



Regulación sobre cogeneración eficiente en México

X Curso de Regulación Energética de Ariae
El papel de los reguladores en la eficiencia energética

31 de octubre de 2012
Montevideo, Uruguay

M. C. Francisco Xavier Salazar Diez de Sollano
Comisionado Presidente, CRE



Ley del Servicio Público Eléctrico: definición de cogeneración

Tres formas
distintas de
**Cogeneración
de Energía
Eléctrica**
Art 36, f. II

La producción de energía eléctrica conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambas

La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en el proceso

La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en el proceso



La Ley de Energías Renovables y la cogeneración

Cogeneración Eficiente

La cogeneración eficiente es la generación de energía eléctrica, conforme a lo establecido en la LSPEE, siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima de acuerdo con los siguientes instrumentos expedidos por la CRE:

- **RES/003/2011, Metodología** para el cálculo de la eficiencia de los sistemas de cogeneración de energía eléctrica y los criterios para determinar la cogeneración eficiente.
- **RES/291/2012, Disposiciones** generales para acreditar sistemas de cogeneración como de cogeneración eficiente.

Las atribuciones de la CRE se aplicarán a los sistemas de cogeneración eficiente aunque no utilicen energías renovables: **instrumentos regulatorios especiales (v. gr. porteo y banco de energía)**



RES/003/2011:

Primer criterio de eficiencia

Los sistemas basados en:

1. La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, o
2. La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate, y que **no requieran del uso adicional de combustibles fósiles** para la generación de energía eléctrica serán considerados como cogeneración eficiente (se excluyen las refinerías).



RES/003/2011: Segundo criterio

En caso que:

1. Los sistemas anteriores **sí requieran del uso adicional de combustibles fósiles** para la generación de energía eléctrica, o
2. la producción de energía eléctrica se lleve a cabo conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, aplicará la metodología descrita a continuación.



Metodología: Datos de la central

E La energía eléctrica neta, medida en el punto de conexión de los generadores principales, generada en el **Sistema** durante un año.

H La energía térmica neta o el calor útil generado en el **Sistema** y empleado en un proceso productivo en un año.

F El combustible fósil empleado en el **Sistema** a lo largo de un año, medido sobre poder calorífico inferior.

Re Rendimiento eléctrico medio del **Sistema**, calculado como:

$$Re = \frac{E}{F}$$

Rh Rendimiento térmico medio del **Sistema**, calculado como:

$$Rh = \frac{H}{F}$$



Metodología: Eficiencias de referencia

RefE Rendimiento de referencia para la generación eléctrica a partir de un combustible fósil en una central eficiente con tecnología actual, interconectada con el SEN en alta tensión, medido sobre la base del poder calorífico inferior del combustible.

RefH Rendimiento de referencia para la generación térmica a partir de un combustible fósil en una planta eficiente de tecnología actual, medido sobre la base del poder calorífico inferior del combustible.

fp Factor de pérdidas de energía eléctrica debidas a la transmisión y distribución desde el nivel de alta tensión hasta el nivel de tensión al que se interconecta el Sistema, calculado como:

$$fp = 1 - \% \text{ pérdidas de energía eléctrica}$$

RefE' Rendimiento de referencia para la generación eléctrica a partir de un combustible fósil en una central eficiente de tecnología actual, sobre la base del poder calorífico inferior del combustible, medido a la tensión a la que se conecta el Sistema, calculado como:

$$RefE' = RefE * fp$$



Metodología: Valores de referencia

Para el cálculo de la eficiencia de un Sistema se deberán considerar los siguientes valores de referencia:

<i>RefE</i>	44%
<i>RefH</i> (con vapor o agua caliente como medio de calentamiento)	90%
<i>RefH</i> (con uso directo de los gases de combustión)	82%

El factor de pérdidas de energía eléctrica que deberá considerarse, de acuerdo al nivel de tensión al que se interconecta el Sistema, será el siguiente:

Nivel de tensión kV	< 1.00	1.00-34.50	69-85	115-230	≥ 400
Factor de pérdidas	0.91	0.94	0.96	0.98	1.00



Metodología: Cálculo de eficiencia

F_h

Combustible utilizado en el Sistema atribuible a la producción de calor útil, calculado como:

$$F_h = \frac{H}{RefH}$$

F_e

Combustible utilizado en el Sistema atribuible a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$F_e = F - F_h$$

