



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

CONCILIACION ENTRE LA EFICIENCIA ENERGETICA Y LAS EMPRESAS DE DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD

FEDERICO SEBASTIAN ALVAREZ DANKER

Tesis para optar al grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Profesor Supervisor:
HUGH RUDNICK VAN DE WYNGARD

Santiago de Chile, (Diciembre, 2008)

© 2008, Federico Sebastián Alvarez Danker



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

CONCILIACION ENTRE LA EFICIENCIA ENERGETICA Y LAS EMPRESAS DE DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD

FEDERICO SEBASTIAN ALVAREZ DANKER

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

HUGH RUDNICK VAN DE WYNGARD

RICARDO PAREDES MOLINA

GUILLERMO PEREZ DEL RIO

RICARDO RAINERI BERNAIN

RAUL SANHUEZA HORMAZABÁL

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, (Diciembre, 2008)

A mis Padres, hermanos, amigos,
profesores, que me apoyaron
mucho.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi Familia, por el constante apoyo, a mis Amigos y a mi polola quienes conforman gran parte de mi vida.

Además quiero agradecer afectuosamente a Don Hugh Rudnick, y al equipo de Chilectra, quienes fueron ayuda fundamental en el desarrollo de esta Tesis.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
LISTA DE SIGLAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCION.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2 Objetivos de la Tesis	4
1.2.1 Objetivos Generales.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 Estructura de la Tesis	5
2. REGULACION E INCENTIVOS ECONOMICOS EN EFICIENCIA ENERGETICA	7
2.1 Introducción	7
2.2 Caso Brasil: Obligación de invertir el 1% en EE.....	7
2.2.1 Antecedentes Generales.....	7
2.2.2 Mecanismo de Regulación.....	9
2.2.3 Ventajas y Desventajas	10
2.3 Caso California, Estados Unidos: Desacople entre ventas e ingresos.....	11
2.3.1 Antecedentes Generales	11

2.3.2	Mecanismo de Regulación	12
2.3.3	Ventajas y Desventajas	16
2.4	Caso Italia: Certificados Blancos	17
2.4.1	Antecedentes Generales	17
2.4.2	Mecanismo de Regulación.....	17
2.4.3	Ventajas y Desventajas	23
2.5	Resumen de mecanismos regulatorios e incentivos económicos	24
3.	MERCADO ELECTRICO CHILENO	31
3.1	Antecedentes Generales	31
3.2	Esquema Tarifario	32
3.3	Regulación por Empresa Eficiente.....	33
4.	METODOLOGIA propuesta: FRONTERAS DE EFICIENCIA	35
4.1	Introducción	35
4.2	Concepto de Eficiencia.....	36
4.3	Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	37
4.3.1	Orientación del Modelo	39
4.3.2	Rendimientos a Escalas	41
4.3.3	Extensiones sobre Modelos DEA	42
4.3.3.1	Supereficiencia:	42
4.3.3.2	Variables ambientales:.....	43
4.3.3.3	Otros modelos.....	43
5.	MODELO Y SIMULACION	44
5.1	Modelo DEA de Eficiencia Energética para las empresas de Distribución.....	44
5.1.1	Variables que inciden en la Eficiencia Energética.....	44
5.1.2	Configuración del modelo DEA	48
5.1.3	Origen de los Datos.....	50
5.2	Mecanismos Regulatorios y Escenarios de Eficiencia Energética.....	52
5.2.1	Adaptación al Mercado Chileno	54

5.2.1.1	Obligación de Invertir el 1%.....	54
5.2.1.2	Certificados Blancos.....	57
5.2.1.3	Desacople entre ventas e ingresos de energía.....	60
5.3	Diagrama resumen de la adaptación al mercado chileno	63
5.4	Herramienta de optimización y resolución del modelo DEA	64
6.	RESULTADOS Y ANALISIS DE LA SIMULACION	66
6.1	Caso Base	66
6.2	Obligación de Invertir el 1%	69
6.2.1	Chilectra.....	69
6.2.2	Chilquinta.....	71
6.2.3	CGE Distribución	74
6.2.4	Saesa	76
6.2.5	Relación entre resultados	78
6.3	Certificados Blancos	81
6.3.1	Chilectra.....	81
6.3.2	Chilquinta.....	82
6.3.3	CGE Distribución	84
6.3.4	Saesa	86
6.3.5	Relación entre resultados	87
6.4	Desacople entre Ventas e Ingresos.....	90
6.4.1	Chilectra.....	90
6.4.2	Chilquinta.....	92
6.4.3	CGE Distribución	93
6.4.4	Saesa	94
6.4.5	Relación entre resultados	95
6.5	Comparación de resultados sobre mecanismos de regulación	96
7.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	103
7.1	Conclusiones	103

7.2 Trabajos Futuros.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	106

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1 Principales mecanismos de regulación de EE.	3
Tabla 2-1: Impacto de los programas de EE en California reportados por la CPUC.	15
Tabla 2-2. Objetivos Italianos de EE periodo 2005-2009	18
Tabla 2-3. Comparación de los objetivos y las emisiones de Certificados Blancos...22	
Tabla 5-1 Variables de Entrada y Salida, (R. Sanhueza 2003).....	44
Tabla 5-2. Variables de entrada y salida para un modelo de Eficiencia Energética...47	
Tabla 5-3. Lista de Distribuidoras incluidas en el Modelo	51
Tabla 5-4: Mecanismos de Regulación a simular	53
Tabla 5-5. Resultados de EE en Brasil, (inversión del 1%).....	55
Tabla 5-7. Plan de Eficiencia Energética de Italia.	58
Tabla 5-8. Adaptación de los Certificados Blancos al mercado Chileno	59
Tabla 5-9. Resultados en California en el 2006 en EE	61
Tabla 5-10. Adaptación del modelo de Desacople al mercado chileno	62
Tabla 6-2. Simulación caso Base, Grupo de referencia	68
Tabla 6-5. Resumen de adaptación de Chilquinta EE. Caso: Obligación de invertir 1%	72
Tabla 6-6 Valores de eficiencia para Chilquinta EE. Caso: Obligación de invertir 1%72	

Tabla 6-8 Valores de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Obligación de invertir 1%	75
Tabla 6-9. Valores de eficiencia para Saesa EE. Caso: Obligación de invertir 1%.....	77
Tabla 6-10 Resumen de adaptación de Chilectra EE, Caso: Certificados blancos.....	81
Tabla 6-11. Valores de eficiencia para Chilectra EE, Caso: Certificados blanco	81
Tabla 6-12. Valores de eficiencia para Chilquinta EE, Caso: Certificados blanco	83
Tabla 6-13. Valores de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Certificados blancos	84
Tabla 6-14. Valores de eficiencia para Saesa EE, Caso: Certificados blanco	86
Tabla 6-15. Resumen de adaptación de Chilectra EE, Caso: Desacople	91
Tabla 6-16. Valores de eficiencia para Chilectra EE. Caso: Desacople	91
Tabla 6-17. Valores de eficiencia para Chilquinta EE. Caso: Desacople.....	92
Tabla 6-18. Valores de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Desacople.....	93
Tabla 6-19. Valores de eficiencia para Saesa EE. Caso: Desacople.....	94

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2-1: Gráfico de la evolución de los resultados en EE de California.....	15
Figura 4-1. Frontera de Eficiencia para 2 entradas y 1 salida.....	37
Figura 4-2. Tipos de orientación para caso 1 entrada 1 salida.....	40
Figura 4-3. Rendimientos a Escala, para industria con 1 entrada y 1 salida	41
Figura 5-1. Árbol de configuración del modelo DEA.	49
Figura 6-1. Gráfico de la frontera de eficiencia caso Base.....	66
Figura 6-2 Gráfico del índice de eficiencia para Chilectra EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%	71
Figura 6-3. Gráfico del índice de eficiencia para Chilquinta EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%.	73
Figura 6-4 Gráfico del índice de eficiencia para CGE Distribución EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%.	76
Figura 6-5 Gráfico del índice de eficiencia para Saesa EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%.	78
Figura 6-6. Gráfico resumen del índice de Eficiencia. Caso: Obligación de invertir el 1%	79
Figura 6-7. Gráfico índice de eficiencia para escenarios de Chile y Brasil. Caso: Obligación de invertir el 1%	80

Figura 6-8. Gráfico índice de eficiencia para Chilectra EE. Caso: Certificados blancos	82
Figura 6-9. Gráfico índice de eficiencia para Chilquinta EE. Caso: Certificados blancos	84
Figura 6-10. Gráfico índice de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Certificados blancos.....	85
Figura 6-13. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 70€	88
Figura 6-14. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 80€	89
Figura 6-15. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 90€	89
Figura 6-16. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 100€ ..	90
Figura 6-17. Gráfico comparación de resultados. Caso: Desacople.....	95
Figura 6-18. Gráfico comparativo entre escenarios Chile y California. Caso: Desacople	96
Figura 6-19. Resumen de eficiencia de mecanismos para Chilectra EE	97
Figura 6-20. Resumen de eficiencia de los mecanismos para Chilquinta EE.....	98
Figura 6-21. Resumen de eficiencia de mecanismos para CGE Distribución EE	99
Figura 6-22. Resumen de eficiencia de mecanismos para Saesa EE	99
Figura 6-23. Resumen de eficiencia para escenarios Italia, Brasil y California.	100
Figura 6-24. Resumen de eficiencia para escenario Chile.....	101

LISTA DE SIGLAS

ACP	: Análisis de Componentes Principales
AEEG	: Autorità per l'energia eletticra e il gas
CB	: Certificado Blanco
CDEC	: Centro de Despacho Económico de Carga
CEC	: Comisión de Energía de California
CPUC	: California Public Utilities Commission
CRS	: Rendimientos Constantes a Escala
DEA	: Analisis Envolvente de DatosData Envolvent Analisis
DMU	: Decision Market Unit
EE	: Eficiencia Energética
E3	:Energy and Environmental Economics, Inc.
EEAG	: Energy Efficiency Advisory Group
NDRS	: Rendimiento a Escala No Decrecientes
NIRS	: Rendimiento a Escala No Crecientes
PGB	: Producto Interno Bruto
PPEE	: Programa País de Eficiencia Energética
PROCEL	: Programa Nacional de Conservación de Eficiencia Eléctrica
VAD	: Valor Agregado de Distribución
VNR	: Valor de Nuevo Reemplazo
VRS	: Rendimientos variables a escala

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo el analizar el impacto que tendría en el segmento de distribución de electricidad, la implementación de nuevas políticas de eficiencia energética (EE), a través de mecanismos regulatorios e incentivos financieros que logren conciliar los intereses de las empresas distribuidoras y el regulador.

Para alcanzar este objetivo se desarrolla un modelo por fronteras de eficiencia basado en el análisis envolvente de datos, para medir el desempeño de las empresas de distribución frente a los nuevos mecanismos regulatorios.

La metodología utilizada adapta los resultados obtenidos en la experiencia internacional, para posteriormente comparar e identificar el índice de eficiencia alcanzado para cada esquema de regulación. Este análisis se realiza para cuatro distribuidoras representativas de industria chilena, las que se enfrentan a diversos niveles o metas en eficiencia energética propuesta por el regulador.

Los resultados obtenidos dejan en evidencia que la utilización de los certificados blancos para promover la eficiencia energética siempre obtiene el mejor resultado en el desempeño de las distribuidoras logrando eliminar los desincentivos con el menor impacto económico.

Al comparar los mecanismos de desacople entre los volúmenes e ingresos por venta de energía, contra la obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE. El primero obtiene mejores resultados, siempre que el regulador proponga metas de EE menores al 4% anual, en cambio para valores mayores, el segundo mecanismo resulta ser más efectivo respecto al impacto en el desempeño global de las distribuidoras.

ABSTRACT

The present work analyses the impact of diverse regulatory mechanisms and financial incentives that conciliate the interests of the regulating entity and distribution companies whilst tending towards the implementation of energy efficiency policies on the power distribution sector.

To assess the outcome of the power distributors on a given regulatory scenario, a production-possibility model based on data envelopment analysis is developed.

The methodology used adapts results gathered from international case-studies in order to ascertain the efficiency degree achieved by each regulating scheme. The analysis is subsequently applied on four representative companies of the Chilean power distribution sector, undergoing different energy efficiency levels required by the regulator.

The results reveal that the introduction of white certificates of energy efficiency outperforms the other methods considered in this study as it succeeds on eliminating the disincentives at a minimal economic impact.

Comparing the energy production-revenue decoupling mechanisms with the investment of the 1% in energy efficiency programs yields that the first method achieves better results provided that the regulator sets energy efficiency goals below 4% a year, whereas the second method is more effective concerning the global impact on the distributors.

Keywords: Energy Efficiency, Data Envelopment Analysis, Distribution Companies

1. INTRODUCCION

1.1 Planteamiento del Problema

El tema de la investigación surge a través de una propuesta que entrega la empresa Chilectra a la universidad, en donde a raíz de las nuevas políticas de energía del país nace la preocupación de contribuir con la eficiencia energética, ayudando a los consumidores y el medio ambiente.

En una primera instancia, es razonable pensar que el negocio de venta de electricidad está en contra al concepto de eficiencia energética, ya que no es claro que la eficiencia energética genere incentivos económicos a las empresas de distribución. El uso eficiente de la energía pudiera implicar una disminución en el consumo de electricidad y por tanto una disminución de las ventas de energía de las compañías de electricidad, afectando directamente en sus utilidades.

Por otra parte, las compañías que venden electricidad son indicadas como los mejores agentes para promocionar las prácticas de eficiencia energética entre los usuarios finales.

Además, la eficiencia energética, en particular la eficiencia en el uso de la electricidad, se traduce a nivel macro, en un menor crecimiento del consumo energético. Por lo tanto implica mejores decisiones de inversión, de generación y de distribución como también un mejor conocimiento y estudio del consumo.

Según Joskow (2000), existen barreras de entrada e imperfecciones del mercado que han impedido que los consumidores aprovechen las oportunidades económicas y ambientales ofrecidas por la eficiencia energética. Joskow señala que las empresas de suministro de electricidad se encuentran en posición privilegiada para superar barreras del mercado, debido a que:

- Tienen acceso a los recursos necesarios para financiar las inversiones requeridas en eficiencia energética.

- Tienen relación con todos los consumidores en las áreas en las que operan y cuentan con la confianza del cliente.
- Tienen conocimiento, por lo general, de las oportunidades existentes en el campo de la eficiencia energética.

Es por esto que poseen una posición privilegiada dado el carácter de proveedores de energía, con lo cual pueden balancear en forma armoniosa las inversiones por el lado de la oferta y la demanda. (Lopes C., Thomas S., Pagliano L. 2000; Thomas S., Lopes C., Alari P., Pagliano L. 2000; Pagliano L., Alari P., Gianluca R. 2003)

Las empresas de electricidad no “invierten en eficiencia energética a nivel de usuario final” por cuanto el marco regulador les da incentivos para vender más electricidad y concentrar sus esfuerzos en la minimización de los costos para proveer electricidad y no en lo que paga el consumidor por el servicio que recibe.

Joskow propone entregar a las empresas de electricidad incentivos para efectuar inversiones en la eficiencia energética de sus clientes, siempre que estas inversiones sean costeadas en base al criterio del “mínimo costo social”. Vale decir, las empresas de electricidad deben estar en condiciones de beneficiarse de las inversiones en eficiencia energética tanto como puedan beneficiarse de la cantidad de electricidad que suministran.

Entonces surge la pregunta, ¿Cómo lograr que las compañías se alineen con la eficiencia energética, aún cuando ello implique vender menos a sus clientes?

Este es el punto central de esta investigación que ha sido y sigue siendo tema de discusión en diversos estudios publicados.

En Chile, dada la contingencia, resulta necesario utilizar la eficiencia energética como una herramienta para solucionar parte de los problemas medioambientales, económicos y de sustentabilidad energética. Además, dado los acuerdos internacionales, firmados sobre el “Cambio Climático”, el Gobierno Chileno en enero del 2005 implementó el Programa País Eficiencia Energética (PPEE), en donde

se propuso una serie de medidas con el fin de lograr las metas de EE (Eficiencia Energética).

Este programa contó con un presupuesto de poco menos de \$1.500 millones de pesos en el 2007 y más de \$6.500 millones de pesos para el año 2008. El destino de estos fondos están en línea con sus metas preliminares de EE, las que fueron basadas en un estudio formulado por la CNE (2004), en donde se indica que el potencial de energía salvada para Chile debería alcanzar el 1,5% del consumo anual.

Dentro de los objetivos expuestos en el mapa de acción de PPEE, resaltan como tareas el estudiar un “Marco Regulatorio para la EE” e “Instrumentos e incentivos económicos, tributarios y financieros para la EE”. Temas que actualmente están siendo analizados para conocer el efecto y las medidas en torno a la industria de la distribución de electricidad.

El actual esquema regulatorio de remuneración para las empresas de distribución (Valor Agregado de Distribución, VAD), no posee incentivos económicos que promuevan el desarrollo de programas de EE. Es por esto que se ha buscado en la experiencia internacional alternativas para crear y adaptar los mecanismos que permitan mitigar las bajas en las utilidades de las distribuidoras dado la reducción en las ventas de energía que produce la EE.

En este sentido, en este trabajo se han estudiado diversas alternativas regulatorias y mecanismos de incentivos que se podrían implementar, además del resultado que éstas tendrían en el mercado Chileno. Dentro de los principales mecanismos exitosos y que actualmente están en funcionamiento, son los utilizados y creados en países tales como Italia, Brasil y parte de Estados Unidos, entre otros. Los esquemas estudiados están resumidos en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1 Principales mecanismos de regulación de EE.

