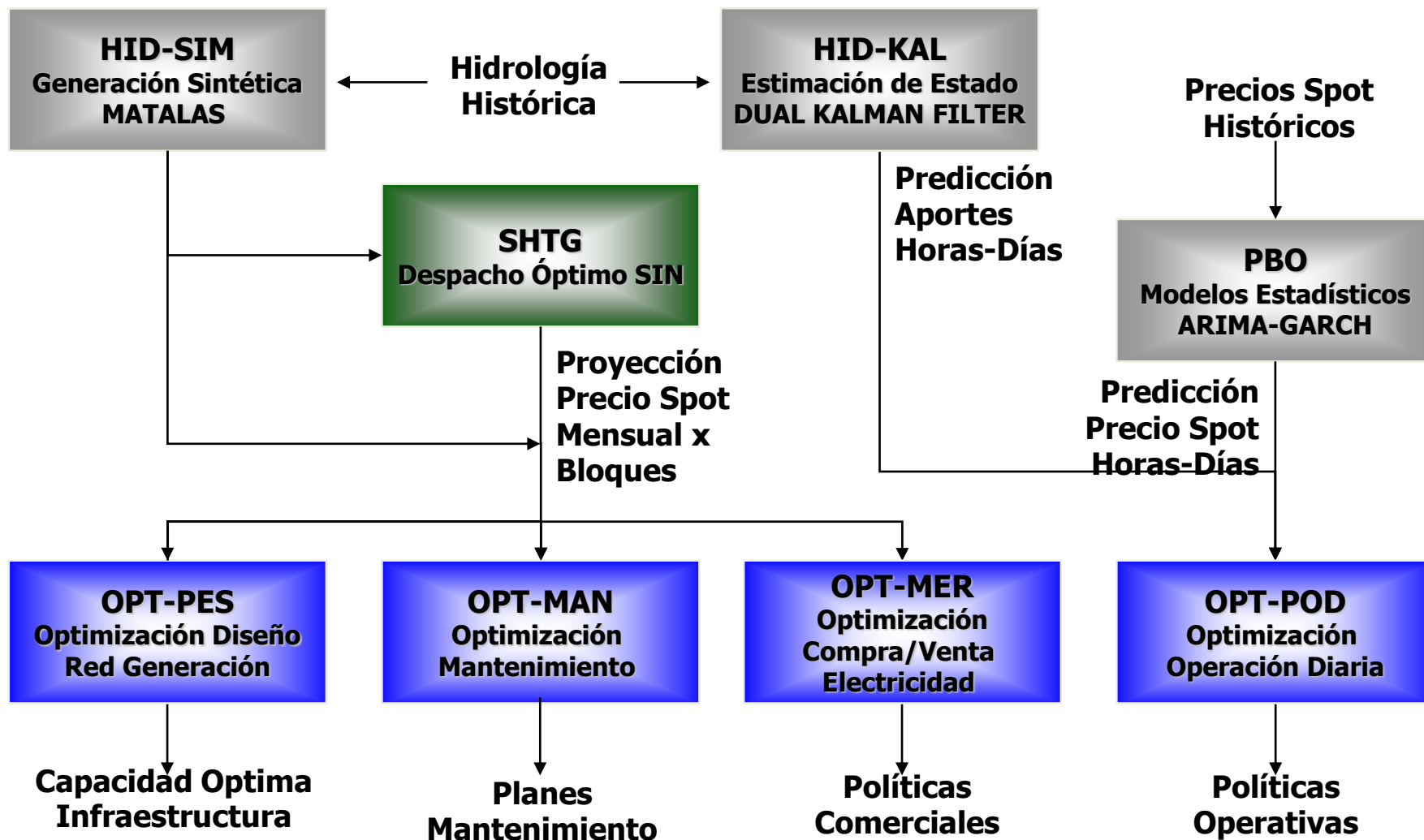
CURVA DURACIÓN DE CARGA (NÚMERO DE BLOQUES CONFIGURABLES POR EL USUARIO)