EP

Energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$EP = \frac{E}{RefE'} + \frac{H}{RefH}$$

AEP

Ahorro de energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$AEP = EP - F$$



Metodología: Cálculo de eficiencia

Econv Energía eléctrica generada por una central convencional eficiente, interconectada con el SEN a alta tensión, utilizando la misma cantidad de combustible que es atribuible en el Sistema a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$E_{conv} = F_e * RefE$$

Elc Energía eléctrica libre de combustible, esto es, la energía eléctrica generada en el **Sistema** por encima de la que se generaría en una central térmica convencional utilizando la misma cantidad de combustible que en un Sistema es atribuible a la generación de energía eléctrica.

Equivale a una energía eléctrica de carácter renovable, calculada como:

$$Elc = AEP * RefE$$

η Eficiencia del **Sistema** en términos de generación eléctrica libre de combustible:

$$\eta = \frac{Elc}{E_{conv}} = \frac{AEP}{F_e}$$



Metodología: Criterio de eficiencia

- Se considerará que el Sistema corresponde a una central con un proceso **Cogeneración Eficiente** si la eficiencia resulta ser:

$$\eta \geq \eta_{min}$$

Capacidad del Sistema	% η
Capacidad MW < 0.5	5
$0.5 \leq \text{Capacidad MW} < 30$	10
$30 \leq \text{Capacidad MW} < 100$	15
Capacidad MW ≥ 100	20

- Para Sistemas con capacidad igual o menor a 30 MW, instalados a una altura superior de 1500 m sobre el nivel del mar generando con motogeneradores de combustión interna o con turbinas a gas, si la eficiencia resulta ser:

$$\eta \geq \eta_{min}$$

Capacidad del Sistema	% η
$0.03 \leq \text{Capacidad MW} < 0.5$	2
$0.5 \leq \text{Capacidad MW} \leq 30$	5



Metodología: Diagrama general

En la central de cogeneración

$RefE' = RefE * fp$
$RefH$



$$AEP = EP - F$$

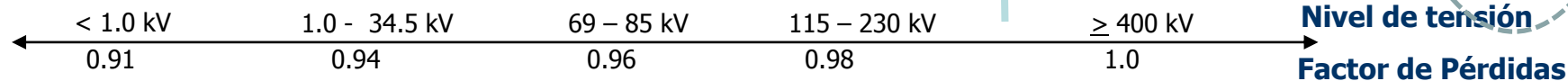
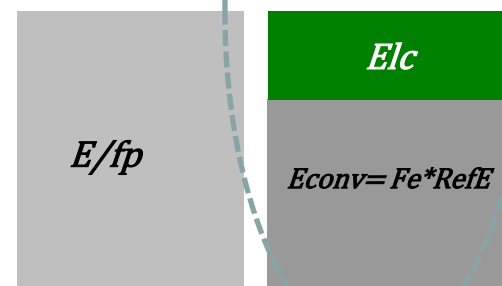
$$EP = E / RefE' + H / RefH$$

Alta Tensión

$RefE$
$RefH$

$$Elc = AEP * RefE$$

$$\eta = \frac{Elc}{E_{conv}} = \frac{AEP}{Fe}$$





Ejemplos:

Industria petrolera (Pemex)

Ficha Técnica		
Instalación	CPG Nuevo Pemex	Refinería Antonio Dovalí Jaime
Tecnología de generación	Turbinas de gas y vapor	Turbina de vapor
Capacidad instalada [MW]	432	121.6
Tensión de interconexión [kV]	115	115
Factor de planta [%]	69	53
$RefE$ [%]	44	44
$RefH$ [%]	90	90
η_{min} [%]	20	20
Combustible, F [GJ/año]	28,661,954	17,039,668
Energía Térmica, H [GJ/año]	13,326,584	11,586,224
Energía Eléctrica, E [GJ/año]	9,460,800	2,021,458



Ejemplos:

Industria petrolera (Pemex)