País	Mecanismo de Regulación
Italia	Utilizar mecanismos de mercado, Certificados Blancos para promover la EE.
Brasil	Obligación de invertir un 1% de los ingresos por ventas de las distribuidoras en EE.
EE.UU.	Desacoplamiento de los ingresos por ventas de E y los volúmenes de E

Ahora, para lograr evaluar cada uno de estos mecanismos, se propone [Blumstein 2003; KlushleR 2006] seguir el siguiente criterio para conocer la efectividad y armonía con el mercado.

- Compatibilidad con los objetivos de las políticas públicas propuestas
- Nivel de efectividad de la estructura y esquema de incentivos económicos
- La habilidad del mecanismo para generar economías de escala y de ámbito
- La contribución que hace al desarrollo de una infraestructura de EE
- Asegurar a las distribuidoras recuperar los costos incurridos en los programas de EE.
- Eliminar los desincentivos de las ganancias perdidas por menores ventas de energía.
- Generar beneficios extras por implementar exitosos programas de EE.

Con esto como base, en este trabajo se han investigados cada unos de los mecanismos propuestos, su eventual adaptación al mercado chileno, la simulación y el alcance e impacto que tendría la implementación de cada una de las regulaciones enfocadas a la eficiencia energética en el país en general, y en particular para el caso de las distribuidoras Chilectra, CGE Distribución, Chilquinta y Saesa. Empresas que poseen diferentes tamaños y características diversas.

Finalmente realizar una comparación entre los mecanismos y obtener un primer acercamiento a lo que sería una política de eficiencia energética en Chile y cuál de éstos sería el método más adecuado a la realidad chilena.

1.2 Objetivos de la Tesis

Existe evidencia de que por medio de los diferentes mecanismos de regulación propuestos, se pueden generar resultados positivos en eficiencia energética a través de las empresas de distribución eléctrica. Dado que estos mecanismos otorgan incentivos a las distribuidoras para promover la EE, generan nuevas aéreas de negocio y entregan beneficios económicos a las empresas de distribución.

1.2.1 Objetivos Generales

- Identificar los incentivos económicos correctos que permitan promover la eficiencia energética en el mercado chileno, en sus los clientes y a través de las compañías de distribución de electricidad.
- Incluir las externalidades producidas al medio ambiente y social en el cálculo del VAD que han sido originados por la reducción de consumo de energía.
- Identificar, modelar y simular los alcances de los programas y mecanismos de regulación de eficiencia energética en el mercado chileno.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Generar un modelo matemático que permita simular al mercado chileno bajo los supuestos de la implementación de los mecanismos de regulación orientado a la eficiencia energética.
- Identificar las principales variables operativas, técnicas y económicas de una empresa de distribución eléctrica que se ven afectadas por políticas de eficiencia energética.
- Adaptar la experiencia internacional, sus resultados y mecanismos a la realidad Chilena.
- Cuantificar, comparar y analizar los alcances que tendrá la implementación de los posibles mecanismos propuestos en el PPEE en el mercado chileno.

1.3 Estructura de la Tesis

La tesis consta de siete capítulos, a través de los cuales se estudian y analizan los objetivos planteados.

En este primer capítulo, se establece una base del contexto para el desarrollo de la investigación, como también una base conceptual y los objetivos propuestos.

En el segundo capítulo, se hace un resumen de la regulación e incentivos utilizados en la experiencia internacional, explicando el contexto y su funcionamiento en cada uno de los países creadores del mecanismo.

En el tercer capítulo, se hace referencia al mercado eléctrico chileno, identificando las principales características y regulación que definen la distribución de electricidad.

En el cuarto capítulo, se entrega el marco teórico en el cual está basado el modelo matemático, con el cual es evaluado el desempeño de cada uno de los mecanismos regulatorios.

En el quinto capítulo, se detalla la construcción del modelo en base a las características del mercado de la distribución eléctrica. Además se identifica el desempeño obtenido por los mecanismos de regulación en la experiencia internacional y como son adaptados a la realidad chilena.

En el sexto capítulo, se muestra el resumen de los resultados obtenidos para cada una de las simulaciones a las que fueron enfrentadas las cuatro empresas de distribución, para cada uno de los escenarios de eficiencia definidos en los diferentes mecanismos de regulación, los cuales son analizados en relación al desempeño obtenido.

Finalmente en el octavo capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación, modelación y simulación, como también los posibles trabajos futuros en esta materia.

2. REGULACION E INCENTIVOS ECONOMICOS EN EFICIENCIA ENERGETICA

2.1 Introducción

En esta primera etapa de investigación, se identificaron los principales mecanismos de regulación e incentivos económicos que en la actualidad están presentes en la experiencia internacional, los cuales buscan eliminar los desincentivos de las distribuidoras para invertir en EE.

Cada uno de los mecanismos estudiados surge como solución al desarrollo histórico que ha tenido el sector energético en cada país. Por ello aun cuando estos mecanismos han sido exitosos, es importante realizar un análisis, estudiar su adaptabilidad al mercado Chileno.

2.2 Caso Brasil: Obligación de invertir el 1% en EE

Brasil, al igual que Chile, es un país en vías de desarrollo, por lo cual están en importantes y necesarios periodos de crecimientos en todos los sentidos. Es por esto que en Brasil, la EE puede y debe tener un rol protagónico en el consumo energético que se produce en un país en pleno crecimiento. Es por esto que en las últimas décadas el gobierno Brasileño ha impulsado diversas medidas con el fin de promover y regular la EE.

2.2.1 Antecedentes Generales

Brasil tuvo un consumo de energía eléctrica cercano a los 367[TWh] en el año 2005, energía que correspondió casi en un 77% a generación hidroeléctrica. Este país posee un gran potencial en el área de la EE, la que ya ha sido explotada desde los

años 80s, con variados propósitos a lo largo de la historia, como ahorro, eficiencia y recortes o racionamiento.

Para tal efecto, el gobierno de Brasil en el año 1985 crea el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (PROCEL) y es ejecutado a través de la empresa de gobierno Electrobras. PROCEL se ha encargado de desarrollar diversos proyectos con el objetivo de promover la eficiencia energética y el uso racional de la energía.

Uno de los principales proyectos es el etiquetado de electrodomésticos y equipos eléctricos, en donde se especifica el consumo promedio de cada uno de los equipos, como también el cumplimiento estándares mínimos de eficiencia. Los resultados se ven principalmente en la iluminación, aire acondicionado y motores. Al etiquetado se le atribuye cerca del 89% de los resultados obtenidos en EE,

Otra de las medidas implementadas, es la búsqueda de financiamiento internacional, con la finalidad de entregar préstamos preferenciales a instituciones y universidades para desarrollar proyectos de EE.

Las medidas que ha implementado PROCEL han tenido como resultado acumulado en EE para el año 1998 cerca de 5,3 [TWh/año] (1,8% del consumo anual). Luego en los años 90s vino la reestructuración del mercado eléctrico y se privatizó el mercado de la distribución eléctrica, en donde se les otorgó a las empresas geográficamente concesiones monopólicas por 30 años. En particular con estas empresas se firmaron contratos bilaterales, en donde se comprometían a invertir al menos 1% de sus ingresos en proyectos que promuevan la EE.

Posteriormente, en el año 2001 se produjo una gran crisis eléctrica producto de la gran sequía y la alta dependencia de la generación hídrica en la matriz energética, teniendo como resultado un fuerte racionamiento eléctrico cercano al 20% del consumo normal (ref. año 2000). Esta crisis duró cerca de 8 meses, en donde las medidas de contingencia provocaron una gran baja en la demanda punta, un gran ahorro de energía y trajo como consecuencia un cambio profundo en la mentalidad y conducta de los consumidores en el país dirigida a la EE.

2.2.2 Mecanismo de Regulación

Luego de la crisis, se produjo una nueva reformulación del mercado eléctrico, en donde la estipulación contractual del 1%, pasó a ser ley para todas las empresas de distribución, y con la obligación de al menos $\frac{1}{4}$ de este 1% de los ingresos por venta de energía y potencia debían ser invertidos en proyectos enfocados al usuario final.

Con esto las empresas de distribución para poder justificar el uso del dinero en inversiones de EE y cumplir con la ley impuesta, han publicado manuales técnicos con la explicación de los tipos de proyectos en que se puede emplear los dineros provenientes del 1%.

Por otro lado parte de este dinero recaudado (50%), las empresas lo entregan a una entidad pública/privada que decide en qué proyecto invertir y el resto lo administran a través de los propios departamentos de EE creados por las empresas distribuidoras.

Para esto las distribuidoras poseen 3 alternativas:

- Desarrollar proyectos de EE e implementarlos en forma propia.
- Desarrollar los proyectos de EE en conjunto con institutos o universidades
- Contratar a empresas de servicio de energía que gestionen los proyectos de EE.

Los resultados actuales de las medidas de EE propuestas por PROCEL han provocado un nivel de “energía economizada” para el año 2005 de 2.158 [GWh/año] y un total acumulado para el periodo 1986/2005 aproximado de 22 [TWh/año]. Es importante tener en cuenta que los resultados obtenidos están distorsionados en parte por el gran racionamiento eléctrico que se produjo en el año 2001, el cual no forma parte de la EE y no se condice con los objetivos de un mecanismo de regulación en el espíritu de eficiencia y no de reducción energética.

Aunque por ahora en la ley no se contempla el resultado o bien el nivel del impacto que producen los proyectos de EE, y solo están regulados por los manuales

para programas de EE. Por ello no es claro que las empresas de distribución realicen los mejores proyectos, como tampoco tienen beneficios extras al realizar programas altamente exitosos.

2.2.3 Ventajas y Desventajas

Como ya se ha descrito, esta medida tiene la ventaja de dar un impulso rápido y ser fácil de implementar, con costo bajo en fiscalización por parte del regulador sobre las inversiones en EE.

Con la experiencia de Brasil claramente la solución reconoce resultados positivos, en el mercado eléctrico y en la conciencia del consumidor, en donde han logrado cambiar su conducta de consumo.

Lo primero es determinar por qué el 1% es el valor más eficiente para aplicar en una política de EE, ¿Corresponde realmente este valor al más adecuado, a la realidad del país?

Por otro lado, claramente no existen incentivos para que las empresas de distribución realicen proyectos que entreguen un resultado de costo-efectividad en EE mayor. Es necesario implementar un esquema que entregue beneficios extras dependiendo de los resultados obtenidos de estos proyectos de EE. Con esto se reduce la idea por parte del distribuidor de realizar proyectos muy costosos sin altos resultados en EE, con la finalidad de sólo cumplir con la meta de invertir el 1%.

2.3 Caso California, Estados Unidos: Desacople entre ventas e ingresos

2.3.1 Antecedentes Generales

California es uno de los estados con una política de EE más fuerte en los Estados Unidos, teniendo como principal objetivo disminuir el índice de consumo energético per cápita.

Las metas propuestas son una reducción de 23.000 [GWh] para el año 2013 (estimación de un 10% del consumo), según un conjunto de programas que serán ejecutados en el periodo que comprende los años 2004-2013.

Además otra de las metas propuestas es la reducción en las potencias en puntas en 7.760 [MW] (se estima que corresponde al 12% de la punta en el año 2013).

Para alcanzar los objetivos, existen varias instituciones privadas y de gobierno dedicadas a la EE. Una de las principales entidades es la Comisión de Energía de California, propiedad del gobierno, la que imparte y propone las normativas e impulsa a otros agentes para ser parte de la EE.

Desde el lado privado, las principales distribuidoras de Electricidad y Gas, se unieron para formar la “California Energy Efficiency”¹, en donde comparten y dan a conocer todos los programas en EE que han sido implementados, identificando los principales logros, costos y metas. Finalmente, desde el lado académico, existen diversas comunidades universitarias y laboratorios, quienes proponen, investigan y estudian nuevos programas en EE.

Luego de la crisis energética vivida en los años 2000 y 2001, se decidió que las empresas de distribución o entidades autónomas, no de gobierno, deben realizar las tareas de implementar proyectos de EE. Mientras que el gobierno por medio de la

¹ www.californiaenergyefficiency.com

“California Public Utilities Commission”² (CPUC) se dedica sólo a una función fiscalizadora y normativa.

2.3.2 Mecanismo de Regulación

Hasta hace poco tiempo el esquema regulatorio utilizado por California para remunerar a las empresas de distribución era el “Revenue Cap”. Es conocido que este esquema no posee incentivos para promover la EE. Para solucionar esto [Klushler 2006] se propone un nuevo esquema regulatorio que permita atacar por tres aristas los problemas de las distribuidoras para promover programas de EE.

- Asegurar a las distribuidoras recuperar los costos incurridos en los programas de EE.
- Eliminar los desincentivos de las ganancias perdidas por menores ventas de energía.
- Generar beneficios extras por implementar exitosos programas de EE.

Para atacar los desincentivos de la baja en las ventas de energía, la CPUC propone como esquema de remuneración a las distribuidoras el “Revenue Decoupling”. Esto significa el desacoplamiento de los ingresos por ventas de las distribuidoras y los volúmenes de venta de energía. Esto se logra ajustando la tarifa para nivelar los ingresos. Existen varias metodologías para realizar los cálculos de ajustes, pero todos tienen como principio en común, conocer las ventas reales de energía para luego identificar el nivel de ajuste.

En particular, California utiliza una estimación trimestral del nivel de demanda (línea base) para el periodo. Este cálculo es realizado por la CPUC, quienes además del cálculo de la línea base de consumo, incluye las metas en EE que debieran lograr las distribuidoras. Posteriormente al finalizar el periodo y conocer el consumo real, se emplea la siguiente metodología:

Si existe alguna diferencia entre la línea base proyectada y el consumo real, independientemente de la procedencia de esta diferencia, ya sea climática, costos de

² CPUC, www.cpuc.ca.gov

combustibles, proyectos de EE, se aplica un ajuste en la tarifa para el próximo trimestre según:

Si las ventas reales fueron mayores que la proyección de la demanda de la CPUC, se ajusta la tarifa hacia abajo para el próximo trimestre, y en caso contrario cuando las ventas reales fueron menores a la proyección de la demanda se ajusta la tarifa hacia arriba. Hasta ahora estos ajustes reales de tarifa han variado desde 0% a $\pm 3\%$ entre periodos.

Tomando en cuenta los tres principios propuestos por Klushler, la regulación de California está usando mecanismos para atacar los dos primeros tópicos. El tercero no ha sido solucionado con el desacople de ingresos y venta, pero se está preparando una nueva ley que genere estos beneficios extras, por concepto de proyectos en EE exitosos.

Por otro lado para compensar los costos de inversión de las distribuidoras, se realiza un estudio cada 3 años con posibilidad de ajuste año-año, (en un enfoque similar al estudio Chileno Valor Nuevo de Reemplazo, VNR) en donde se estiman los requerimientos de los ingresos de las empresas, incluyendo las proyecciones de expansión de redes, equipos, costos fijos, costos administrativos, etc.

Además se permite incorporar los costos de los programas de EE a través de la tarifa. En particular por medio del “Public Goods Wire Charge”, en donde a todas las cuentas de los clientes finales se le recarga un 1% del total de la cuenta del mes anterior. Estos montos tienen el objetivo de financiar los costos de los programas de EE, los cuales son administrados por las empresas de distribución. Además se utiliza la tarificación flexible o por bloques horarios, que incentivan a los consumidores a disminuir horas de puntas y desplazarlas a horas valle, a través de la sensibilidad de precios.

Las empresas distribuidoras con metas en EE, deben pasar por un proceso de medición y verificación de los proyectos de EE implementados, los que están sujetos a un índice de costo-efectividad, el cual es calculado a través de una herramienta

computacional “E3 Calculator³” la que fue desarrollada por encargo de la CPUC, con el fin de evaluar con una base común todos los proyectos de EE. En este sentido el regulador propone exigencias mínimas a los proyectos, y se desarrolla una lista de méritos para la ejecución de estos, según el menor costo y mayor efectividad.

En términos generales la calculadora E3 es una herramienta que permite a través de información referente a los proyectos predeterminados de EE realizado en el usuario final, tales como reemplazo o instalación de equipos eléctricos más eficientes. Estos han sido previamente evaluados en laboratorios o de experiencia previas, midiendo entre otras sus características de consumo, y han sido almacenados en una gran base de datos construida a lo largo de la historia. Luego establece los criterios y modelación horaria del proyecto identificando la incidencia en la curva de consumo según la zona climática en donde se desarrolla, para finalmente evaluar con una base común el proyecto y entregando como resultado los niveles de energía y potencia de punta evitada y su costo-efectividad.

Para la proyección de consumo del cliente final, la E3 utiliza la base de datos de cada una de las empresas distribuidoras, en donde se almacena tal información en forma horaria de los clientes, como también las características y curvas climáticas de la zona en evaluación.

Los logros que se han observado en California, se ven directamente entre la relación del creciente producto interno bruto (PIB) por persona y un nulo crecimiento del índice de consumo de energía por persona.

Además se ha detectado un amplio aumento en inversiones en proyectos de EE, lo que se traduce en un costo-efectividad agregado para el periodo 2002-2006 de un promedio de 63 [kWh] salvados por cada dólar invertido.

La Comisión de Energía de California (CEC), publica que en el año 2004 los programas de eficiencia energética han evitado el consumo de 1.869 [GWh] y una reducción de 384 [MW] en la potencia punta.