MW



Tiempo

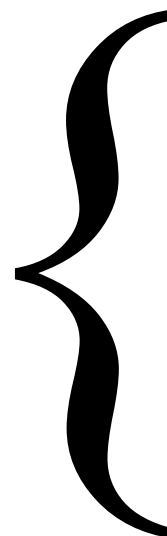
SOPORTE DE DECISIONES DE LOS AGENTES



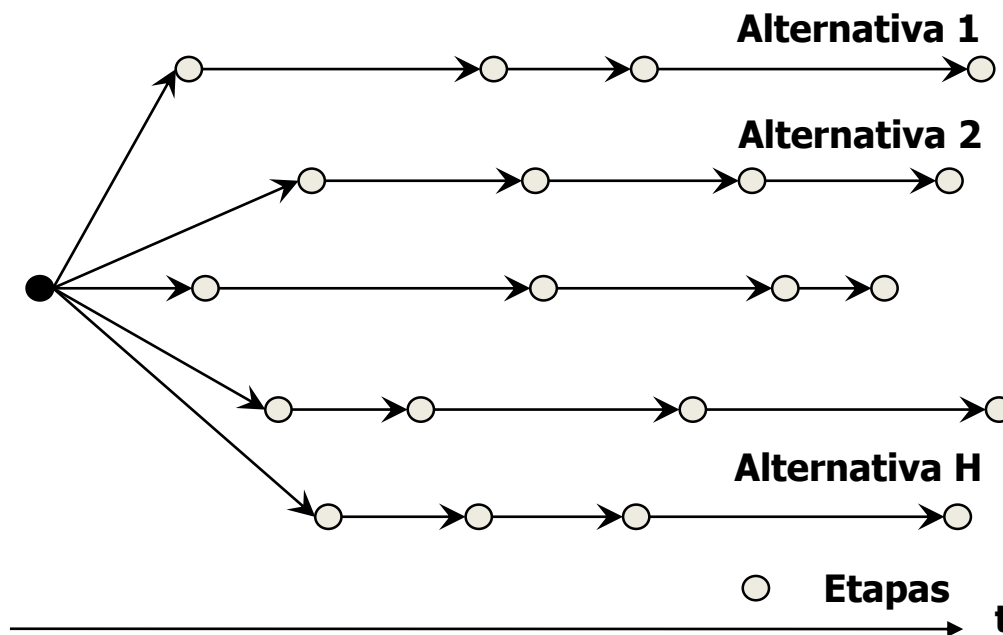
OPT-PES
Optimización Diseño
Red Generación

PROYECTOS

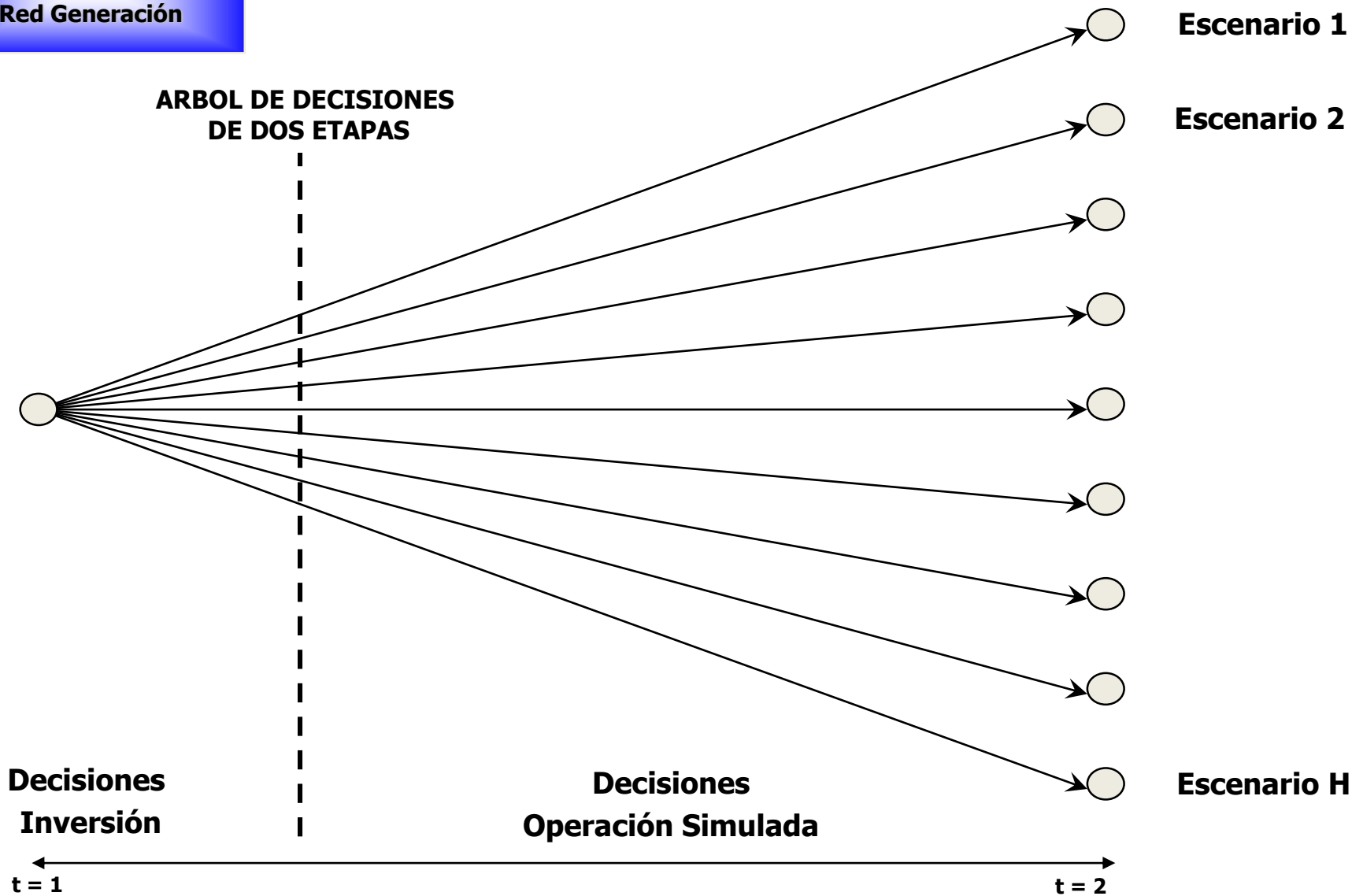
- Suma de Obras de Infraestructura
- Desarrollo por alternativas y etapas