Resultados		
Instalación	CPG Nuevo Pemex	Refinería Antonio Dovalí Jaime
fp [%]	98	98
$RefE'$ [%]	43	43
$Fh=H/RefH$ [GJ/año]	14,807,315.56	12,873,582.22
$Fe=F-Fh$ [GJ/año]	13,854,638.44	4,166,085.78
$EP=H/RefH+E/RefE'$ [GJ/año]	36,747,946.35	17,561,564.60
$AEP=EP-F$ [GJ/año]	8,085,992.35	521,896.60
$Econv=Fe*RefE$ [GJ/año]	6,096,040.92	1,833,077.74
$Elc=AEP*RefE$ [GJ/año]	3,557,836.64	229,634.50
$\eta=Elc/Econv$ [%]	58.36	12.53
$\eta=AEP/FE$ [%]	58.36	12.53

Acreditado

No
acreditado



Ejemplos:

Pequeña escala (comercio)

Ficha Técnica		
Instalación	Energía San Pedro	CE G. Sanborns*
Tecnología de generación	Turbina de gas	Turbina de gas
Capacidad instalada [MW]	2	1.15
Tensión de interconexión [kV]	13.2	23
Factor de planta [%]	42.5	86.16
$RefE$ [%]	44	44
$RefH$ [%]	82	82
η_{min} [%]	10	5 ¹
Combustible, F [GJ/año]	87,196	82,080
Energía Térmica, H [GJ/año]	27,497	35,866
Energía Eléctrica, E [GJ/año]	26,806	31,356

*Sistema ubicado en la Cd. México a 2,240 msnm

¹Eficiencia mínima del 5%, Sistemas ubicados a más de 1500 msnm



Ejemplos:

Pequeña escala (comercio)

Resultados		
Instalación	Energía San Pedro	CE G. Sanborns*
f_p [%]	94	94
$RefE'$ [%]	41	41
$Fh=H/RefH$ [GJ/año]	33,532.93	43,739.02
$Fe=F-Fh$ [GJ/año]	53,663.07	38,340.98
$EP=H/RefH+E/RefE'$ [GJ/año]	98,344.34	119,551.40
$AEP=EP-F$ [GJ/año]	11,148.34	37,471.40
$Econv=Fe*RefE$ [GJ/año]	23,611.75	16,870.03
$Elc=AEP*RefE$ [GJ/año]	4,905.27	16,487.42
$\eta=Elc/Econv$ [%]	20.77	97.73
$\eta=AEP/FE$ [%]	20.77	97.73