³ “Energy and Environmental Economics calculator” www.ethree.com

La CPUC actualiza los resultados permanentemente, para el periodo de los años 2006 y 2007, están resumidos en las siguientes tablas y gráficos. Se muestra que a pesar de que aún no se cumplen las metas, sí existen grandes expectativas productos de los compromisos y proyectos que están en desarrollo y la gran recaudación de fondos producto del recargo en las cuentas de los consumidores que se alcanzó para el año 2007 y se espera para el presente año.

Tabla 2-1: Impacto de los programas de EE en California reportados por la CPUC.

Resumen del impacto de los programas de EE			
	Reducción demanda Punta [MW]	Energía Salvada anual [GWH]	
2006	Metas	442	2032
	Intalados a la Fecha	300	1718
	Compromisos a la fecha	76	506
2007	Metas	478	2275
	Intalados a la Fecha	247	1376
	Compromisos a la fecha	142	1035
<i>Instalaciones acumuladas en 2006-2007</i>		<i>547</i>	<i>3094</i>
<i>Compromisos acumulados 2006-2007</i>		<i>218</i>	<i>1541</i>

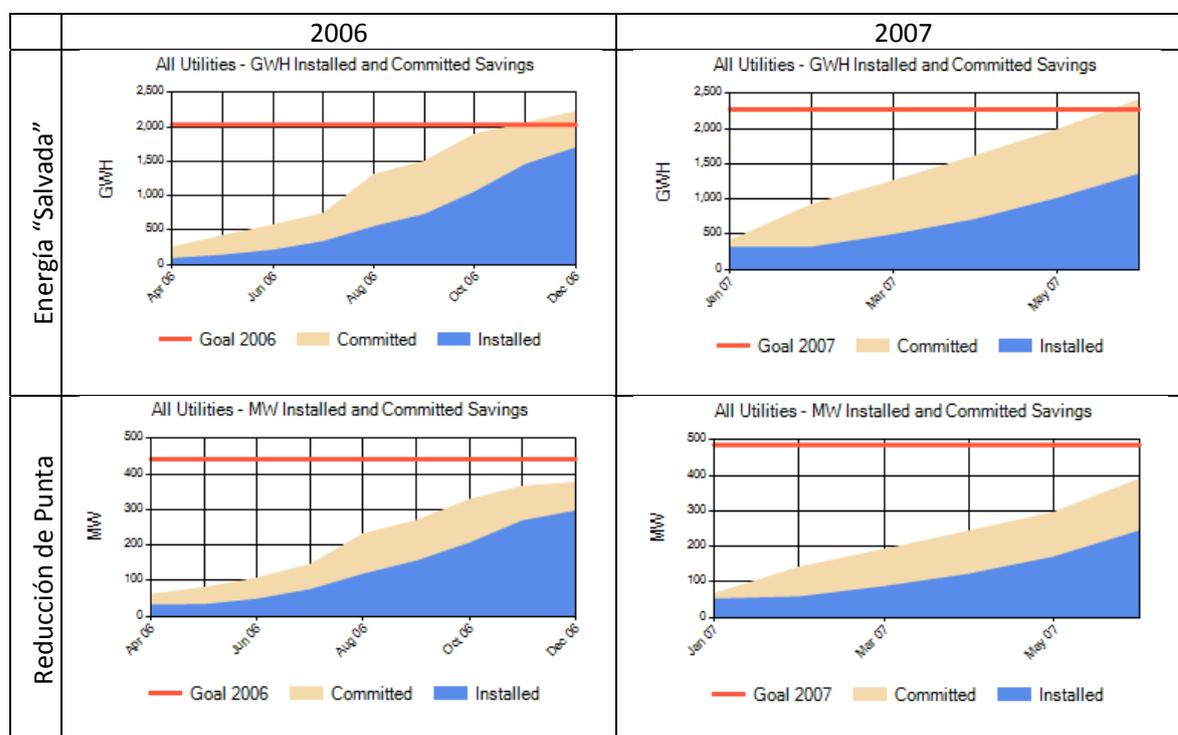


Figura 2-1: Gráfico de la evolución de los resultados en EE de California

2.3.3 Ventajas y Desventajas

Este mecanismo, en conjunto con las medidas de tarificación por bloques horarios y el recargo en las facturas del 1% para financiar los programas de EE, genera que la remuneración, por medio del desacoplamiento hacia las distribuidoras, logre los ingresos y permita el correcto funcionamiento de las empresas ya que elimina los desincentivos de las empresas de distribución de los ingresos perdidos por la baja de las ventas y promueve los programas de EE.

Logra limitar las funciones del regulador sólo a la fiscalización de los programas y promueve iniciativas de EE. Además calcular periódicamente las proyecciones de las ventas de energía, disminuye el error y promueve una evaluación eficiente y apegada a la realidad.

La metodología de medición y verificación, a través del modelo con una base común para los distintos tipos de programas de EE, permite desarrollar en orden de prioridad los con mayor índice de costo-efectividad.

Por otro lado no existe un mecanismo de incentivos de eficiencia para que las empresas distribuidoras desarrollen proyectos nuevos, o bien investigar aun más en EE. Independiente del resultado que genere el proyecto la distribuidora no se ve beneficiada en forma extra.

La función del ajuste de la tarifa, dependiendo si existió un aumento o disminución respecto de la línea base, promueve una señal poco clara al cliente final. Ya que independiente si éste realiza inversiones en EE, las cuentas pueden aumentar o disminuir dependiendo del comportamiento que realice los consumidores e distribuidora en su conjunto.

2.4 Caso Italia: Certificados Blancos

Históricamente Italia ha sido un país con altos impuestos sobre los combustibles fósiles, con lo cual ha incentivando el uso de energías renovables. Esto, acompañado con el enfoque del gobierno italiano que promueve una legislación energética que apunta al crecimiento económico y la creación de empleo, generan una mayor independencia y seguridad energética

2.4.1 Antecedentes Generales

En Italia, hace varios años que se implementó un esquema tarifario por bloque horarios y estacionales para la energía eléctrica, con una fuerte diferencia en el precio en cada uno de los bloques. Esto generó una disminución de las demandas en horas de punta y “aplana” la curva de consumo.

En este país, en la búsqueda de promover la EE y ayudar a lograr las metas propuestas y firmadas en el protocolo de Kyoto, en conjunto con mejorar los índices de empleo, se estableció un decreto de ley en donde, a partir del año 2005 está completamente operativo el uso de los Certificados Blancos como mecanismo financiero para promover la EE, siendo el primer país en el mundo en adoptar este innovador mecanismo. Estos certificados acreditan inversiones realizadas por las distribuidoras de gas y electricidad en programas ejecutados de EE.

La entidad encargada de regular esta iniciativa es la “Autorità per l’energia elettrica e il gas” (AEEG), la cual fue creada por el gobierno, pero posee facultades de decisión y funcionalidad autónoma.

2.4.2 Mecanismo de Regulación

El esquema de Certificados Blancos consiste en la obligación dirigida a cada una de las empresas de distribución de Gas y Electricidad, de poseer un número determinado de Certificados Blancos al final de cada año, esquema que permite transar

en el mercado elementos financieros que comprueban la realización, medición y verificación de inversiones en programas de EE en el cliente final. La propiedad de valorizar los certificados en el libre mercado y su transabilidad permite utilizar un alto costo efectividad de las inversiones.

La AEEG es quien fija las metas o bien el número de Certificados que deben poseer cada una de las empresas. Estos objetivos se fijaron inicialmente para el periodo 2005-2009 y el número de Certificados Blancos que deben poseer las empresas son crecientes con los años, con la idea de ir adaptando la ley al funcionamiento del mercado.

En el caso que las distribuidoras no cumplan con las metas establecidas de Certificados Blancos, se les aplicará una multa varias veces mayor al costo de haber invertido en la EE.

La unidad de medida de los Certificados, es en toneladas de petróleo equivalente [Tep], en donde para el caso eléctrico es necesario aplicar un factor de conversión, el cual se obtiene de la eficiencia que poseen en promedio las centrales de generación de Italia. Aplicando el factor de conversión se traduce en:

$$1[\text{kWh}] = 0,22 * 10^{-3} \text{ [Tep]} \text{ o bien } 4545 [\text{kWh}] = 1 [\text{Tep}]$$

Las metas anuales por sector energético estipuladas en el decreto de ley corresponden a los siguientes valores:

Tabla 2-2. Objetivos Italianos de EE periodo 2005-2009

Año	Distribuidoras de Electricidad		Distribuidoras de Gas	
	[Mtep/año]	[GWh/año]	[Mtep/año]	[GWh/año]
2005	0,1	455	0,1	455
2006	0,2	909	0,2	909
2007	0,4	1.818	0,4	1.818
2008	0,8	3.636	0,7	3.182
2009	1,6	7.272	1,3	5.909

Estos valores consisten en una eficiencia energética de cerca del 2% respecto del consumo total en el año 2009 tomando en cuenta un crecimiento de la demanda de 1.5% anual.

Para distribuir estos objetivos a través de las de distribuidoras, en este primer periodo de funcionamiento de la ley, se implementó la restricción que sólo se ven obligadas a cumplir las empresas distribuidoras con más de 100.000 clientes. Dado que en el mercado del Gas Natural, existen muchas empresas distribuidoras pequeñas, se deja al margen gran parte del consumo de Gas, lo cual interfiere en las metas establecidas por el regulador. Sin embargo en el mercado eléctrico, casi la totalidad de distribuidoras entran en el rango con más de 100.000 clientes, por lo que no incide en las metas propuestas. Luego de este filtro, el regulador les impone el número de Certificados Blancos, proporcionalmente al volumen de ventas de energía que poseen.

Ahora para alcanzar sus objetivos impuestos en Certificados, las empresas deben realizar proyectos que promuevan la EE, y una vez que el AEEG mida y verifique que el proyecto acredita los logros en la EE (reducción de consumo según una línea base de consumo previa), entonces el regulador crea y le otorga un Certificado Blanco por cada 1[Tep] “salvado” por el proyecto.

Se distinguen 3 tipos de Certificados Blancos según del sector que provengan:

- Tipo I: Eficiencia energética obtenida en el sector eléctrico
- Tipo II: Eficiencia energética obtenida en el sector del gas natural
- Tipo III: Eficiencia energética obtenida en cualquier otro sector energético

Existe la restricción, que el número de Certificados Blancos debe provenir en un 50% del mismo sector de energía en que la distribuidora opera.

Las distribuidoras pueden desarrollar e implementar sus propios programas de EE y así obtener los Certificados Blancos, que posteriormente pueden ser transados, o bien se puede externalizar la obligación comprando a través de contratos bilaterales con otras distribuidoras, o finalmente obtener los Certificados a través de las Compañías de Servicios de Energía (ESCOs) quienes son los que realizan el programa de EE.

Además se creó una bolsa de comercio del mercado eléctrico⁴, en donde todos los agentes pueden transar libremente los Certificados Blancos. Con este esquema se logra que el propio mercado regule la valoración de los programas y proyectos de EE, lo cual hace más económico y eficiente alcanzar las metas planteadas por el regulador.

Al generar un Certificado Blanco, éste posee una duración de 5 años, siendo reconocido como instrumento financiero y posee un valor monetario. Dado que las distribuidoras deben cumplir sus metas en forma anual, es decir deben adquirir el número de certificados dentro del año. En este esquema las empresas que resulten excedentarias pueden transarlos en el mercado o bien guardarlos para la meta del siguiente año.

Un aspecto muy importante para la obtención de un Certificado Blanco, es el proceso de medición y verificación que realiza el regulador por el cual certifica el impacto que tiene la inversión en EE, tanto en la reducción de consumo de energía y potencia de punta.

Para esto el regulador Italiano estableció 3 métodos dependiendo de la naturaleza del programa a implementar. Cada uno de estos métodos se diferencian según el nivel de información que se posee o bien que se logre recopilar del proyecto de EE y a su vez diferentes niveles en los costos en medición del impacto en EE. Estos métodos en orden creciente de costos son:

a) Evaluación Estándar:

Aquí se utilizan normas técnicas que evalúen los artefactos electrónicos tales como iluminación, los etiquetados con A++/A+/A (electrodomésticos), calderas y otros. A estos se les adjudica un valor predeterminado de EE. Estos informes pueden ser presentados por las empresas al ente regulador, quien finalmente decide si acepta o no el informe técnico, o bien el regulador propone las normas técnicas de los equipos. Luego

⁴ www.mercatoelettrico.org

estos informes técnicos pueden ser utilizados para evaluar otros programas de EE similares.

Para optar a este método de medición es necesario un mínimo de 25[Tep/año] en EE. Por ejemplo: en el recambio de ampollas por tubo fluorescente comprimido, se establece que por cada cambio equivale a $14,6 \cdot 10^{-3}$ [Tep/año], con esto sería necesario instalar 68 tubos por cada Certificado y 1.712 tubos para ser aceptado y obtener los 25 Certificados Blancos.

b) Evaluación Analítica:

Esta evaluación se realiza para los proyectos que dada su complejidad no pueden ser analizados bajo la metodología estándar. Por tal motivo deben ser estudiadas en profundidad antes de entregar un resultado definitivo de certificados generados. Para esto se propone la implementación de algoritmos matemáticos que permitan cuantificar el cambio en el consumo de energía producido. Por otro lado, para que el regulador realice la medición y verificación de este tipo proyectos, dado el mayor costo incurrido, se deben producir una reducción de al menos 100 [Tep/año] (100 Certificados).

c) Evaluación Ex-Post:

Este método se aplica a los proyectos que no pueden ser evaluados en ninguna de las anteriores, y requiere una medición especial debido a su dificultad en reconocer el impacto. La empresa debe presentar la metodología a evaluar al regulador. Posee como requerimiento que produzca un mínimo de 200 [Tep/año] para que este tipo de programas de EE sea aceptado.

Todas estas mediciones son comparadas con la línea base de consumo histórica que tiene el consumidor y la acorde proyección de consumo, luego de esto se calcula el impacto que logra el proyecto.

El desarrollo de los Certificados Blancos y su mercado, ha tenido un gran crecimiento en el sector eléctrico en este último periodo de 2006-2007 y se espera que para el año 2008 y futuro se produzca un crecimiento aún mayor.

Como se muestra en las siguientes tablas, existe un gran superávit en la oferta de certificados blancos en el sector eléctrico, en donde ya se cumplieron los objetivos para el 2006 y 2007. Tomando en cuenta que el cierre para los periodos donde se fijan las metas son en marzo de cada año. Los certificados sobrantes pueden ser utilizados para suplir las metas de los próximos años. (Ya que poseen una duración de 5 años)

Tabla 2-3. Comparación de los objetivos y las emisiones de Certificados Blancos.

Meta de Certificados Blancos para Distribuidoras > 100.000			
Año	2005	2006	2007
Electricidad	97854	192000	385558
Gas Natural	58057	120000	247824
<i>Total con restriccion</i>	<i>155911</i>	<i>312000</i>	<i>633382</i>

Certificados Blancos Emitidos			
Periodo	marzo 2006,	mayo 2006,	marzo 2007
Electricidad	100327	214244	682913
Gas Natural	42020	62826	142741
Otros	8019	9767	38401
<i>Total</i>	<i>150366</i>	<i>286837</i>	<i>864055</i>

Inicialmente luego de la apertura al mercado de los Certificados fijado por el regulador en un valor de 100 [€/Tep], rápidamente las transacciones de Certificados Blancos, generaron que el precio bajara. Para los de tipo I llegó a 80 [€/Tep], para los de tipo II 95 [€/Tep] y para los de tipo III a 35 [€/Tep]. Al liberar el precio al mercado, dado el exceso de tipo I, en el año 2007 el precio de este bajo a 30 [€/Tep], mientras que el tipo II se ha mantenido cercano a los 80 [€/Tep].

Por otro lado el regulador establece un protocolo de compensación monetaria a las distribuidoras una vez cumplida su meta en EE, financiado por un pequeño aumento en las tarifas de los consumidores.

2.4.3 Ventajas y Desventajas

La facultad del regulador en orden de imponer fuertes multas, le otorga a este mecanismo la principal ventaja, que es asegurar el cumplimiento de las metas del gobierno en materias de EE.

En teoría deja que el mercado apueste y regule la variación de costo-efectividad de los proyectos. Esto permite minimizar y controlar los costos de los programas de EE, ya que las distribuidoras poseen los incentivos correctos para realizarlos, como también deja al ente regulador sólo como fiscalizador de las mediciones y verificaciones del impacto de los proyectos.

Esto genera un menor rechazo en las empresas ya que les entrega una mayor libertad de acción en el plano de la EE.

Una de las principales dificultades es la proyección de las metas de EE que se pueden lograr. Establecer parámetros de eficiencia que estén apegados a la realidad, está demostrado que es difícil y lo es más, cuando la información detallada sobre el consumo es limitada. En este sentido establecer metas claras y realistas puede ser un proceso engorroso, criticable y costoso.

Además es necesario establecer procedimientos y protocolos de medición y verificación para cada tipo de proyecto, como también establecer las líneas bases de medición, lo que puede ser muy costoso y puede conseguir eliminar parte del beneficio social que aporta un programa de EE. Sin embargo la experiencia internacional aporta conocimientos en esta materia y generaría ahorros en estos costos al aplicar la regulación en Chile.

Existe evidencia de que este mecanismo resulta muy positivo, pero aún no se han demostrado los resultados a largo plazo. Es una fuerte apuesta al funcionamiento de la teoría.