EMBALSES
+
PLANTAS HIDRÁULICAS
+
CANALES
+
PLANTAS TERMICAS
+
LINEAS DE TRASMISION
+
TRAMOS GASDUCTOS
+
YACIMIENTOS

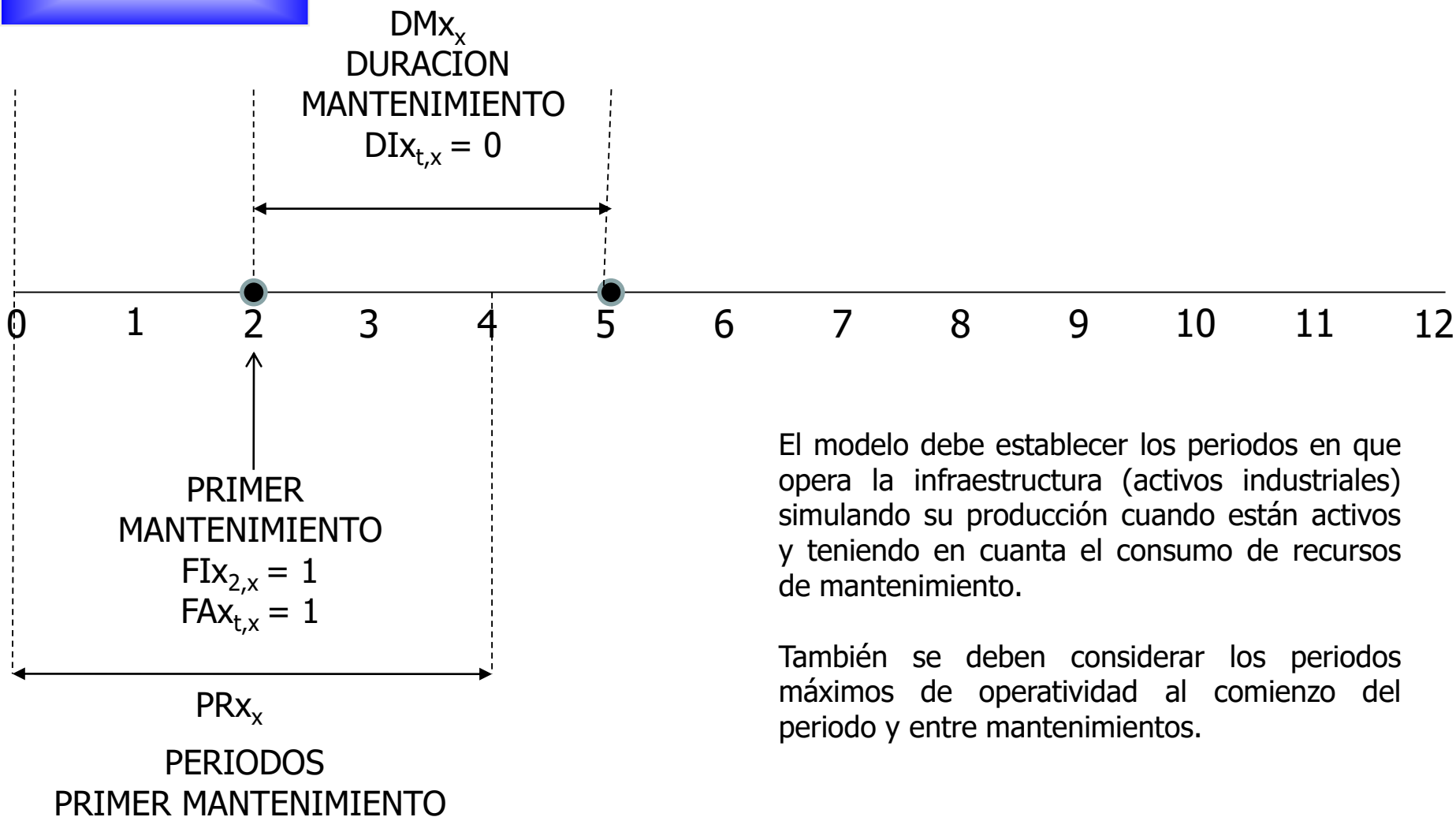


OPT-PES
Optimización Diseño
Red Generación



OPT-MAN
Optimización
Mantenimiento

MANTENIMIENTO INFRAESTRUCTURA

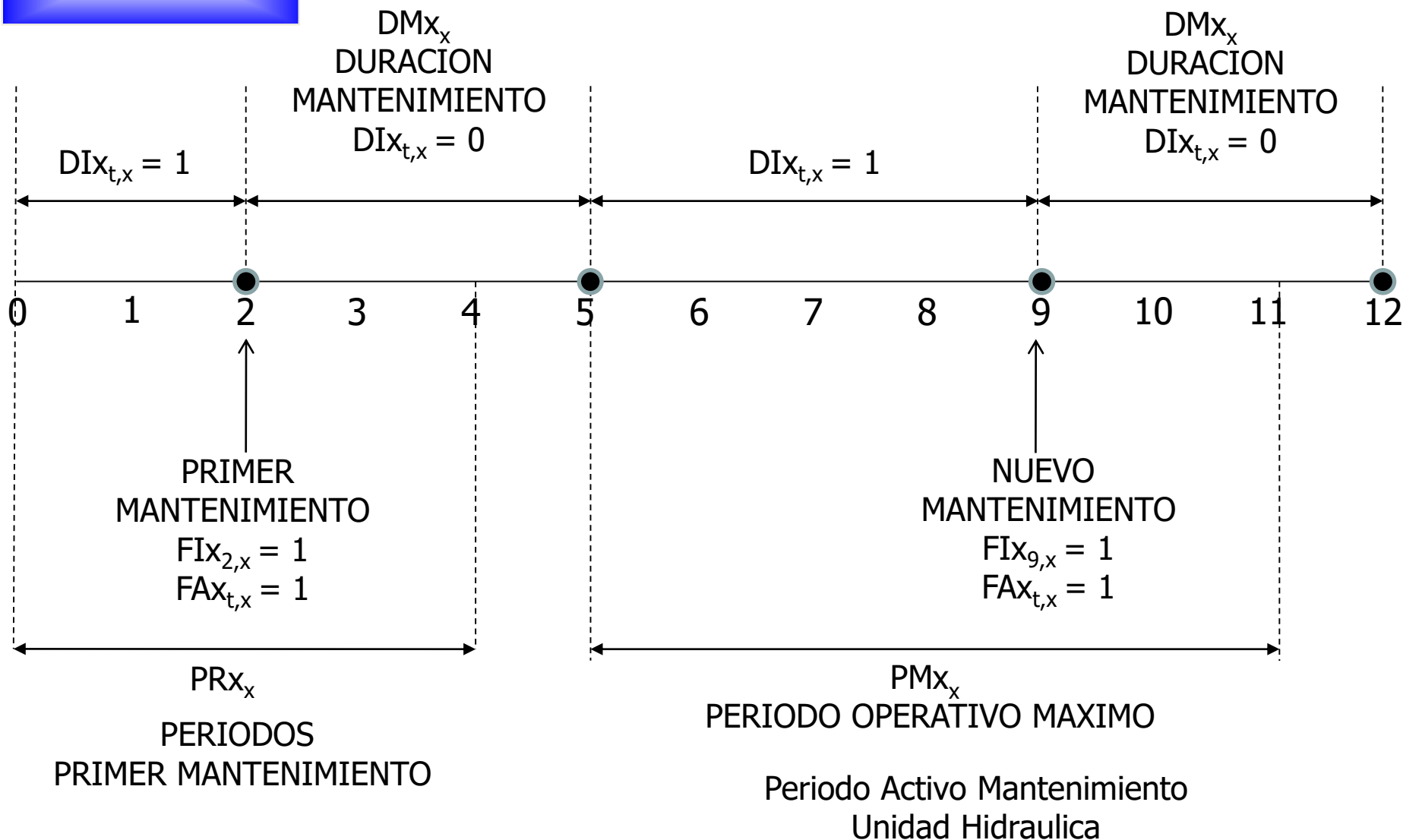