Acreditado

Acreditado



Anexos

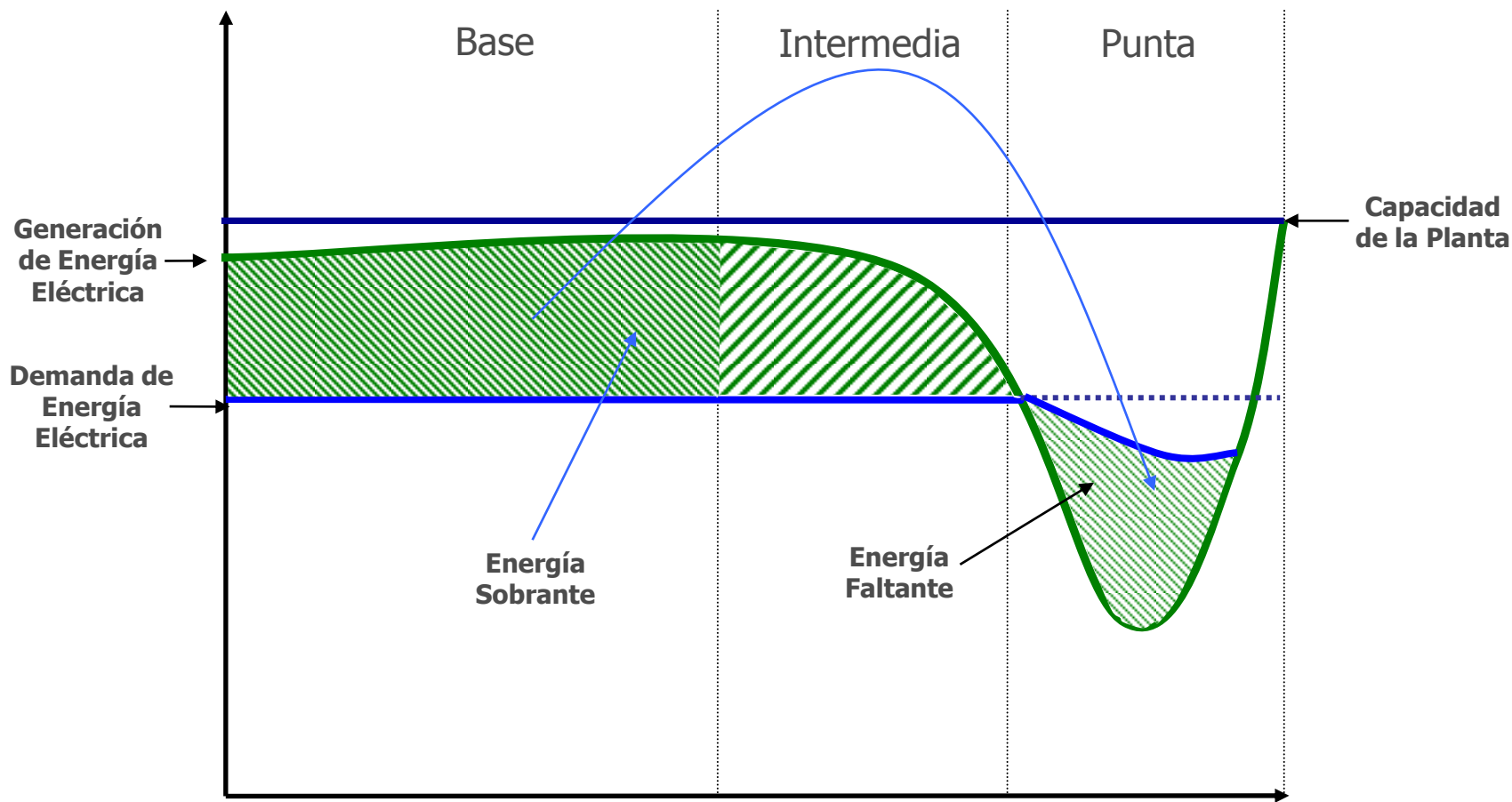


Incentivos: Banco de energía

- La energía generada se entrega a la red de transmisión cuando está disponible.
- La energía generada en cualquier periodo horario y no consumida por los usuarios puede ser “acumulada” por CFE y “entregada” en otros periodos horarios análogos, en periodos distintos o en días o meses diferentes.
- El intercambio de energía se lleva a cabo al precio de tarifa en el punto de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional.
- Al final del año, el permisionario puede vender a la CFE la energía sobrante acumulada al 85% del CTCP (tendrá un periodo de 12 meses para su almacenamiento en “el banco”).



Banco de energía: Funcionamiento





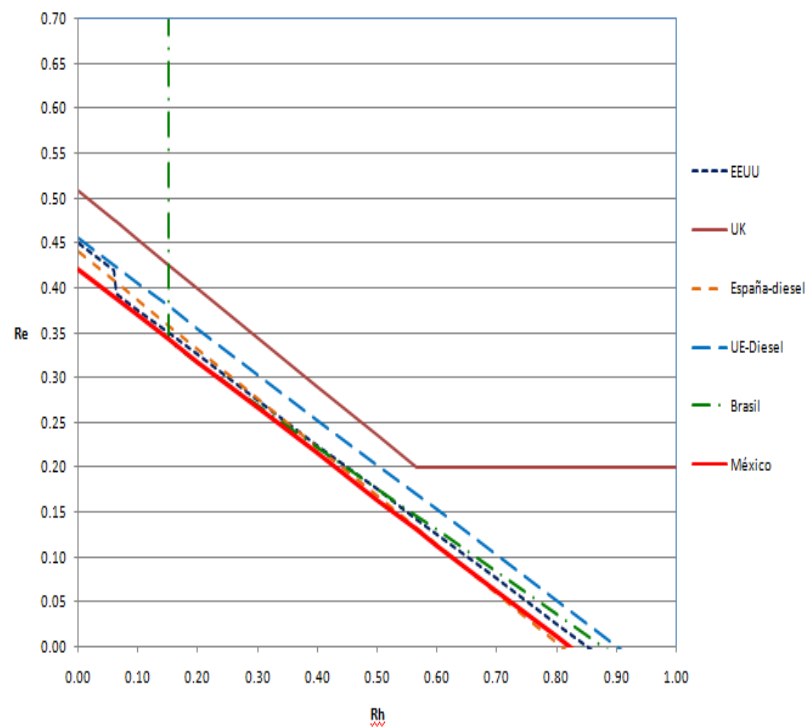
Incentivos: Tarifa de porteo para renovables