2.5 Resumen de mecanismos regulatorios e incentivos económicos

Luego de la revisión internacional sobre el estado de las regulaciones enfocadas a incentivar y promover la EE, se logró identificar y evaluar en base a los tópicos señalados por Blumstein y Klushler estos tres mecanismos. Estos han obtenido resultados positivos, logrando eliminar gran parte de los desincentivos de las distribuidoras en torno a la EE, además se ha demostrado un real impacto en el mercado eléctrico de sus respectivos países.

En resumen, para cada uno de los mecanismos regulatorios se establece el siguiente análisis:

- Compatibilidad con los objetivos de las políticas públicas propuestas

- Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE.

En un principio, claramente el objetivo del regulador fue combatir la crisis energética que se vivió en el periodo de sequía, pero que trajo como consecuencia un fuerte impulso en EE a través de la ley del 1%, lo que ataca a la alta dependencia hídrica al disminuir el creciente consumo de energía y demandas de punta que tiene un país en desarrollo.

- Desacople entre ingreso y volúmenes de ventas

En parte el objetivo de esta regulación, fue defender al mercado de la volatilidad de los precios de los combustibles, dado la característica de separar los ingresos de los volúmenes de ventas, y por otro lado aprovechar que el mecanismo permite eliminar los desincentivos de las distribuidoras al fijar las metas de ventas de energía y así alinearse con la meta propuesta por el gobernador en el tema de EE.

- Certificados Blancos

Este mecanismo financiero logra responder directamente a las políticas del regulador dirigidas al aumento de empleo y sus metas en EE. Esto se logra al crear una nueva industria alrededor de los Certificados por

medio del desarrollo de nuevos proyectos en EE, nuevas empresas (ESCOs), en conjunto con la obligación de las distribuidoras de cumplir sus metas en EE, asociadas a las obtención o creación de Certificados Blancos.

- Nivel de efectividad de la estructura y esquema de incentivos económicos

- Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE.

El nivel de efectividad logrado, está relacionado con el poder de ejecución del ente regulador en la creación de manuales, informes, estudios, ya que son el medio por el cual se permite acreditar el gasto del 1% en los programas de EE.

Idealmente el incentivo hacia las distribuidoras sería crear un listado de mérito o bien estudiar cada uno de los programas de EE, que se puedan desarrollar, y así permitir un nivel de efectividad alto. Claramente esto óptimo no es realizable y queda al descubierto una falencia en el método de medición y verificación por parte del regulador ante el gasto del 1%. Esto se traduce en la ejecución de programas que no necesariamente sean los más costo-efectivos.

- Desacople entre ingreso y volúmenes de ventas

En este mecanismo, se utiliza una herramienta computacional, el que permite modelar el impacto que tendría cada uno de los proyectos en EE que se presenten, independientemente de lo diverso que puede ser cada una de las propuestas. Esta medición con una base común, permite generar un ranking de elección en la inversión en EE, optimizando el valor del costo-efectividad.

A pesar de lo anterior, no existe un incentivo económico extra para que las distribuidoras ejecuten, o bien investiguen en innovación de mejores programas de EE, ya que no representarían para ellas un beneficio mayor.

Por otro lado el cliente final no posee incentivos claros en invertir en EE, ya que a pesar de que él incurra en costos para ser más eficiente, como renovación de equipos, no tiene la seguridad que en el próximo período de evaluación de la tarifa, disminuya el valor de sus cuentas, ya que dependen del resultado del comportamiento en EE del conjunto de clientes para luego realizar el ajuste hacia arriba o debajo de la tarifa.

- Certificados Blancos

Según esta regulación, el proponer una bolsa de comercio de los certificados, genera una estructura sólida que logra defender la correcta valoración de los proyectos en EE. Esto permite que, de una manera eficiente, se evalúen los diversos proyectos, teniendo como base común el precio del certificado.

Difícilmente esta estructura se puede ver amenazada, a menos que el mercado de los certificados pierda la competencia, en donde la presencia o participación de una sola empresa lograra manejar la industria de EE.

- La habilidad del mecanismo para generar economías de escala y de ámbito
 - Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE.

Tomando en cuenta el nivel de los montos que alcanza a recaudar la ley del 1%, se entiende que es posible crear un mercado en donde se logre reducción de los costos fijos, a través de una investigación incluir mejoras tecnológicas, especialización de los proyectos en EE, y todo lo necesario para obtener economías de escala y de ámbito en el área de eficiencia.

Sin embargo esta ley no contempla específicamente todos estos tópicos, pero si se deja en evidencia que el tamaño del mercado sí es capaz de producir estas necesarias economías de escala.

- o Desacople entre ingreso y volúmenes de ventas

Nuevamente el tamaño asociado al mercado de EE, permite la creación de economías de escala y ámbito. Tomando en cuenta el interés del regulador en ejecutar proyectos con niveles de costo efectividad alto, es muy factible que el método de evaluación de estos incluya en su modelo este tipo de variables económicas.

La política de EE, que está detrás del modelo de desacople entiende y asocia las economías de escala y ámbito, lo que se reconoce al transparentar y publicar todos los proyectos de EE que se han desarrollado, identificando los costos, logros y metodología utilizada para su implementación. Esto permite la utilización de información para la creación de nuevos proyectos aprovechando los conocimientos previos reduciendo costos y cómo la asociación de estos permite economías de ámbito.

- o Certificados Blancos

Al utilizar un mercado donde se transa el valor de los certificados, se crean incentivos para las empresas que realizan los proyectos en EE, y a su vez los Certificados Blancos, realizarlos con el mínimo costo posible y así generar beneficios al transarlos en el mercado. Este mínimo costo de los proyectos se logra al crear economías de escala y ámbito.

- La contribución que hace al desarrollo de una infraestructura de EE

- Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE.

Este esquema regulatorio, en donde el financiamiento está asegurado por la ley, incentiva la creación de una infraestructura sólida y permanente en EE.

- Desacople entre ingreso y volúmenes de ventas

Al igual que el mecanismo anterior, el financiamiento asegurado, permite establecer una infraestructura eficiente donde se logre el funcionamiento de la EE.

- Certificados Blancos

Al dejar el mercado libre en la creación y transacciones de los certificados, permite generar una sólida infraestructura privada en torno a la EE. Es decir permite que se creen nuevas empresas relacionadas y dedicadas a desarrollar e implementar programas de EE. Este nuevo mercado genera el interés de privados a participar y establecer una industria nueva.

- Asegurar a las distribuidoras recuperar los costos incurridos en los programas de EE.

- Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE

Esta regulación no contempla que las distribuidoras logren recuperar todos los costos en EE. Por otro lado no es claro que por medio de la tarifa se puedan ver afectadas las cuentas de los clientes finales.

- Desacople entre ingreso y volúmenes de ventas

El regulador contempla un aumento en las tarifas de todos los clientes con el fin de financiar los programas de EE.

- Certificados Blancos

En la ley eléctrica, se establecen condiciones para que las distribuidoras permitan un aumento en la tarifa eléctrica de los consumidores, a través de un reconocimiento de los certificados generados por la distribuidora.

- Eliminar los desincentivos de las ganancias perdidas por menores ventas de energía.

- Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE.

La forma que se aborda este tema, es a través de la confianza en el valor del 1%, es decir que este número logre generar un nivel de inversión en EE, que de forma paralela contrarreste el incentivo de las distribuidoras de vender más.

- Desacople entre ingreso y volúmenes de ventas

La eliminación del incentivo de vender más energía, está claramente dado por la naturaleza del mecanismo, en donde a las distribuidoras sólo se le reconocen las ventas según una línea base de consumo proyectada por el regulador, en donde se incluyen las metas de EE.

- Certificados Blancos

La forma de controlar que las distribuidoras eliminen este desincentivo, es a través del nivel de metas propuestas por el regulador, y en caso que las distribuidoras no cumplan con el número de certificados se ven expuestas a costosas multas.

- Generar beneficios extras por implementar exitosos programas de EE.

Hasta ahora ningún mecanismo ha implementado un sistema de beneficios extras por el cumplimiento exitoso de sus metas, o bien si generan un nivel aun mayor de EE.

Cada uno de los mecanismos trabaja en la búsqueda de sistemas eficientes de bonificación o bien premios por desempeño exitoso.

3. MERCADO ELECTRICO CHILENO

3.1 Antecedentes Generales

El sector eléctrico chileno fue controlado en gran medida por el estado, hasta el año 1982, en donde formulando una innovación a nivel mundial, se inició un proceso de privatización de la industria eléctrica, introduciendo la libre competencia en el segmento de generación y eliminando la tradicional integración vertical de los segmentos del sector: generación, transmisión y distribución.

En este proceso, el Estado se limita sólo a la fiscalización, regulación, planificación indicativa y a la fijación de las tarifas eléctricas para clientes regulados. Estas tareas las ejecuta a través de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Además existe un organismo coordinador de la operación de las instalaciones eléctricas de los concesionarios que operan interconectados entre sí, con el fin de, preservar la seguridad del servicio, garantizar una operación más económica para las instalaciones del sistema eléctrico y garantizar el derecho de servidumbre sobre los sistemas de transmisión establecidos mediante concesión. Este organismo es denominado Centro de Despacho Económico de Carga.

En la Ley General de Servicios Eléctricos, se definen como actividades monopólicas naturales a los segmentos de distribución y transmisión, mientras que al sector generación introduce la libre competencia.

En particular se define que el segmento de distribución está constituido por las líneas, subestaciones y equipos que sirven para dar electricidad a los consumidores finales, en un nivel de tensión menor o igual a 23[kV] y que se encuentran dentro de una zona geográfica explícitamente delimitada, denominada zona de concesión. Las empresas de distribución operan bajo un régimen de empresas de servicio público, por lo que sus tarifas se encuentran reguladas y su servicio está sujeto a restricciones de calidad de suministro.

El modelo tras el cual se organiza y se rige el mercado eléctrico chileno sigue las bases de un modelo centralizado tipo Pool, pero al cual se han introducido modificaciones para representar mejor las necesidades del país.

El regulador a través del CDEC establece la función de coordinar el conjunto de instalaciones eléctricas con la finalidad de asegurar el abastecimiento de energía a los clientes al mínimo costo, independiente de las obligaciones comerciales que poseen los diferentes agentes del sector.

3.2 Esquema Tarifario

Dentro del modelo chileno se distinguen los siguientes tipos de clientes:

- Clientes Libres: Corresponde a los clientes con una demanda conectada mayor a 2000 kW.
- Clientes regulados: Estos clientes están sometidos a la regulación de precios. Estos deben poseer una demanda conectada menor a 2000 kW.

Para clientes con demanda conectada entre 2000 y 500 kW se les otorga la libertad de elegir entre libre o regulado.

Existen tres mercados en donde se puede transar la producción de energía y potencia:

- Mercado Spot: Constituido por las empresas generadoras, se pueden transar los excedentes de energía a un precio denominado Spot, el que corresponde al costo marginal instantáneo de la central en operación más cara del sistema, valor establecido por el CDEC.
- Mercado de clientes libres: Se transa la energía y potencia a un precio acordado a través de la negociación directa entre cliente libre con los generadores o la distribuidora de su área de concesión.
- Mercado de distribución: Constituido por los clientes regulados y las distribuidoras. El precio de venta es regulado y se compone entre la suma del precio de nudo y el Valor Agregado de Distribución (VAD).

El precio de nudo, se asocia al costo de la generación y transmisión. Este se establece por el regulador cada 6 meses, a través de un modelo que considera las instalaciones existentes de generación como también el plan de obra a futuro, las redes de transmisión requeridas para satisfacer la demanda al mínimo costo, la proyección de demanda y de costos de insumos en generación, incluyendo en el modelo las cotas de los embalses. Finalmente este precio es ajustado a cada una de las subestaciones (nudos) de la red, multiplicando por los factores de penalización de pérdidas y se ajusta a una banda de precios respecto al promedio del mercado libre. Este periodo a futuro será determinado como resultado de las licitaciones que realizan las empresas de distribución.

El valor del VAD es fijado cada cuatro años por el regulador y corresponde básicamente a un costo medio que incorpora todos los costos de inversión y funcionamiento de una empresa modelo teórica operando en el país, eficiente en la política de inversiones y en su gestión. Permitiendo que la distribuidora obtenga un retorno real sobre los activos de un $10 (\pm 4) \%$.

3.3 Regulación por Empresa Eficiente

La regulación por empresa eficiente para el segmento de distribución [Rudnick Raineri, 1997] básicamente define que la tarifa de distribución se determina a partir de la optimización de una empresa real que da origen a una empresa modelo, la que a su vez se hace competir contra la distribuidoras concesionadas. Esto se conoce como tarificación con incentivo tipo “yard stick competition”, donde se evalúa el comportamiento relativo de la industria, asegurando una rentabilidad a las distribuidoras con desempeños similares a la empresa modelo. En Chile este proceso de tarificación se establece a través del cálculo del VAD.

El VAD considera principalmente tres tipos de costos, los incurridos en la inversión en infraestructura y equipos, las pérdidas de energía y gastos de explotación, tales como, administración, operación y mantenimiento. Estos costos de la empresa modelo se pueden agrupar en:

- Costos fijos: Gastos de administración, facturación y atención a clientes.
- Costos por pérdidas en energía y potencia
- Costos de estándares de inversión, mantención y operación por unidad de potencia suministrada. Los costos anuales de inversión se calcularán considerando el Valor de Nuevo Reemplazo (VNR), de instalaciones adaptadas a la demanda, su vida útil, y una tasa de actualización igual al 10% real anual.

Adicionalmente se realiza una comparación por grupos de empresas de similares características contra una distribuidora modelo. La CNE establece seis áreas típicas de distribución, determinadas según factores similares tales como niveles de costos y eficiencia operacional entre otros.

Esta regulación busca evitar problemas de asimetrías de información entre el regulador y las empresas distribuidoras. Estos problemas existen cuando a medida que exista una menor calidad de la información disponible se establecerán criterios y variables de costos erróneos, provocando una lejanía con la de la realidad empírica de la industria

Para efectos de este estudio, es importante destacar que el procedimiento del VAD no incluye incentivos para que las distribuidoras realicen inversiones en EE, como tampoco promueva estas prácticas entre sus clientes.

Es importante ver cómo la regulación chilena hace hincapié en la necesidad de establecer parámetros de eficiencia y comparación entre el sector de distribución, dado su naturaleza monopólica. En este sentido este estudio propone seguir esta intención del regulado, con la idea de evaluar los mecanismos regulatorios en EE.

4. METODOLOGIA PROPUESTA: FRONTERAS DE EFICIENCIA

4.1 Introducción

En la distribución, al ser un negocio altamente regulado, en donde se otorgan concesiones monopólicas por áreas geográficas, el ente regulador propone un esquema de remuneraciones, que hasta el momento busca la eficiencia en la inversión de los equipos, en conjunto con la eficiencia en la operación y administración de la empresa.

Para realizar esto, el regulador utiliza el método de comparación de las distribuidoras existentes contra una nueva empresa modelo entrante que posee características similares y que opera teóricamente en forma eficiente dentro del área de concesión. Con esto se estiman los niveles de costos que han incurrido para abastecer la demanda y luego se les otorga un rango predeterminado de rentabilidad sobre sus costos.

Las empresas de distribución eléctrica operan en un esquema en donde el precio de la energía es fijado por el regulador cada cierto periodo de tiempo y por otro lado existe la obligación de suplir la totalidad de la demanda de energía y potencia en su área de concesión. Y como toda empresa privada, busca maximizar las utilidades, pero dado el esquema regulatorio, esto se traduce en la minimización de los costos, operacionales, administrativos y de producción. Ahora en este trabajo, además de lo anterior se incluirá el efecto de una política de eficiencia energética.

Ahora bien, resulta muy difícil lograr identificar una función de costos que logre incluir todas las variables y representar de forma fiel una empresa de distribución eléctrica, por lo que resulta conveniente simplificar su funcionamiento y modo de operación, como el de una caja negra, a la que se desconoce su función de producción, pero si las variables de entrada que simplificada serían la energía y potencia, o en otras palabras la compra de energía y potencia en el mercado de generadores por medio de contratos o en forma libre y por otro lado las salidas de esta caja son la venta de

energía y potencia hacia los consumidores finales. Luego de esto cuantificar la relación que existe entre las salidas y entradas.

Finalmente la forma en que se puede medir el impacto o bien la capacidad que posee cada una de las empresas para desarrollar el negocio, surge como interesante la posibilidad de comparar las empresas bajo un alero de eficiencia técnica y eficiencia energética acorde a los diferentes planes propuestos por el Programa País Eficiencia Energética.

4.2 Concepto de Eficiencia

El modelo de Fronteras de Eficiencia surge de la idea de Farrell (1957), quien introduce una manera empírica de medir el concepto de eficiencia productiva en una empresa. Tomando en cuenta que no existen medidas preestablecidas para realizar la comparación, Farrell propone obtener la mejor medición de una muestra de empresas y con ésta realizar la comparación y finalmente obtener un índice de eficiencia respecto del resto de la muestra.

El grupo de empresas que obtienen el mejor desempeño dentro de la muestra, son quienes constituyen la “frontera de eficiencia”, es decir demarcan el límite de la eficiencia de producción para el resto de la muestra.

Para ilustrar el concepto de frontera de eficiencia, Farrell supone que si una empresa utiliza sólo dos insumos (x_1 , x_2) para su único producto (y). Además si se cumplen rendimientos a escalas constantes y se posee una función de producción convexa. Entonces en la Figura 4-1 la curva SS' representa la curva de los requerimientos de insumos mínimos para la generación de una unidad de producto. Por lo tanto los puntos que se alejan de esta curva se identifican como productivamente ineficientes, por ejemplo el punto P, quiere decir que la empresa utiliza más insumos de los necesarios para obtener una unidad de producto que los puntos Q, o el límite dado por SS' .