El modelo debe establecer los periodos en que opera la infraestructura (activos industriales) simulando su producción cuando están activos y teniendo en cuenta el consumo de recursos de mantenimiento.

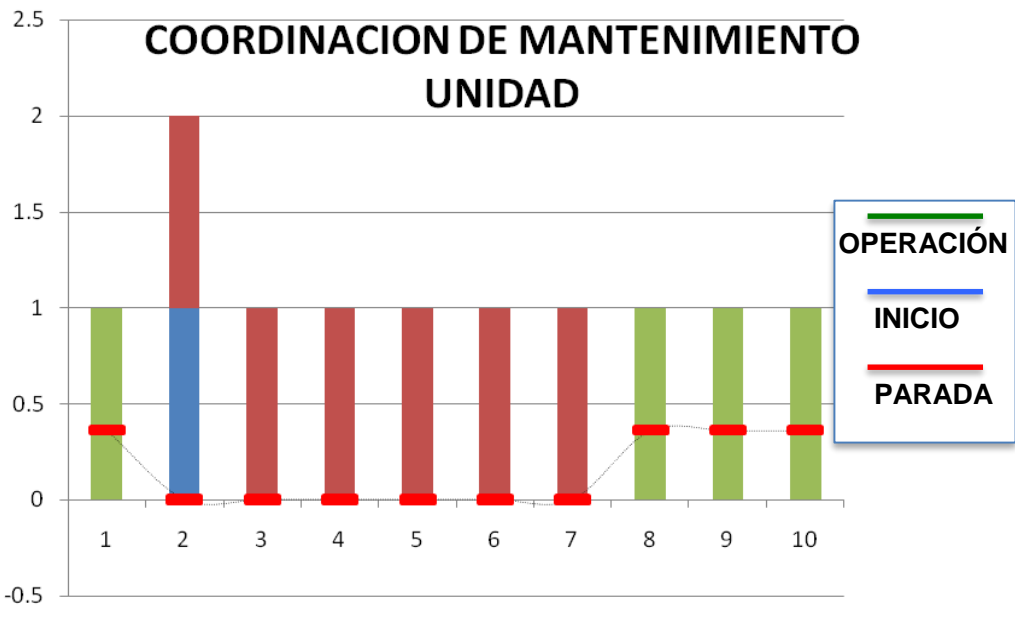
También se deben considerar los periodos máximos de operatividad al comienzo del periodo y entre mantenimientos.