- Cargo tipo estampilla postal.
- Cargos por niveles de tensión (a octubre de 2012):
 - Alta tensión 0.03441 MX\$/kWh
 - Media tensión 0.03441 MX\$/kWh
 - Baja tensión 0.06882 MX\$/kWh
- Para cada punto de carga, el cargo por el servicio de transmisión será el resultado de sumar los cargos para cada uno de los niveles de tensión requeridos. En ningún caso, el servicio de transmisión incluirá 2 ó más veces el cargo por cada nivel de tensión.
- Los cargos se actualizan mensualmente por la CRE de acuerdo al Anexo TB-RC (índices de inflación).

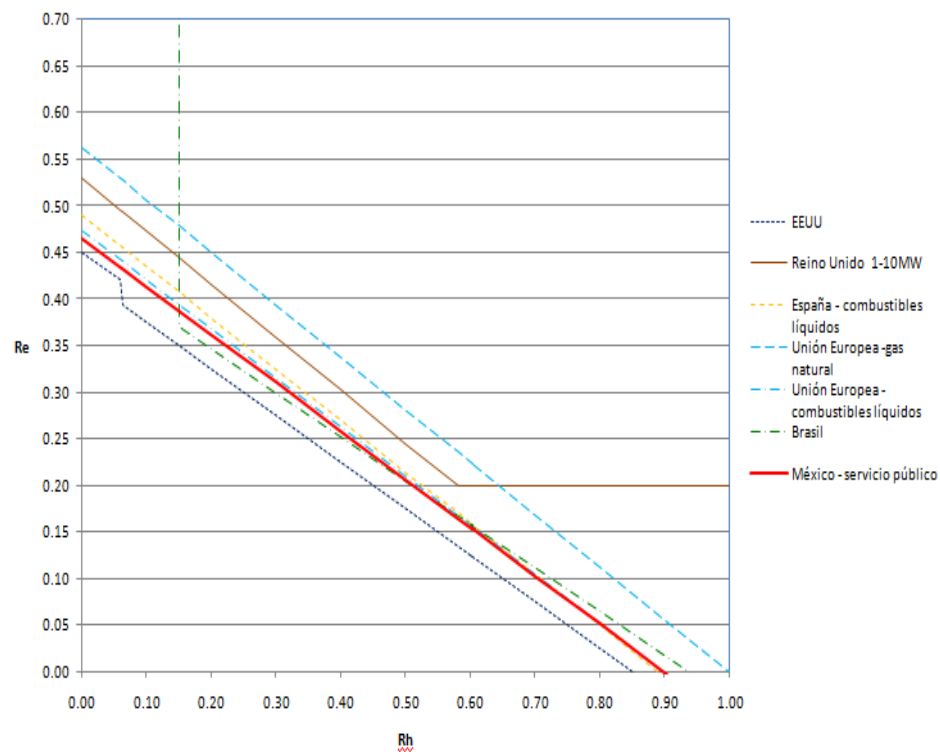


Comparativo baja potencia

Cogeneración con motogenerador diesel, utilizando gases de escape, conectado a baja tensión; capacidad <0.5 MW