La distancia QP representa la cuantía de eficiencia de la empresa, que generalmente se expresa en forma de porcentaje de QP/OP.

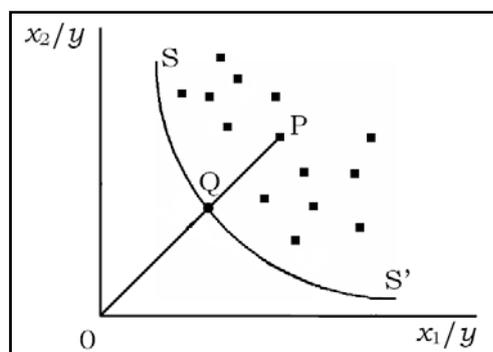


Figura 4-1. Frontera de Eficiencia para 2 entradas y 1 salida

4.3 Análisis Envoltente de Datos (DEA)

Tomando en cuenta el concepto de la caja negra existente en las empresas de distribución, el modelo de fronteras de eficiencia consiste en una buena aproximación para la comparación de empresas. Ahora una de las técnicas de optimización ampliamente utilizada para medir la eficiencia relativa de un mercado o bien de un grupo de empresas es el Análisis Envoltente de Datos (DEA).

Esta herramienta permite la comparación de múltiples insumos o variables de entradas con productos o las variables salidas de esta “caja”. Además lo hace sin la necesidad de conocer la función de producción para realizar las comparaciones.

Básicamente DEA, es una herramienta paramétrica que utiliza la programación matemática para la construcción de una frontera de eficiencia o bien una superficie envolvente a partir de los datos de entrada y salida de un conjunto de unidades o empresas en estudio, en donde a medida que se esté más alejado de ésta envolvente, entonces la empresa es menos eficiente.

El modelo DEA básico, utiliza la siguiente medición de la eficiencia, la que está dada por la suma ponderada de las entradas dividida por la suma ponderada de las salidas, esto es:

$$\text{Max } E_0 = \frac{\sum_r v_r z_{r0}}{\sum_i u_i x_{i0}} \quad (4.1)$$

sujeto a:

$$\frac{\sum_r v_r z_{rj}}{\sum_i u_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1..n \quad (4.2)$$

$$v_r, u_i \geq 0; \quad r = 1..s; \quad i = 1..m$$

En donde el valor de E representa el nivel de eficiencia, tomando el valor 1 como máximo.

Luego las variables x corresponden a cada una de las entradas mientras que las variables z a las salidas.

Los ponderadores v y u permiten obtener las medidas óptimas de eficiencia para cada una de las variables.

Estos índices de eficiencia (E) se toman para cada una de las empresas (1..n) que se desee estudiar, las cuales en la literatura se les llama DMU⁵.

Para este análisis se aconseja que el número de empresas a modelar sea al menos mayor en tres veces a la suma del número de variables de entrada y de salida

Existen varias formas de caracterizar el modelo DEA, con la idea de representar con mayor fidelidad el mercado en que se desea realizar el estudio. En términos generales es posible clasificarlo en función de los siguientes tópicos:

⁵ Charnes, Cooper y Rhodes (1978) emplean el término Decision Market Unit DMU, para referirse a entidades de producción.

- a) El tipo de medición de la distancia que se utiliza: radial, no radial, aditiva, multiplicativa, hiperbólica, y otras.
- b) La orientación del modelo: orientados a Entradas, a Salidas o No orientado.
- c) El tipo de rendimiento de escala que caracteriza el mercado.

4.3.1 Orientación del Modelo

La eficiencia puede ser caracterizada según tres orientaciones básica:

- Orientado a entradas: En donde una unidad o empresa no es eficiente si es posible disminuir cualquier otra entrada sin que se disminuya cualquier salida.
- Orientado a salidas: Esto es que una unidad o empresa no es eficiente si es posible aumentar cualquier salida sin que se incremente cualquier entrada y sin que se disminuya cualquier otra salida
- Orientación a Entradas-Salidas o No orientado: En donde el modelo no está orientado a entrada ni salidas. Es decir la medida de eficiencia está dada por el movimiento hacia las entradas como también hacia las salidas.

Gráficamente, esto se puede ver en la Figura 4-2, en donde se muestra el caso de una industria con sólo una entrada y una salida. Además se suponen rendimientos constantes a escala.

Dependiendo del tipo de orientación que se desee emplear, la medición de la eficiencia variará en su valor acorde si se quiere dejar fijo las variables de salida, y moverse en el sentido de la entrada para buscar el óptimo, o bien forma contraria. Además está el caso en donde la orientación es a entradas y salidas.

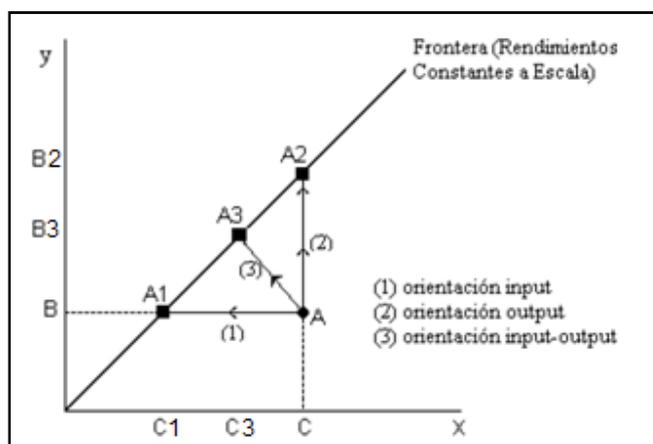


Figura 4-2. Tipos de orientación para caso 1 entrada 1 salida

Al ver el gráfico se observa que una vez definida la frontera de eficiencia del mercado, el punto A, o bien la empresa A, que logra B productos con un total de C insumos, es ineficiente respecto de la frontera óptima de producción del mercado.

Si se desea un modelo orientado a entradas (inputs), el nivel de eficiencia será medido según el desplazamiento desde A hacia el punto A1, en donde manteniendo fijo el número de productos B, para que la empresa A sea eficiente debe reducir el consumo de insumos desde C hacia C1.

Por otro lado, la orientación hacia las salidas (outputs), la empresa A, medirá su eficiencia, según la distancia que posea manteniendo constante el valor de insumos en C, hacia la frontera óptima, esto significa que debería aumentar su producción hasta B2 para ser eficiente.

Finalmente el caso orientado a entradas-salidas (inputs-outputs), dice que la medida de eficiencia de la empresa A, está dado por la distancia hacia la frontera eficiente de producción pudiendo modificar el nivel de insumos y productos, esto se traduce en una reducción de insumos hasta C3 y un aumento de productos hasta B3.

4.3.2 Rendimientos a Escalas

Una segunda distinción que es posible introducir en el modelo, es la influencia que puede tener en la medida de eficiencia la existencia de economías de escala. Comúnmente se habla de dos tipos de modelos.

- Rendimientos constantes a escala (CRS): Esto significa que todas las DMUs son comparadas en una industria con rendimientos de escala constantes.
- Rendimientos variables a escala (VRS): En donde para cada una de las DMUs de la muestra se les reconocen sus economías de escala propias de la industria. Estas pueden poseer rendimientos a escala decrecientes, constantes o crecientes.

Gráficamente, esto se puede observar en la Figura 4-3 a través del siguiente ejemplo. Supongamos que existe un mercado que utiliza una salida y una entrada. Los puntos A, B, C, D, E corresponden a la ubicación de las empresas según su producción.

En este caso si se toma un modelo de CRS, las empresas A, C, D y E son ineficientes ya que están lejos de la frontera, pero por otro lado, si las tecnologías presentes en la industria generan economías de escala variables, y utilizando el modelo VRS, permitirá generar una envolvente de datos, o frontera en la cual se tomen en cuenta esta característica dejando solo a la empresa E como ineficiente.

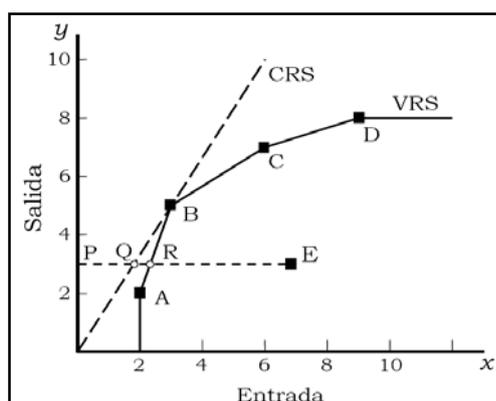


Figura 4-3. Rendimientos a Escala, para industria con 1 entrada y 1 salida

Del ejemplo, la línea segmentada representa la frontera de producción óptima del conjunto de muestras en rendimientos de escala constantes (CRS). Si se tiene un modelo orientado a entradas, el nivel de eficiencia de la empresa E, está dado por la razón de distancia entre PQ y PE, mientras que si se reconocen rendimientos a escala variable (VRS), la medida de eficiencia está dada por la razón de las distancias entre PR y PE, lo cual en su generalidad logra un nivel de eficiencia mayor que en CRS.

Además existen otros modelos que pueden utilizar características como: Rendimiento a escala no decrecientes (NDRS), en donde se elimina la posibilidad de que a la muestra se le reconozcan rendimientos a escala decreciente, y por otro lado es posible modelar con rendimiento a escala no crecientes (NIRS), en donde sólo se reconocen los rendimientos a escala constantes y decrecientes.

4.3.3 Extensiones sobre Modelos DEA

A través de la literatura sobre los modelos DEA, existen diversas ampliaciones y adaptaciones a realidades diversas de las industrias partiendo de la base de los modelos anteriormente descritos. Alguno de las extensiones mayormente utilizadas son:

4.3.3.1 Supereficiencia:

Este modelo propuesto por Andersen y Petersen (1993), resulta de la pregunta, ¿Es posible obtener dentro de una muestra de DMUs eficientes (valor 1), cuáles unidades son más eficientes que otras? Para esto se propone un método de clasificación de las unidades eficientes consistente en comparar la DMU1 que está siendo evaluada con una combinación lineal de todas las otras DMUs de la muestra, de donde la DMU1 a evaluar es excluida.

Con esto es posible que una DMU eficiente pueda incrementar proporcionalmente su vector de entradas y seguir siendo eficiente. Por esto de esta extensión propuesta se obtienen valores de eficiencia mayores a 1.

4.3.3.2 Variables ambientales:

En algunas industrias es importante incluir variables que no son manejables por las empresas, éstas son denominadas ambientales. En particular, éstas pueden ser restricciones geográficas, regulaciones, clima, etc..

En la literatura [Fried, Schmidt y Yaisawarng, 1995] se propone tratar estas variables en forma especial, no considerando sus variables de holgura en el cálculo de eficiencia.

4.3.3.3 Otros modelos

- Puede que sea necesario que las variables sean medidas en una escala continua y se incorporen variables de tipo categórico [Charnes, Cooper, Lewin y Seiford, 1994]
- Establecer restricciones en los pesos de las variables soluciones de las DMU, a evaluar. Esto puede ser imponer valores máximos y mínimos a los multiplicadores de las entradas y salidas. Por otro lado es posible imponer restricciones en las variables de entrada y salida vituales.
- Posibilidad de trabajar con un panel de datos [Charnes, Clark, Cooper y Golany, 1985] o análisis de ventana, en donde se permite estudiar el cambio de eficiencia en el tiempo, cuando se dispone de información para varios periodos de tiempo

5. MODELO Y SIMULACION

5.1 Modelo DEA de Eficiencia Energética para las empresas de Distribución

El primer paso en la modelación por fronteras de eficiencia, es identificar las variables correctas que permitan modelar a las empresas de distribución eléctricas en conjunto con la eficiencia energética.

El esquema tarifario del VAD utiliza un gran conjunto de variables interrelacionadas para determinar los costos de una empresa de distribución, y en este sentido [Sanhueza 2003], por medio de la técnica de estadísticas factorial, el Análisis de Componentes Principales (ACP), relaciona y reduce este gran número de variables y aspectos, a un resumen de éstas en función de las más influyentes en el desempeño de la empresa y así genera nuevos índices de eficiencia.

5.1.1 Variables que inciden en la Eficiencia Energética

Tomando en cuenta los estudios de Sanhueza (2003) y Fillippini (2000), se obtuvieron como resultado que las mejores variables de entrada y salida que son significativas de representar en un modelo DEA, en donde se apunta a la medición de eficiencia técnica y operacional entre muestras de las empresas de distribución eléctrica son:

Tabla 5-1 Variables de Entrada y Salida, (R. Sanhueza 2003)

Entrada	Salida
VAD total	Energía vendida
Longitud de la red de distribución	Potencia máxima en punta
Remuneraciones	Número de clientes
Energía no vendida (perdidas)	
Numero de empleados	

En donde la variable VAD total, se obtiene de la suma de los costos anualizados del valor nuevo de reemplazo total de las instalaciones del sistema de distribución, además de los costos de explotación, incluyendo los de operación y mantenimiento del sistema, todo esto en razón por la unidad de potencia máxima vendida.

Las variables presentes en la Tabla 5-1, muestran el conjunto de entradas y salidas que individualmente explican mejor las potencialidades de cada una de las empresas de distribución, en el aspecto técnico, operacional y administrativo. Es necesario mencionar que para la modelación no se utilizan todas las entradas y todas las salidas, sino que sólo un conjunto de éstas.

Ahora para determinar el efecto que tendría dentro de los costos y en la eficiencia global de una empresa el desarrollo de programas de eficiencia energética, es necesario determinar las variables adecuadas que más influirán en el resultado.

Dado que no existe una metodología clara como tampoco los datos reales para iniciar un proceso de identificación de las nuevas variables que puedan representar en forma fiel la influencia en el desempeño de las empresas distribuidoras el uso de una política regulatoria de EE, se tomó en consideración lo expuesto en la mayoría de los estudios como desincentivo de las distribuidoras.

El principal efecto que se observan al implementar una regulación de EE, son una baja en la venta de energía, disminución en la potencia máxima coincidente en punta y la variación de los costos, esto producto directamente a que la distribuidora debió incurrir en inversiones en EE. Por tal motivo estas corresponden a las variables básicas de medición de los mecanismos de regulación en eficiencia energética en las empresas.

Además estas variables básicas están presentes en los resultados de la búsqueda de variables que dejan mejor representado el conjunto de datos del esquema tarifario VAD, realizado a través de la herramienta estadística análisis de componente principal, desarrollado por R. Sanhueza 2003.

Ahora en la búsqueda de variables que permitan modelar y evitar el ruido en el modelo las inversiones por parte de las empresas enfocadas en la reducción de las

perdidas en energía respecto de las inversiones en EE, es importante medir la relación entre el volumen de compras de energía y el volumen de ventas. Manteniendo esta relación se podrá identificar el nivel de pérdidas propias en la distribución de la red.

Nuevamente el análisis por componentes principales identifica a la variable “Energía no vendida” (energía comprada = energía vendida + energía no vendida) o bien las pérdidas de energía, como influyente en el desempeño de las empresas de distribución reguladas por el esquema VAD.

Por otro lado, tomando en cuenta la características de la industria de distribución, en donde existen áreas de concesión asignadas a cada empresa, con propiedades y requerimientos geográficos únicos, se deben incluir elementos o variables en el modelo que permitan disminuir este efecto a través de la compatibilidad del modelo DEA con la configuración de rendimiento a escala variable.

Tomando en cuenta el procedimiento ACP, se logra identificar al largo de las redes y el número de clientes presentes en cada una de sus áreas de influencia, como determinantes en el rendimiento de la distribuidora. Estas variables en conjunto entregan una correcta señal al modelo sobre el efecto relacionado con el tamaño y concentración de clientes existente en cada una de las empresas.

Finalmente, partiendo de la base de las variables de los estudios previos en relación a la influencia en el VAD, como también el impacto que trae intrínseco la EE, las nuevas variables para el modelo DEA son las que se presentan en forma resumida en la Tabla 5-2.

Estas nuevas variables, que se observan como las más influyentes para esta nueva modelación que se enfocaría en la EE de las empresas, fueron determinadas acorde a las conversaciones con los profesores Raúl Sanhueza y Massimo Filippini de la Università della Svizzera Italiana. Sus consejos y el posterior análisis, han determinado un conjunto de variables que representan en mayor medida el impacto de la EE y además requieren del manejo de un menor volumen de información.

Tabla 5-2. Variables de entrada y salida para un modelo de Eficiencia Energética

Entrada	Salida
Energía comprada	Energía vendida
Km líneas	Potencia máxima en punta
Costo total	Numero de clientes

Las variables de entradas se explican según lo siguiente:

- **Energía comprada:** Corresponde al nivel de Energía vendida dentro del año por la distribuidora, y que proporciona una información básica para medir eficiencia energética.
- **Km Líneas:** Corresponde a los kilómetros de redes de distribución que posee la empresa, que además permite evidenciar las singularidades de las zonas de concesión de las diferentes distribuidoras. Logrando reducir el sesgo de las empresas con que prestan servicios en zonas extensas.
- **Costo total:** Variable que permite identificar el nivel de costos incurridos por la empresa en la eficiencia energética.