OPT-MAN
Optimización
Mantenimiento

MANTENIMIENTO INFRAESTRUCTURA



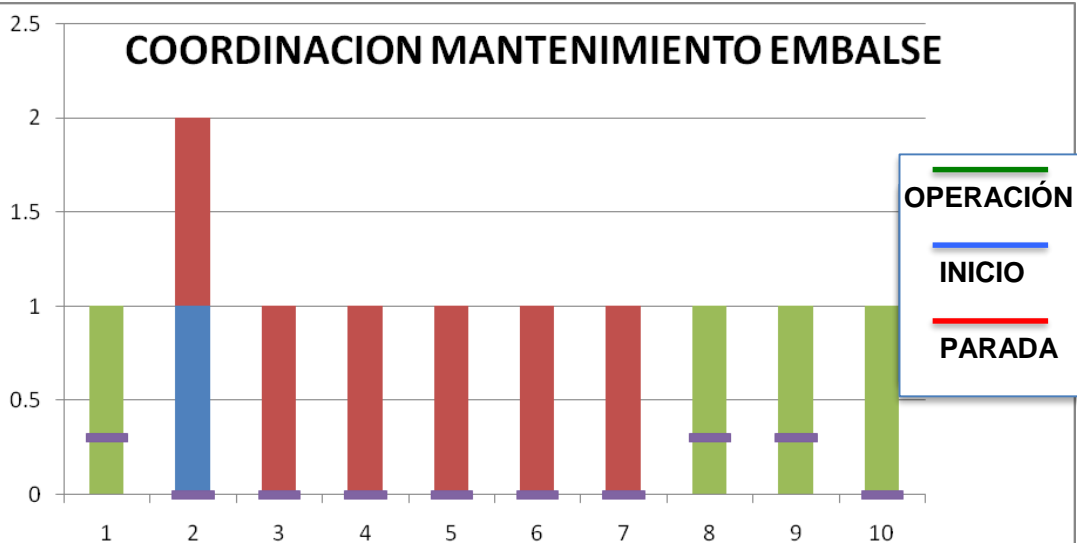
COORDINACION DE MANTENIMIENTO UNIDAD



Déficit Obligación de Energía Firme

FECHA	COD_CHI	COD_BCE	VALOR	COSTO_OB J
02/01/2009	CESMERAL	B01	0	13730
02/02/2009	CESMERAL	B01	0.013409	13730
02/03/2009	CESMERAL	B01	0.013409	13730
02/04/2009	CESMERAL	B01	0.013409	13730
02/05/2009	CESMERAL	B01	0.013409	13730
02/06/2009	CESMERAL	B01	0.013409	13730
02/07/2009	CESMERAL	B01	0.013409	13730
02/08/2009	CESMERAL	B01	0	13730
02/09/2009	CESMERAL	B01	0	13730
02/10/2009	CESMERAL	B01	0	13730
02/01/2009	INSULA	B01	0	13730
02/02/2009	INSULA	B01	0	13730
02/03/2009	INSULA	B01	0	13730
02/04/2009	INSULA	B01	0	13730
02/05/2009	INSULA	B01	0	13730
02/06/2009	INSULA	B01	0	13730