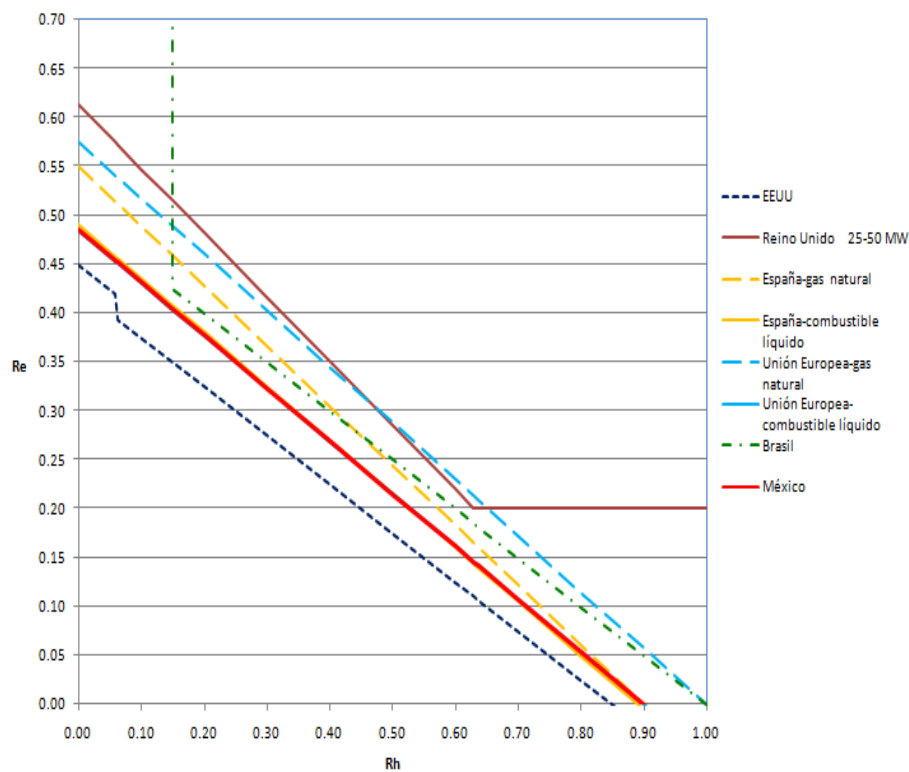
Cogeneración con caldera de vapor; interconexión a 69 kV; capacidad 0.5-20 MW



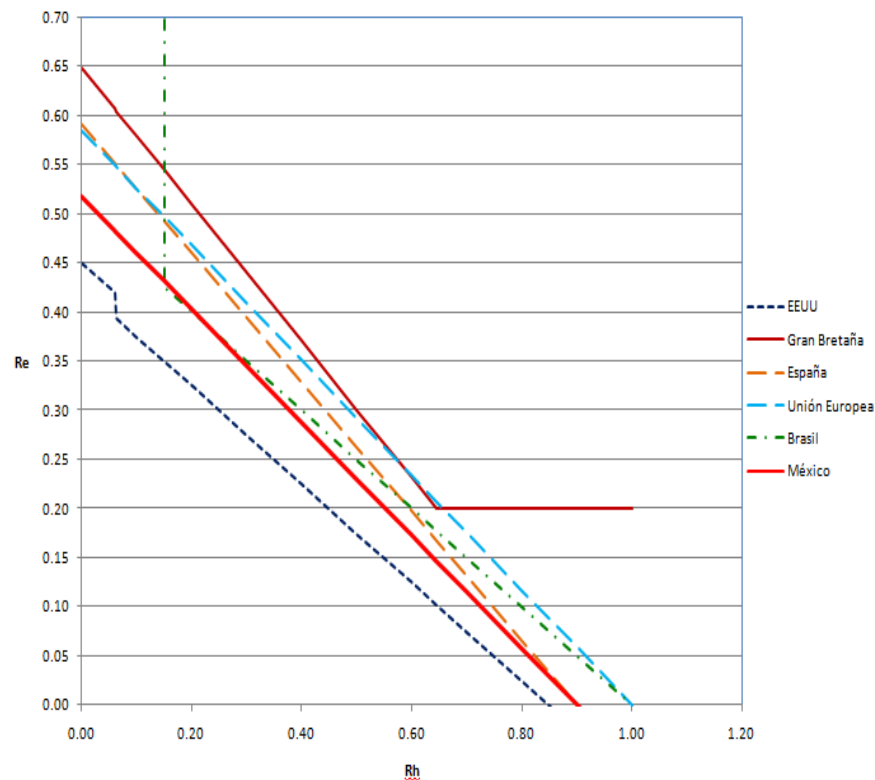


Comparativo mayor potencia

**Cogeneración con caldera de vapor;
interconexión a 69 kV; capacidad 20-100 MW**



**Cogeneración con turbina de gas;
interconexión a 230 kV; capacidad >100 MW**





iGracias!

www.cre.gob.mx