Esta variable, se verá afectada por los costos incluidos en la siguiente fórmula:

$$\text{Costo total} = aVNR + \text{CostExp} + \text{CostEE} \quad (5.1)$$

Con:

aVNR: Como el valor de nuevo reemplazo total, incluyendo media y baja tensión de las distribuidora, anualizado a 30 años y una tasa de descuento igual al 10%

CostExp: Que corresponde al costo anual de explotación, que incluye los costos de operación, mantenimiento de redes, la administración y venta asociado a la atención de clientes.

CostEE: Que corresponde al costo o inversión anual en EE que debe incurrir la distribuidora.

Para las variables de salida se propone lo siguiente:

- Energía vendida: Corresponde al nivel de Energía vendida dentro del año por la distribuidora, y que proporciona una información básica para medir el impacto de eficiencia energética.
- Pot max en punta: Con el fin de relacionarlo al factor de demanda como también incluir el uso de las redes, y que finalmente representa una variable que es atacada directamente por los resultados de las políticas de eficiencia energética.
- Número de clientes: Variable que permite capturar los diversos tamaños de las empresas.

5.1.2 Configuración del modelo DEA

Para la configuración del modelo DEA, lo primero es analizar las características propias del mercado de distribución de electricidad chileno.

Tal como lo hace el estudio del VAD, a través de las 6 áreas típicas, se definen las empresas que operan en aéreas con características similares entre sí. Con esto se reconocen la existencia de economías de escala dentro del mercado, por lo que es necesario utilizar un modelo DEA del tipo VRS.

Lo segundo es reconocer, que dado que la distribución de electricidad en un mercado altamente regulado, en donde se les impone abastecer de energía y potencia a todos los usuarios dentro de su área de concesión. Esto quiere decir que los productos o salidas de cada empresa deben ser fijos.

De lo anterior se desprende que el modelo debe poseer una orientación hacia las entradas, ya que se busca la máxima reducción de entradas, manteniendo fijo el nivel de salidas.

Recordando lo propuesto en el capítulo 4, se puede resumir la configuración adoptada del modelo DEA en la siguiente figura.

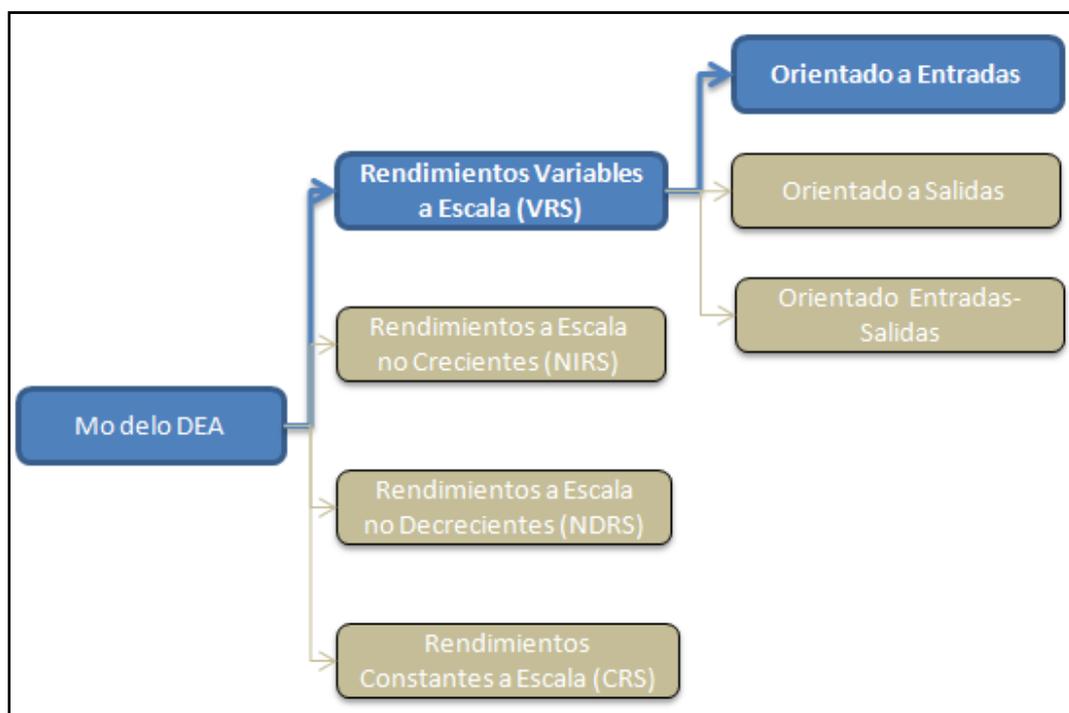


Figura 5-1. Árbol de configuración del modelo DEA.

Con esta configuración el modelo matemático dual en cuestión es el siguiente:

$$\min \left[E_0 - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m h_i^- + \sum_{r=1}^s h_r^+ \right) \right] \quad (5.3)$$

sujeto a :

$$E_0 x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - h_i^- = 0 \quad i = 1..m$$

$$-z_{r0} + \sum_{j=1}^n \lambda_j z_{rj} - h_r^+ = 0 \quad r = 1..s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$h_i^-, h_r^+, \lambda_j \geq 0$$

$$j = 1..n$$

Donde:

E_0	: Medición de eficiencia de la empresa
x_{ij}	: Variable de entrada i para la empresa j
z_{ij}	: Variable de salida i para la empresa j
h_i^-, h_i^+	: Variable de holgura solución del modelo
λ_i	: Ponderador solución del modelo para cada variable de entrada y salida
ε	: Número muy pequeño y mayor que cero

Al incluir la variable ε permite que el modelo orientado a entradas, realice la aproximación hacia la envolvente óptima de eficiencia, en todas las direcciones, esto es que debe medir la distancia hacia la envolvente tomando en cuenta el conjunto de variables de entrada.

A modo de ejemplo, lo que se logra evitar es que el modelo permita que una empresa pueda moverse solamente en una variable de entrada hacia la envolvente óptima y así medir el nivel de eficiencia, esto se traduce en un valor de eficiencia mayor que el real. Con esto, al incluir la restricción de ε se asegura que la empresa deba cuantificar la distancia en todas las variables.

5.1.3 Origen de los Datos

En este modelo se utilizó la información para las 33 empresas de distribución existentes en el año 2006, de las cuales se poseen los datos para las variables que requeridas para el modelo. Se mantuvo el código de empresa que utiliza la CNE para identificar a cada una de las distribuidoras. Estas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5-3. Lista de Distribuidoras incluidas en el Modelo

Código	Distribuidora	Energía Comprada [GWh]	KM de Línea	Costo Total anual [m\$]	Energía Vendida [GWh]	Potencia Maxima de Punta [MW]	N° Clientes
1	EMELARI	230,0	827,9	4.757.350	213,0	37,9	56.730
2	ELIQSA	401,4	1.070,0	5.743.429	371,5	70,8	74.201
3	ELECDA	716,3	1.593,0	10.750.771	665,7	131,7	134.357
4	EMELAT	530,2	1.633,8	7.578.499	479,9	103,6	77.691
6	CHILQUINTA	1.940,3	6.540,3	34.639.044	1.717,7	331,1	454.029
7	CONAFE A+B	1.284,3	6.678,1	26.101.320	1.175,7	239,1	295.163
8	EMELCA	12,3	113,9	407.786	10,4	1,9	5.115
9	LITORAL	69,0	793,9	3.018.595	60,5	21,9	41.451
10	CHILECTRA	10.609,2	13.339,1	126.386.982	10.039,5	2.047,2	1.413.989
12	COLINA	54,0	180,7	881.190	52,3	9,9	19.314
13	TILTIL	10,6	110,8	280.246	10,0	2,0	2.896
14	PUENTE ALTO	204,9	365,9	4.098.221	193,5	39,6	43.725
15	LUZANDES	5,8	24,7	508.175	5,7	2,8	1.649
17	EMELECTRIC	947,8	9.002,1	19.603.612	848,8	190,3	199.848
18	CGE DISTRIBUCION	6.616,3	19.803,2	71.222.330	6.080,5	1.190,5	1.075.764
20,0	COOPERSOL	0,5	40,0	172045,8	0,4	0,1	242,0
21	COOPELAN	60,0	1.558,0	3.027.516	49,8	8,9	12.331
22	FRONTEL	738,0	14.968,2	22.808.792	627,7	112,7	266.997
23	SAESA	1.662,9	11.733,3	27.387.800	1.437,6	218,7	299.483
24	EDELAYSEN	129,0	1.738,6	3.014.845	111,0	22,5	25.132
25	EDELMAG	214,6	808,8	3.794.736	200,7	37,1	49.303
26	CODINER	48,3	1.802,7	2.676.903	39,6	7,1	8.063
28	E. CASABLANCA	42,7	499,4	1.086.675	38,5	10,1	3.346
29	COOP. CURICO	80,7	449,4	1.119.470	73,6	19,2	7.499
30	EMETAL	85,6	1.735,7	2.806.734	77,0	14,8	17.595
31	LUZLINARES	74,3	1.524,4	2.533.882	65,0	14,4	20.219
32	LUZPARRAL	42,7	1.862,5	2.639.443	36,4	8,7	15.178
33	COPELEC	99,4	4.016,3	6.511.297	85,2	20,3	34.809
34	COELCHA	30,5	1.278,1	2.288.905	25,8	5,2	9.246
35	SOCOPEPA	24,3	906,2	2.472.040	20,6	4,2	5.279
36	COOPREL	30,9	666,7	985.106	25,3	5,1	5.079
39	LUZOSORNO	119,3	3.128,1	3.209.080	107,9	16,3	16.117
40	CRELL	41,3	1.126,8	1.741.085	35,6	6,9	11.214
42	ENELSA	51,3	816,7	1.220.684	42,8	15,8	10.593

Se recopiló los datos actualizados para cada una de las distribuidoras al año 2006. Esto a partir del estudio realizado por la CNE “Metodología y definición de las áreas típicas de distribución”, que hace referencia al proceso de fijación tarifaria del valor agregado de distribución para el periodo 2008-2012. En este documento se

informan las principales variables de las distribuidoras para el año 2006, de donde se rescato para el modelo la energía comprada y vendida [GWh], la potencia máxima en punta [MW], el costo total en miles de pesos, los kilómetros de red instalados y finalmente el número de clientes.

En particular la distribuidora Coopersol fue eliminada del análisis, dado la mala calidad de la información.

La distribuidora Conafe, en el estudio de la CNE, es separada en dos, según el área geográfica a la que abastece. En este trabajo se decidió tomar como una sola distribuidora con la idea de modelar en su conjunto el nivel de eficiencia, ya que las metas y objetivos en EE serían acordados para la distribuidora en su totalidad.

5.2 Mecanismos Regulatorios y Escenarios de Eficiencia Energética

Una vez obtenido todos los datos requeridos para cada una de las empresas, y tener claro la configuración del modelo a evaluar, se procede a generar los supuestos necesarios que logren reflejar en el análisis los incentivos económicos que se han propuesto en el Programa País Eficiencia Energética⁶ [PPEE 2007].

Los mecanismos propuestos que se hacen referencia en el PPEE son, los certificados blancos como medio para transar y cumplir la imposición de las metas de EE, por otro lado la obligación de las empresas de distribución a invertir el 1% de sus ingresos en programas de EE y finalmente el uso de la remuneración desacoplada (Revenue Decoupling) y el efecto que podría tener cada uno de estos mecanismos en la eficiencia de la empresa.

⁶ Información entregada por la directora Nicola Borregaard y el equipo de trabajo del Programa País Eficiencia Energética.

Tabla 5-4: Mecanismos de Regulación a simular

Pais	Mecanismo de Regulación
Italia	Utilizar mecanismos de mercado, Certificados Blancos para promover la EE.
Brasil	Obligación de invertir un 1% de los ingresos por ventas de las distribuidoras en EE.
EE.UU.	Desacoplamiento de los ingresos por ventas de E y los volúmenes de E

Para estos mecanismos e incentivos, se identificó como afectó en cada una de las variables de entrada y salida seleccionadas anteriormente en el modelo de EE, según los resultados obtenidos de la experiencia internacional publicada por los organismos reguladores de cada país. Este proceso se identificó como adaptación al mercado Chileno.

Para cada uno de los mecanismos se recopiló la información referente a los resultados presentados por cada uno de los entes reguladores de cada país, los cuales principalmente señalan el efecto en la reducción de consumo y de potencia de punta, como también las inversiones evitadas en nuevas centrales de generación. Esto afecta y se rescata modificando las variables del modelo DEA seleccionadas. En particular los porcentajes de reducción logrados en los volúmenes de ventas de energía, y potencias de punta evitada.

Por otro lado se identificó para cada mecanismo, el nivel de inversión incurrida para los niveles de EE alcanzados. Luego de esto se establece un promedio del costo-efectividad de la EE. En particular para el caso Italiano, este costo se entrega directamente en el valor transado en la bolsa de certificados blancos. Este promedio incide directamente en la variable de Costo EE del modelo acorde al nivel de metas EE propuestas.

Luego de esto, se establecieron diferentes escenarios según objetivos o logros de EE, en cada mecanismo, los que a su vez, fueron proyectados y simulados en forma separada a 4 empresas de distribución, Chilectra, CGE Distribución, Chilquinta y Saesa.

La elección de estas empresas responde a la utilidad de comparar distribuidoras eficientes de varios tamaños y participación de mercado, como Chilectra, CGE y Chilquinta, y por otro lado a Saesa, empresa que históricamente ha sido señalada

como ineficiente en su desempeño, pero que a su vez posee una importante participación del mercado eléctrico.

Para cada una de estas empresas se simula a través del modelo de fronteras de eficiencia DEA, y se obtiene el nivel alcanzado luego de aplicar los cambios en las variables correspondientes para cada mecanismo y nivel de objetivos en EE propuestos.

Este índice de eficiencia obtenido, se compara con el valor de la distribuidora que obtuvo antes de aplicar los escenarios de EE. Y así el análisis sobre el impacto que tendrá cada mecanismo sobre la realidad de las distribuidoras está reflejado en forma numérica.

5.2.1 Adaptación al Mercado Chileno

5.2.1.1 Obligación de Invertir el 1%

Para este mecanismo se utilizó los datos entregados por las entidades de Brasil que controlan y fiscalizan los programas de EE (PROCEL⁷).

La realidad de Brasil frente a estos programas para el año 2005 está reflejada en la Tabla 5-5, por medio de la cual se realiza una adaptación al mercado chileno, manteniendo las pautas y escalando los valores registrados en ese país.

⁷ Programa Nacional de Conservación de Eficiencia Eléctrica, www.electrobras.com/procel

Tabla 5-5. Resultados de EE en Brasil, (inversión del 1%)

Imposición de invertir el 1% en EE, caso Brasil	
Año	2005
Consumo (GWh)	376.000
Energía Economizada por EE (GWh)	2.158
Porcentaje de EE	0,6%
Demanda Potencia Máxima (MW)	60.918
Reducción Dem Potencia Punta (MW)	585
Porcentaje de reducción de punta	1,0%
Inversiones en EE Procel y Electrobras (R\$ millones)	37,17
Inversiones en EE Reserva Global de Reversão (R\$ millones)	44,60
Inversiones en EE GEF (R\$ millones)	16,23
Total inversiones (\$ US)*	225.400.000
Costo de EE (\$/Kw)	67,89

* Dólar referenciado al 2002

Es importante tomar en cuenta que este caso, además del enfoque en la energía, también posee un importante ímpetu puesto en la demanda de punta, el que genera importantes ahorros en inversiones evitadas, los cuales no están presentes en el costo EE.

Con estos datos es posible generar la adaptación al mercado chileno, en donde se generan tres escenarios catalogados como característicos básicos, y además de estos se incluyen 66 escenarios posibles según los niveles de metas o objetivos logrados en EE. Los escenarios se resumen en lo siguiente:

- Brasil: Este corresponde al caso base de Brasil, el cual según sus cifras para el año 2005 (año promedio) generó 0,6% en Energía economizada y una reducción en la Potencia punta de 1%.
- Chile: En este escenario se optó por seguir la recomendación entregada en el informe de la CNE, en donde el potencial de ahorro energético para Chile debería alcanzar el 1,9% anual.
- 66 niveles: Estos niveles van desde 0% de EE hasta 6,5% anual de EE, estos escenarios aumentan en pasos de 0,1% cada uno. Además se aplicó una relación lineal entre potencia y energía evitada.

En forma de resumen se ejemplifica cómo los niveles obtenidos en la experiencia de Brasil son adaptados al mercado chileno. En particular en la

Tabla 5-6, se muestra los valores adaptados que se utilizaron para la distribuidora Chilectra.

Tabla 5-6. Mecanismo usado en Brasil adaptado a Chilectra

Imposición de invertir el 1% en EE, adaptado a Chile			
Escenario		Brasil	Chile
Datos de Chile	Ventas de Energía (GWh)	25.025	25.025
	Energía Economisada por EE (GWh)	144	375
	Porcentaje de EE	0,6%	1,5%
	Demanda Potencia Máxima (MW)	4.968	4.968
	Reducción Dem Potencia Punta (MW)	48	75
	Porcentaje de reducción de punta	1,0%	1,5%
Datos Chilectra	Consumo Chilectra (GWh)	10.039	10.039
	Demanda Máxima Chilectra (MW)	2.047	2.047
	Objetivo Chilectra EE de Energía (GWh)	57,6	150,6
	Objetivo Chilectra EE de Potencia (MW)	19,7	30,7
	Ingresos de Chilectra (m\$)	524.740.188.560	524.740.188.560
	Costo para Chilectra (\$)	5.247.401.886	5.247.401.886
	Costo para Chilectra en EE (\$/kW)	91,07	34,85

Ahora para adaptar estos valores al mercado chileno se buscó mantener la proporcionalidad de los resultados, el que finalmente se otorgó a las distribuidoras, como el nivel de EE que debería realizar en el año tomando en cuenta la participación que posee en el mercado chileno.