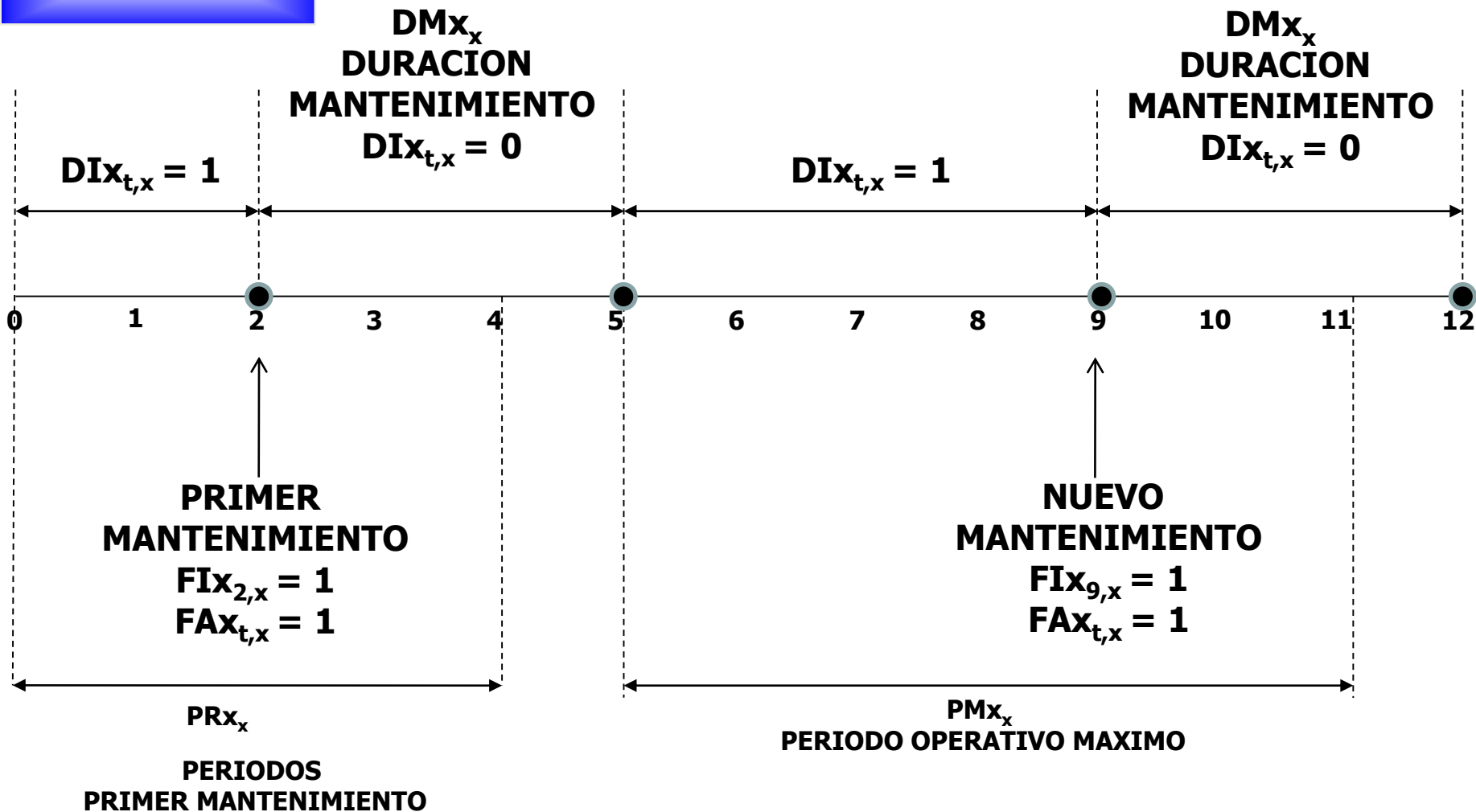
COORDINACION MANTENIMIENTO EMBALSE



GENERACIÓN POR PLANTA

DIAS	SAN FRANCISCO	ESMERALDA	INSULA
1	0.305464	0.644679	0.262903
2	0.853414	0	0.262903
3	0.840178	0	0.262903
4	0.840178	0	0.262903
5	0.840178	0	0.262903
6	0.840178	0	0.262903
7	0.840178	0	0.262903
8	0.826942	0.56158	0.262903
9	0.840178	0.573014	0.262903
10	2.353487	0.584448	0.262903

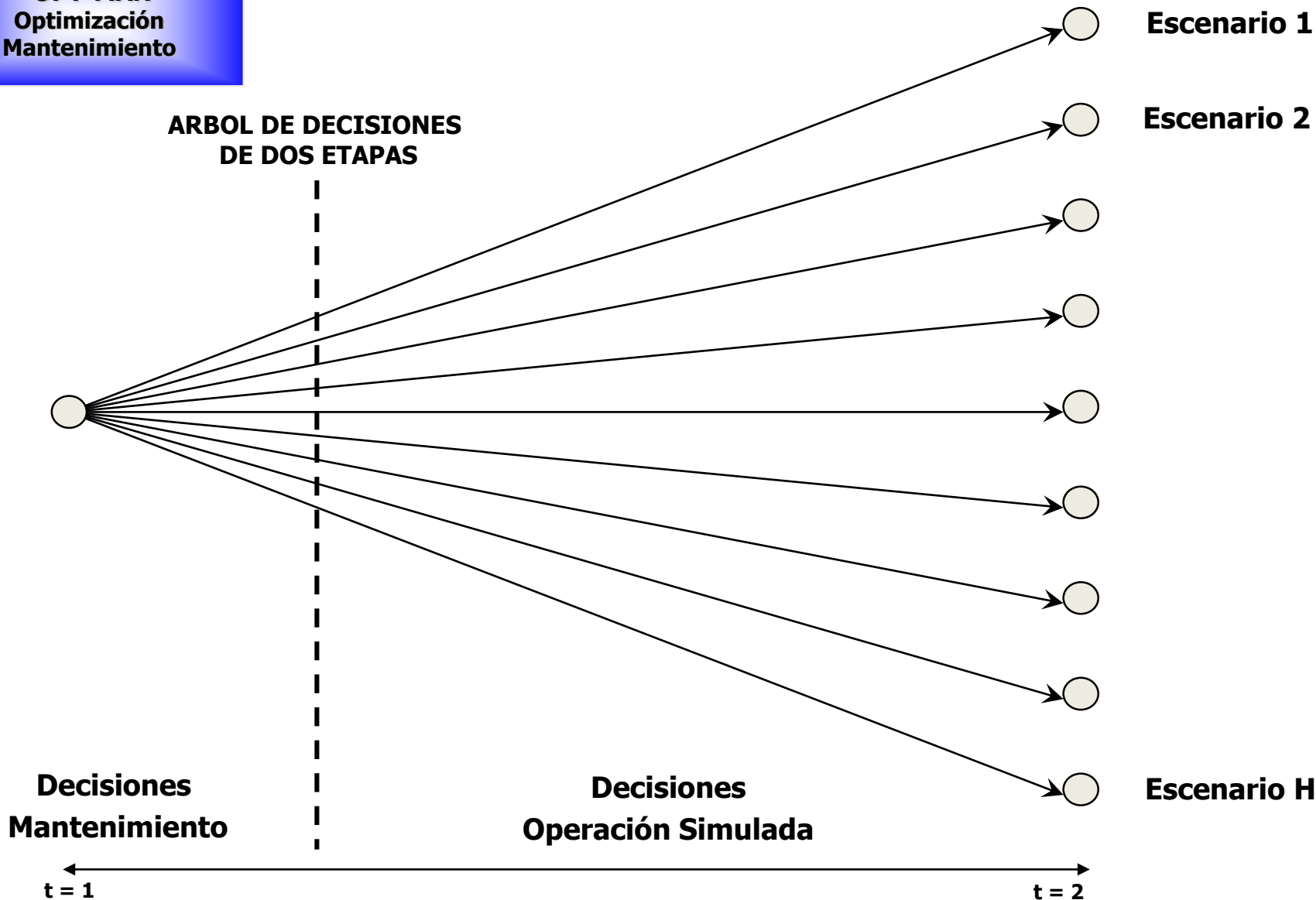
OPT-MAN
Optimización
Mantenimiento



Periodo Activo Mantenimiento - Unidad Generación

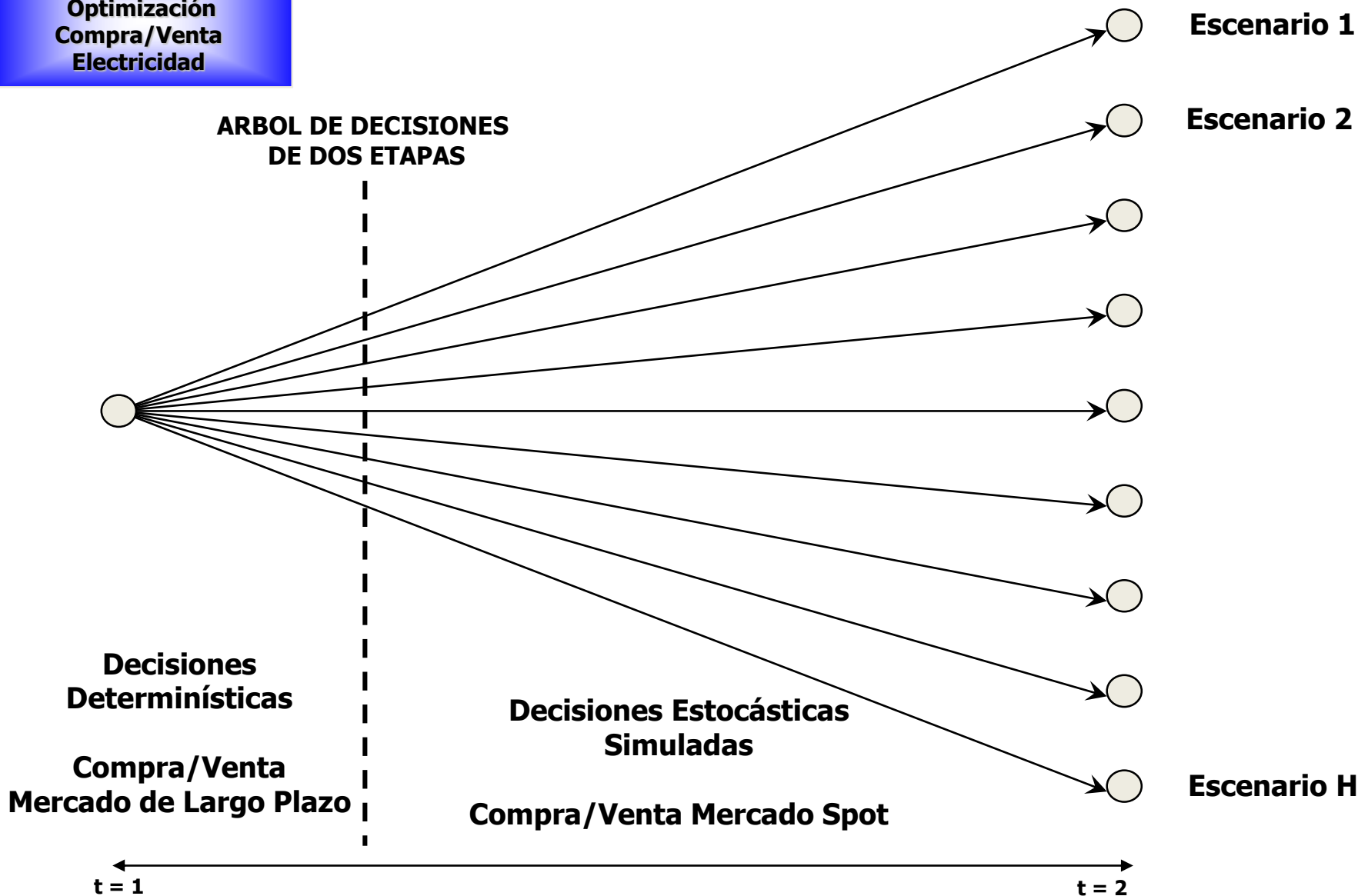
OPT-MAN
Optimización
Mantenimiento

**ARBOL DE DECISIONES
DE DOS ETAPAS**



OPT-MER
Optimización
Compra/Venta
Electricidad

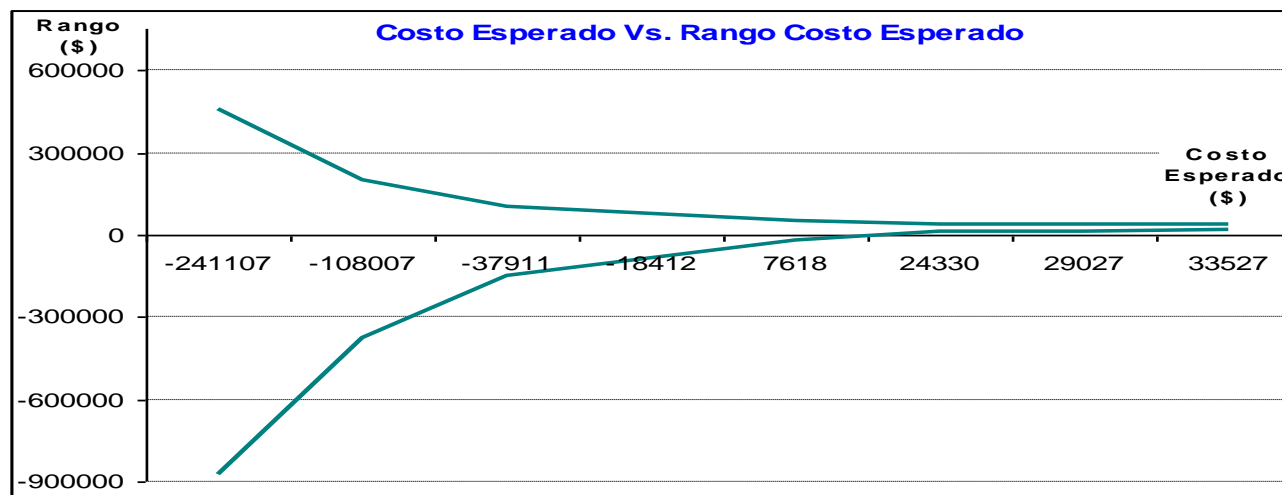