Los costos de la EE en la adaptación chilena, resultan similares a los obtenidos en Brasil, y lógicamente a medida que se logran mejores resultados en la EE, este costo unitario disminuye.

El efecto reducción de potencia de punta, está incluido en el gasto del 1% de los ingresos de la empresa, pero no se toma en cuenta en el costo en EE.

Un dato importante para la elaboración del modelo, es el valor de ingresos por ventas de energía y potencia que poseen las distribuidoras. Este al corresponder a un dato que no está informado en el estudio de “Metodología y definición de las áreas

típicas de distribución”, y que además representa una información estratégica de cada empresa, por lo cual fue necesario estimarlo.

Tomando en cuenta que las empresas distribuidoras perciben ingresos asociados a diversos negocios, los que se resumen en términos generales a los Servicios Asociados, ya sean del tipo financieros, instalación de empalmes, arriendo y venta de medidores, etc... Y por otro lado los ingresos provenientes del valor agregado de distribución (VAD), el cual se asocia directamente a las redes de distribución, incluyendo las instalaciones físicas, equipos eléctricos y soporte de la red necesario para abastecer el área de concesión.

Dado que la regulación de Brasil apunta a los ingresos por ventas de energía y potencia se estableció la siguiente relación para su cálculo.

$$\text{Ingreso por ventas} = (\text{Costo de Compras de Energía}) + (\text{VAD} * \text{Potencia Max})$$

De lo anterior se obtiene la estimación de los ingresos por ventas de las distribuidoras. En particular el valor de los “costos de compras de energía” entrega la señal de los ingresos de venta la energía y “VAD * “Potencia Max” entrega los ingresos por concepto de la valorización de las instalaciones requeridas para entregar la potencia de punta a los consumidores según el esquema tarifario Chileno.

5.2.1.2 Certificados Blancos

La manera que se introducirá este mecanismo en la modelación, es siguiendo el procedimiento del caso real Italiano, en donde existen metas predefinidas de EE para un periodo de 5 años. Esto se traduce en un número fijo de certificados blancos que debe poseer cada una de las compañías de distribución en forma anual, las que definen acorde su nivel de volúmenes de energía.

Tal como se mencionó en el capítulo 2.4, los Certificados Blancos, se crean después de realizar un programa de eficiencia energética, y por medio del cual se logró medir y verificar una reducción en el consumo del cliente final, en comparación a la

línea base. La unidad de medida es en tonelada de petróleo equivalente [Toe] lo que es equivalente a 1 Certificado Blanco. Esto se traduce en una reducción de la línea base en 4545[kWh] debido a las prácticas de EE.

En la Tabla 5-7 se muestran las metas establecidas para el primer periodo de ejecución 2005-2009. Este proceso se inicia con metas muy bajas pero crecientes progresivamente en el tiempo. Estas exigencias mínimas de EE en un principio responden a la necesidad de adaptar el mercado a la nueva regulación.

Tabla 5-7. Plan de Eficiencia Energética de Italia.

Plan Italiano de Eficiencia Energética a través de Certificados Blancos							
Año	2005	2006	2007	2008	2009	Total	Promedio anual
Objetivo Cer Blancos	100.110	200.000	400.000	800.000	1.600.220	3.100.330	620.066
objetivo GWh	455	909	1.818	3.636	7.273	14.091	2.818
Consumo total GWh	332.100	337.800	342.867	348.010	353.230	1.714.007	342.801
Porcentaje de EE	0,1%	0,3%	0,5%	1,0%	2,1%	4%	0,80%

Con estos datos, es posible adaptar el formato del mecanismo a la realidad chilena, utilizando diferentes escenarios, los cuales van desde 0% hasta un 6,5% de reducción del consumo de energía anual, y cada uno de estos evaluados para 6 niveles de precios del Certificado Blanco, los cuales van desde el valor promedio transado en el 2007 en el mercado Italiano 35€, el valor máximo alcanzado en el 2007 fue de 57€, el máximo valor observado hasta Junio del 2008 de 70€, y a partir de este precio se agregaron 3 escenarios con valores de 80€, 90€ y un tope de 100€ por certificado. Valores que difícilmente son alcanzables en un mercado nuevo de EE, en donde existen todas las alternativas para realizar proyectos.

En resumen se establecieron los siguientes escenarios

- Para cada uno de los siguientes escenarios se realizaron 6 diferentes valores en el precio del Certificado Blanco (CB) 35, 57, 70, 80, 90 y 100 [€/CB]

- Italia: Este corresponde a un escenario que surge de promediar el nivel de EE que se aplicó en el periodo impuesto en Italia. Esto quiere decir una baja de 0.8% en el consumo de Energía.
- Chile: Este escenario calza con las expectativas que propone el estudio de la CNE sobre el potencial de EE que tendría el mercado Chileno.
- 14 Niveles: Estos niveles van desde 0% de hasta 6,5% en reducción de Energía.

Ahora para adaptar el nivel de certificados blancos que debe enfrentarse en Chile y además a las 4 distribuidoras, el proceso se desarrolla luego de escalar según los niveles de consumo y objetivos de EE, a la realidad chilena, y luego distribuir el número de Certificados que le corresponderían a cada una.

A modo de ejemplo, en la siguiente Tabla 5-8 se resume los valores propuestos a modelar para el caso de Chilectra sólo en alguno de los escenarios.

Tabla 5-8. Adaptación de los Certificados Blancos al mercado Chileno

Escenarios Chileno para Mecanismo de Certificados Blancos					
Datos de Chile	Escenario	Italia 35	Chile 35	Italia 70	Chile 70
	Objetivo Nacional Cert Blancos	34.674	82.352	34.674	82.352
	Objetivo Nacional EE (GWh)	158	374	158	374
	Consumo Total Nacional (GWh)	19.699	19.699	19.699	19.699
	Porcentaje Nacional de EE	0,80%	1,9%	0,8%	1,9%
Datos Chilectra	Consumo Chilectra (GWh)	8.125,89	8.125,89	8.125,89	8.125,89
	Valor promedio Cer Blanco (€/toe)	€ 35,63	€ 35,63	€ 70,00	€ 70,00
	Objetivo Chilectra Cer Blancos	14.303	33.970	14.303	33.970
	Objetivo EE de Chilectra (GWh)	65,0	154,4	65,0	154,4
	Costo para Chilectra (\$)	\$ 364.375.098	\$ 865.390.858	\$ 715.864.632	\$ 1.700.178.502
	Costo para Chilectra (\$/kW)	5,61	5,61	11,01	11,01

Es interesante ver que tanto para el valor promedio observado del Certificado blanco para el 2007, como también el valor máximo transado hasta Junio del 2008, los costos unitarios de [\$/kW] reducido es bastante menor que el caso de Brasil.

5.2.1.3 Desacople entre ventas e ingresos de energía

Para este mecanismo, el proceso de adaptación está definido según los resultados obtenidos en el estado de California, para su programa de EE tanto en distribuidoras de gas y electricidad para un periodo de 3 años. Este proceso es fiscalizado por la California Public Utilities Commission (CPUC) a través del programa Energy Efficiency Advisory Group (EEAG)

Este plan propone metas a cada una de las empresas de distribución en el área de gas, energía eléctrica y en reducción de potencia punta. Esto se realiza a través de programas de EE, que son evaluados según su costo-efectividad a través de la calculadora E3 que propone una plataforma base y común para todas las empresas, la cual entrega y mide cada uno de los programas de EE propuestos y entrega el nivel de eficiencia de estos en una lista de méritos para su posterior ejecución.

El financiamiento para estos programas, es a través del “Public Goods Wires Charge”, el cual es un recargo en las cuentas de los consumidores del 1%, dinero que luego es usado por las distribuidoras para realizar los programas de EE, previamente evaluados por la E3.

El gobierno propone las metas de reducción de la demanda punta y consumo de energía para las distribuidoras, dependiendo de la realidad de los clientes que posee, y según la estimación de la línea base de consumo como también de la proyección que se espera que tendrá la distribuidora.

Los resultados obtenidos para el año 2006, en donde comenzó este nuevo esquema de EE, el que se resume en la Tabla 5-9.

Es importante destacar que el cálculo de costo-efectividad lo entrega la herramienta computacional E3, el cual calcula la eficiencia del programa usando como principales índices la medida de kWh salvados y los costos evitados, incluyendo la reducción de la demanda punta.

Tabla 5-9. Resultados en California en el 2006 en EE

Resultados de California año 2006, por plan de EE a través de Revenue Decoupling				
Empresa de distribución	PGE	SCE	SDGE	Total
Consumo de Energía (GWh)	100.163,60	97.155,80	20.140,80	217.460,20
Demanda Máxima de potencia (MW)	23.113,70	22.875,80	4.505,50	50.495,00
Porcentaje de EE en Energía	0,83%	0,95%	1,40%	0,93%
Porcentaje de EE en Potencia	0,78%	0,90%	1,22%	0,88%
Meta de Reducción de Demanda (MW)	180	207	55	442
Reducción de Demanda (MW)	136	138	26	300
Meta de Energía Salvada (GWh)	829	922	281	2032
Energía Salvada (GWh)	752	834	132	1718
Presupuesto a 3 años en EE, todas las energías (M US\$)	\$ 867	\$ 675	\$ 249	\$ 1.791
Gastado en el año en EE, todas las energías (M US\$)	\$ 142	\$ 121	\$ 34	\$ 297
Costo-efectividad en EE en Electricidad (\$/kW)	14,862	13,869	14,860	14,530

Tomando en cuenta los resultados anteriores, se propone realizar una adaptación al mercado chileno y cómo ésta afectará a las distribuidoras chilenas.

Nuevamente se tomaron en cuenta los escenarios básicos, por una parte la representación de los resultados obtenidos en California, el escenario con las metas propuestas por la CNE (caso Chile), y finalmente la evaluación para 65 niveles de EE propuestos, estos escenarios van desde los 0% hasta una meta del 6,5% anual.

El nivel de costo-efectividad utilizado, a diferencia del caso de Brasil, incluye los costos evitados y la reducción de punta, es por esto que el valor es bastante menor. Además, utilizando este valor, se estimó el nivel de costos que deberá incurrir la distribuidora para desarrollar los planes de EE y así cumplir sus metas.

Es importante recordar que el caso de California los fondos son recargados en la cuenta al cliente final, y son administradas por las distribuidoras. Para el caso chileno aun no existe una propuesta de cómo financiar los programas, por lo que son cargados directamente a la distribuidora.

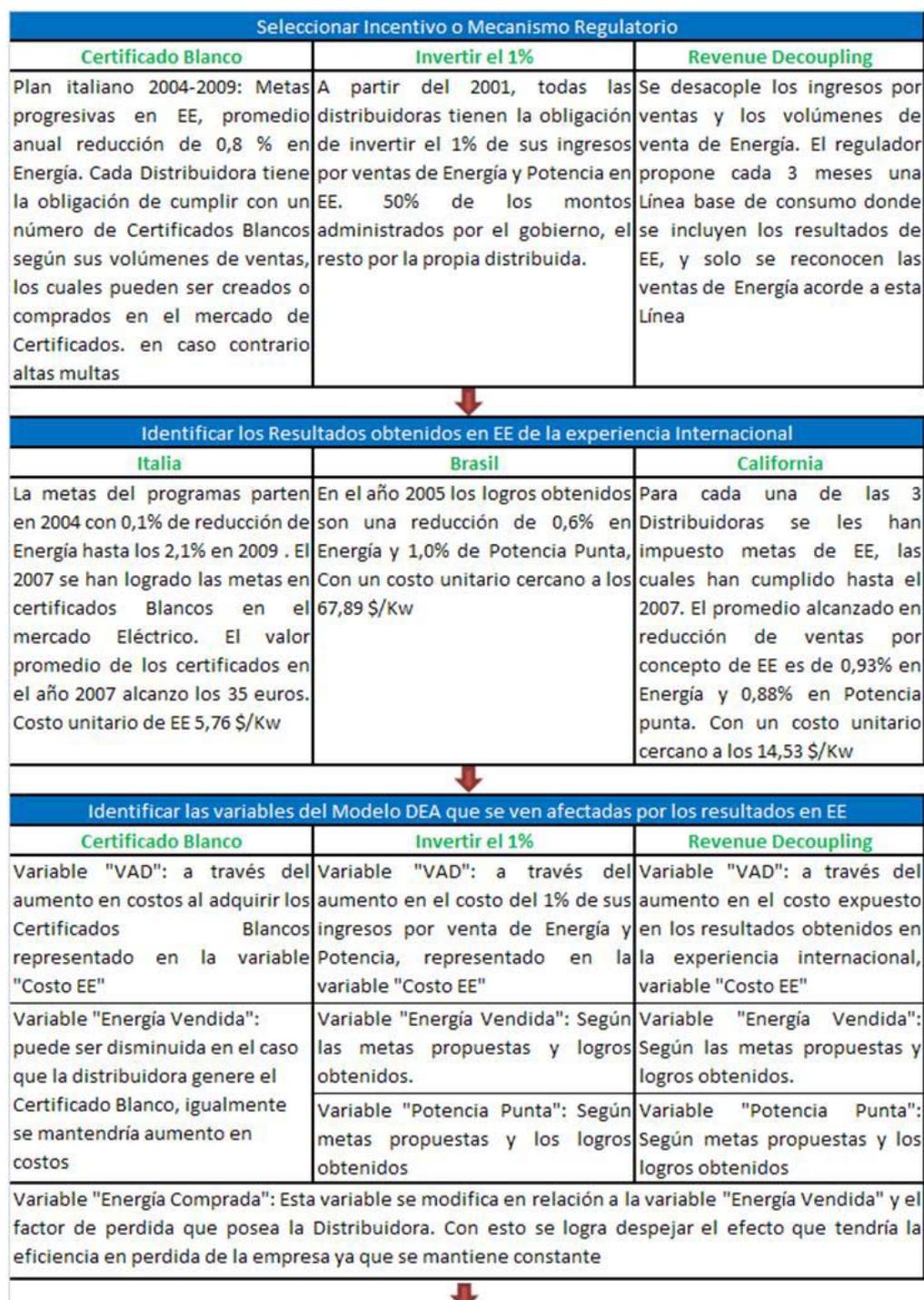
A modo de ejemplo, en la Tabla 5-10 se entrega la adaptación del modelo de California y sus resultados a la realidad del mercado chileno, en particular, en este caso sólo se muestra la distribuidora Chilectra para los escenarios básicos.

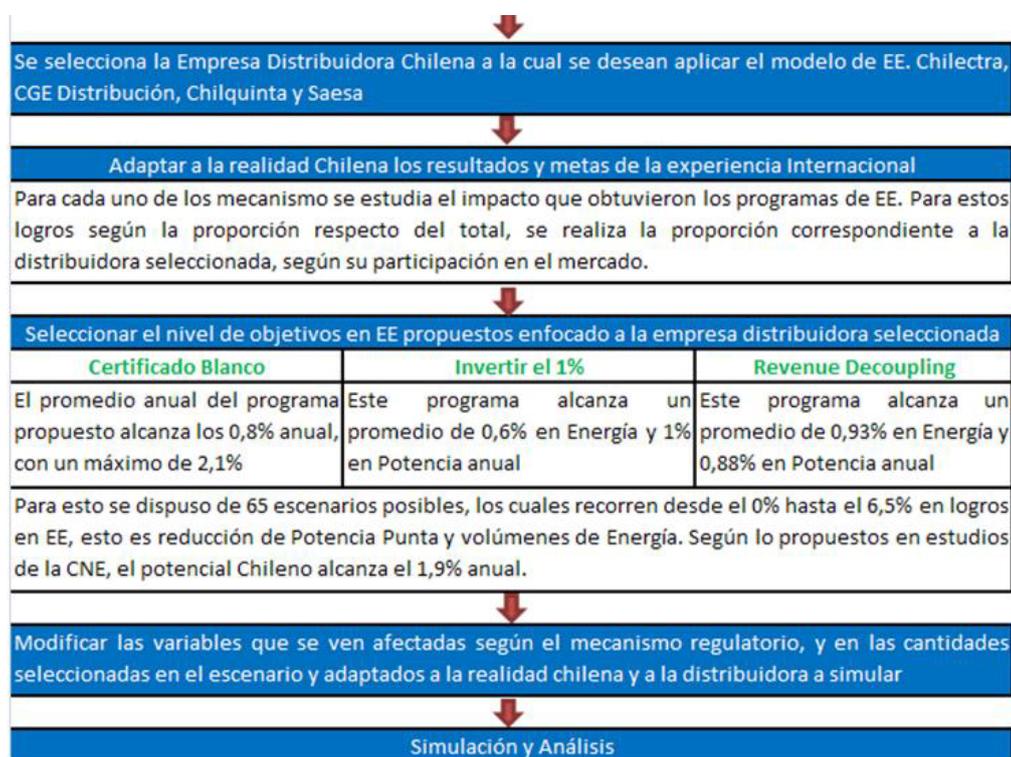
Tabla 5-10. Adaptación del modelo de Desacople al mercado chileno

Adaptación del modelo de California al Mercado Chileno			
	Escenario	California	Chile
Datos Chile	Consumo (GWh)	25.025	25.025
	Energía Economisada por EE (GWh)	234	475
	Porcentaje de EE	0,93%	1,9%
	Demanda Potencia Máxima (MW)	4.968	4.968
	Reducción Dem Potencia Punta (MW)	43	94
	Porcentaje de reducción de punta	0,88%	1,9%
Datos Chilectra	Consumo Chilectra (GWh)	10.039	10.039
	Demanda Máxima Chilectra (MW)	2.047	2.047
	Objetivo Chilectra EE de Energía (GWh)	93,8	190,8
	Objetivo Chilectra EE de Potencia (MW)	17,9	38,9
	Costo para Chilectra (\$)	1.363.112.899	2.771.669.916
	Costo para Chilectra en EE (\$/kW)	14,53	14,53

Es importante destacar que el costo unitario 14,53 [\$/kW], es fijo para todas las distribuidoras y escenarios. Este valor se obtiene del promedio ponderado obtenido de las distribuidoras eléctricas de California para el año 2007.