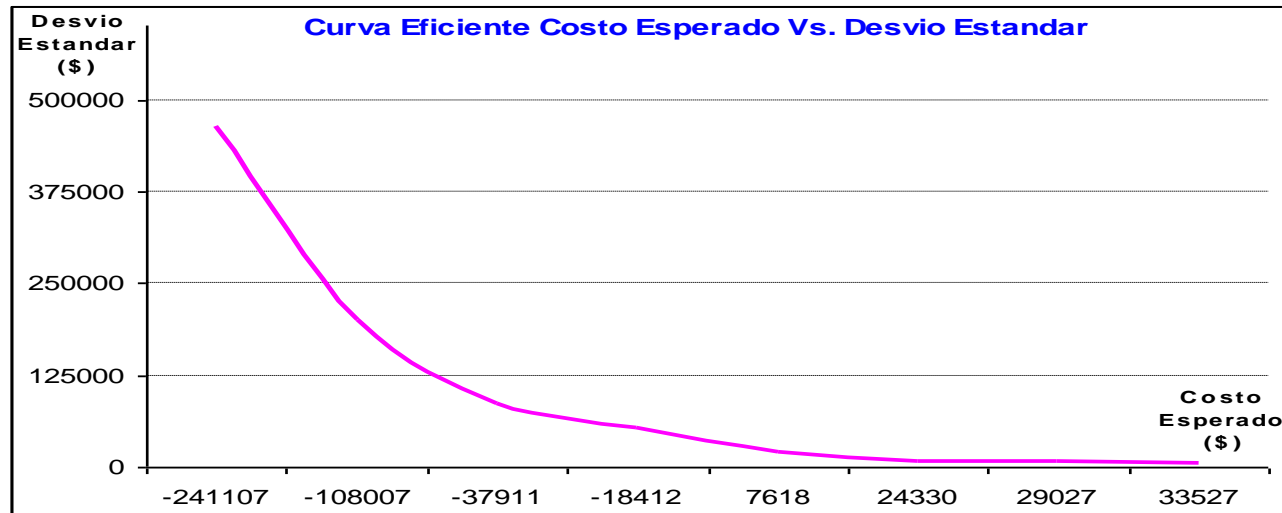
**ARBOL DE DECISIONES
DE DOS ETAPAS**



OPT-MER
Optimización
Compra/Venta
Electricidad

RIESGO

- Cubrimiento de riesgo financiero
- Optimización multicriterio
- Análisis de Value at Risk (VaR)





www.decisionware.net

info@decisionware.net

Bogotá D.C., Lima, Madrid, México D.F.