5.3 Diagrama resumen de la adaptación al mercado chileno





5.4 Herramienta de optimización y resolución del modelo DEA

Para la resolución del modelo DEA se estudió la utilización de diversos paquetes de software disponibles en el mercado, como también la posibilidad de crear una herramienta en Matlab para la resolución del problema.

En la literatura se hace referencia a diversos paquetes computacionales entre los cuales los más destacados son:

- DEA Solver Pro
- Frontier Analyst
- OnFront
- Warwuk DEA
- DEA Excel Solver
- DEAP
- EMS
- Pioneer

De estos paquetes, el más completo es DEA Excel Solver, el cual permite la utilización y análisis del modelo que se configuró en el capítulo 5.1.3. Es decir es posible seleccionar la orientación del modelo, rendimientos a escala variable (VRS), y obligar a que cada una de las variables de entrada deban desplazarse en algún eje hacia la frontera eficiente para lograr el óptimo (uso de ϵ).

Además este programa es un complemento a Excel, lo cual facilita la utilización y modificación de las variables tanto de entrada, como también los resultados de las simulaciones, para su posterior análisis.

Es por esto que se decidió adquirir una licencia estudiantil para utilizar esta herramienta. El contacto fue directamente con su desarrollador Joe Zhu, quien además, facilitó diversos ejemplos, tutoriales y material de apoyo, con el fin de obtener los mejores resultados y comprobar el correcto funcionamiento del programa.

La opción de desarrollar una propia herramienta que resuelva el modelo DEA, fue descartada dado el gran tiempo que requeriría y por otro lado el programa DEA Excel Solver, es ampliamente reconocido por su desempeño y óptimos resultados.

6. RESULTADOS Y ANALISIS DE LA SIMULACION

6.1 Caso Base

En una primera aproximación con el mercado de distribución chileno, se realizó una evaluación base con el fin de identificar la frontera de eficiencia existente en el mercado, antes de aplicar cambios en los mecanismos y variables de las distribuidoras.

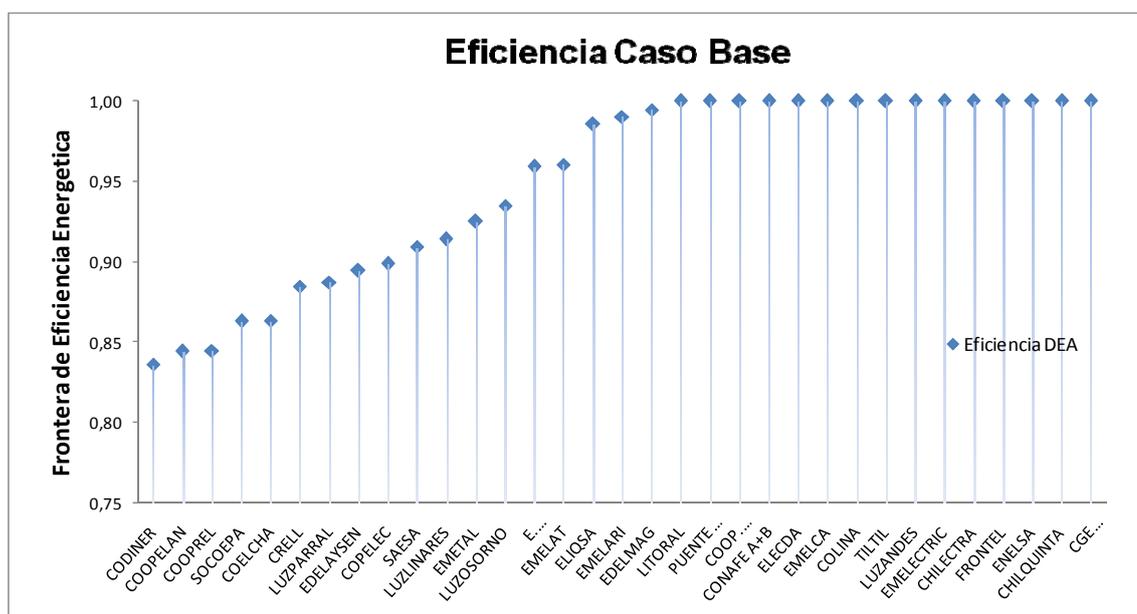


Figura 6-1. Gráfico de la frontera de eficiencia caso Base.

En esta primera simulación se observan 14 empresas eficientes que poseen un nivel de eficiencia 1 y 19 empresas deficientes, es decir que no están en la frontera de eficiencia. El promedio de la muestra es de 95,1% de eficiencia, siendo la empresa menos eficiente Codiner.

Tabla 6-1. Simulación DEA caso Base, Eficiencia y multiplicadores óptimos

Modelo Orientado a Entradas, VRS, Caso Base									
Distribuidora	Eficiencia	Multiplicadores Óptimos							
		E Comprada GWh	KM Línea	Costo	E Vendida GWh	Pot Punta MW	N Clientes	Variable libre	Retornos a escala
EMELARI	0,99022	0,00419	0,00000	0,00000	0,00425	0,00000	0,00000	-0,02745	Decreasing
ELIQSA	0,98537	0,00233	0,00000	0,00000	0,00235	0,00000	0,00000	-0,02191	Decreasing
ELECDA	1,00000	0,00099	0,00010	0,00000	0,00051	0,00154	0,00000	-0,02941	Decreasing
EMELAT	0,96040	0,00178	0,00000	0,00000	0,00151	0,00211	0,00000	-0,00159	Decreasing
CHILQUINTA	1,00000	0,00001	0,00005	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-0,01723	Decreasing
CONAFE A+B	1,00000	0,00060	0,00000	0,00000	0,00000	0,00260	0,00000	-0,04938	Decreasing
EMELCA	1,00000	0,00710	0,00383	0,00000	0,00000	0,00000	0,00008	0,60187	Increasing
LITORAL	1,00000	0,00645	0,00067	0,00000	0,00000	0,00000	0,00002	0,01910	Increasing
CHILECTRA	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00048	0,00000	0,00000	Constant
COLINA	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004	0,19774	Increasing
TILTIL	1,00000	0,00000	0,00462	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99998	Increasing
PUENTE ALTO	1,00000	0,00273	0,00054	0,00000	0,00000	0,00935	0,00002	-0,13221	Decreasing
LUZANDES	1,00000	0,00000	0,00462	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99999	Increasing
EMELECTRIC	1,00000	0,00088	0,00000	0,00000	0,00000	0,00403	0,00000	-0,06520	Decreasing
CGE DISTRIBUCION	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00083	0,00000	0,00000	Constant
COOPELAN	0,84425	0,01630	0,00000	0,00000	0,01690	0,00000	0,00000	0,00311	Increasing
FRONTEL	1,00000	0,00097	0,00000	0,00000	0,00000	0,00399	0,00000	-0,08104	Decreasing
SAESA	0,90916	0,00048	0,00000	0,00000	0,00044	0,00000	0,00000	-0,01132	Decreasing
EDELAYSEN	0,89449	0,00758	0,00000	0,00000	0,00694	0,00548	0,00000	-0,00730	Decreasing
EDELMAG	0,99428	0,00453	0,00000	0,00000	0,00459	0,00000	0,00000	-0,02907	Decreasing
CODINER	0,83613	0,02030	0,00000	0,00000	0,02104	0,00000	0,00000	0,00303	Increasing
E. CASABLANCA	0,95924	0,02247	0,00000	0,00000	0,01941	0,02361	0,00000	-0,02614	Decreasing
COOP. CURICO	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,04362	0,00000	0,16195	Increasing
EMETAL	0,92511	0,01143	0,00000	0,00000	0,01218	0,00000	0,00000	-0,01265	Decreasing
LUZLINARES	0,91396	0,01320	0,00000	0,00000	0,01223	0,00864	0,00000	-0,01356	Decreasing
LUZPARRAL	0,88728	0,02296	0,00000	0,00000	0,02139	0,01412	0,00000	-0,02442	Decreasing
COPELEC	0,89883	0,00957	0,00000	0,00000	0,00970	0,00000	0,00000	-0,05358	Decreasing
COELCHA	0,86326	0,03219	0,00000	0,00000	0,03333	0,00000	0,00000	0,00276	Increasing
SOCOPEA	0,86294	0,04032	0,00000	0,00000	0,04173	0,00000	0,00000	0,00258	Increasing
COOPREL	0,84501	0,03210	0,00000	0,00000	0,03323	0,00000	0,00000	0,00277	Increasing
LUZOSORNO	0,93472	0,00818	0,00000	0,00000	0,00874	0,00000	0,00000	-0,00859	Decreasing
CRELL	0,88451	0,02389	0,00000	0,00000	0,02475	0,00000	0,00000	0,00295	Increasing
ENELSA	1,00000	0,00780	0,00011	0,00000	0,00000	0,05603	0,00002	-0,04828	Decreasing
Promedio	0,95119								
Desv Estandar	0,05876								
Mínimo	0,83613								
Máximo	1,00000								

En particular Chilectra, CGE Distribución y Chilquinta obtiene un 100% de eficiencia, es decir son distribuidoras que componen la frontera o envolvente eficiente del mercado. Por otro lado la empresa Saesa sólo obtiene un índice de 90,916% el cual está bajo el promedio y alejado en el valor de la desviación estándar hacia abajo del promedio.

Los valores de eficiencia obtenidos para las empresas vienen dado por los multiplicadores óptimos. Estos son fijados por el programa con la finalidad de ponderar cada una de las entradas y salidas del modelo, maximizando la función objetivo, y respetando las restricciones impuestas. Estos multiplicadores indican el peso que posee cada una de las variables dentro de la medición de cada empresa.

Por otro lado en la Tabla 6-2 se muestran los Lambdas óptimos para las empresas. Estos corresponden a la proporción con el cual fue comparada de cada una de las empresas respecto de su grupo de referencia. Lo anterior se explica, dado la característica de rendimientos a escala variable.

Las empresas que poseen un lambda 100%, se entiende que no existe una empresa con similares características en la muestra, o bien que su grupo de referencia es la propia empresa.

Tabla 6-2. Simulación caso Base, Grupo de referencia

Modelo orientado a Entradas, VRS, Caso base				
Distribuidora	Grupo de referencia para cada distribuidora			
EMELARI	0,713 LITORAL	0,016 CHILECTRA	0,271 COLINA	
ELIQSA	0,401 LITORAL	0,026 CHILECTRA	0,564 COLINA	0,009 CGE DISTRIBUCION
ELECDA	1,000 ELECDA			
EMELAT	0,476 LITORAL	0,044 CHILECTRA	0,329 LUZANDES	0,151 COOP. CURICO
CHILQUINTA	1,000 CHILQUINTA			
CONAFE A+B	1,000 CONAFE A+B			
EMELCA	1,000 EMELCA			
LITORAL	1,000 LITORAL			
CHILECTRA	1,000 CHILECTRA			
COLINA	1,000 COLINA			
TILTIL	1,000 TILTIL			
PUENTE ALTO	1,000 PUENTE ALTO			
LUZANDES	1,000 LUZANDES			
EMELECTRIC	1,000 EMELECTRIC			
CGE DISTRIBUCION	1,000 CGE DISTRIBUCION			
COPELAN	0,947 COLINA	0,053 LUZANDES		
FRONTEL	1,000 FRONTEL			
SAESA	0,617 CONAFE A+B	0,301 LITORAL	0,049 CHILECTRA	0,033 CGE DISTRIBUCION
EDELAYSÉN	0,003 LITORAL	0,007 CHILECTRA	0,771 COLINA	0,219 LUZANDES
EDELMAG	0,441 LITORAL	0,014 CHILECTRA	0,544 COLINA	
CODINER	0,728 COLINA	0,272 LUZANDES		
E. CASABLANCA	0,068 LITORAL	0,003 CHILECTRA	0,920 LUZANDES	0,009 COOP. CURICO
COOP. CURICO	1,000 COOP. CURICO			
EMETAL	0,002 CHILECTRA	0,998 COLINA		
LUZLINARES	0,115 LITORAL	0,003 CHILECTRA	0,589 COLINA	0,294 LUZANDES
LUZPARRAL	0,107 LITORAL	0,000 CHILECTRA	0,518 COLINA	0,374 LUZANDES
COPELEC	0,519 LITORAL	0,003 CHILECTRA	0,478 COLINA	
COELCHA	0,432 COLINA	0,568 LUZANDES		
SOCOPEA	0,321 COLINA	0,679 LUZANDES		
COOPREL	0,422 COLINA	0,578 LUZANDES		
LUZOSORNO	0,006 CHILECTRA	0,994 COLINA		
CRELL	0,643 COLINA	0,357 LUZANDES		
ENELSA	1,000 ENELSA			

6.2 Obligación de Invertir el 1%

6.2.1 Chilectra

Para la muestra de 33 distribuidoras simuladas en el caso base, se incorporó una nueva empresa con las mismas características de Chilectra, denominada Chilectra EE, a quien se le aplicó el proceso de adaptación de los resultados por el mecanismo en Brasil luego de la aplicación de sus políticas de EE.

Esto se traduce en modificación de las variables de entrada influidas en por las políticas de EE sólo para nueva empresa Chilectra EE, manteniendo todo lo demás constantes. Esto se explica en la siguiente tabla:

Tabla 6-3. Resumen de adaptación de Chilectra EE Caso: Obligación de invertir 1%

Chilectra EE		
Variable	Descripción	Valor
entrada	Km de red	= Km de red_Chilectra
	Energía comprada	= E_Comprada_Chilectra * (1 - % de EE_escenario)
	Costo total	= aVNR_Chilectra + CostExp_Chilectra + 1%*Ingreso por ventas_Chilectra
salida	Energía vendida	= E_Vendida_Chilectra * (1 - % de EE_escenario)
	Potencia max	= Potencia max_Chilectra * (1 - % EE_escenario)
	N° Clientes	= N° Clientes_Chilectra

Al simular cada uno de los escenarios propuestos, resulta interesante ver cómo a medida que el nivel de exigencias en las metas de EE, genera un creciente valor en el índice de eficiencia de la empresa y logra recuperar el valor óptimo, si se logran un 6.1% de EE.

Tabla 6-4 Valores de eficiencia para Chilectra EE. Caso: Obligación de invertir 1%

Escenario	Chilectra EE	Escenario	Chilectra EE	Escenario	Chilectra EE
Brasil	0,97763817	2,0%	0,9831168	4,1%	0,99163466
0,0%	0,97533721	2,1%	0,98351413	4,2%	0,99204958
0,1%	0,97571879	2,2%	0,98391227	4,3%	0,99246538
0,2%	0,97610114	2,3%	0,98431122	4,4%	0,99288205
0,3%	0,97648425	2,4%	0,98471099	4,5%	0,99329958
0,4%	0,97686813	2,5%	0,98511158	4,6%	0,993718
0,5%	0,97725278	2,6%	0,98551299	4,7%	0,99413729
0,6%	0,97763821	2,7%	0,98591523	4,8%	0,99455746
0,7%	0,97802442	2,8%	0,9863183	4,9%	0,99497852
0,8%	0,9784114	2,9%	0,98672219	5,0%	0,99540046
0,9%	0,97879916	3,0%	0,98712692	5,1%	0,99582329
1,0%	0,97918771	3,1%	0,98753248	5,2%	0,99624702
1,1%	0,97957704	3,2%	0,98793889	5,3%	0,99667164
1,2%	0,97996717	3,3%	0,98834613	5,4%	0,99709715
1,3%	0,98035808	3,4%	0,98875422	5,5%	0,99752357
1,4%	0,98074978	3,5%	0,98916315	5,6%	0,99795089
1,5%	0,98114228	3,6%	0,98957293	5,7%	0,99837912
1,6%	0,98153558	3,7%	0,98998356	5,8%	0,99880826
1,7%	0,98192968	3,8%	0,99039505	5,9%	0,99923831
1,8%	0,98232458	3,9%	0,99080739	6,0%	0,99966927
1,9%	0,98272029	4,0%	0,99122059	6,1%	1

La evolución de la pérdida de eficiencia que tendría la empresa Chilectra, partiendo en un valor cercano al 2,5 % de ineficiencia, se explica principalmente dado el incremento en los costos que debería incurrir la empresa para cumplir con la norma del 1% en inversión de EE.

A medida que la reducción en ventas de energía y potencia va en aumento, y a su vez se mantiene constante el aumento en los costos, la empresa Chilectra EE, logra recuperar su desempeño obtenido en el caso base al cumplir un 6,1% en EE. Esto se traduce en un costo unitario de EE cercano a 8,57 [\$/kW]. Valor muy inferior al obtenido en Brasil.

En forma gráfica se puede observar la relación entre los costos unitarios de EE, y el valor del índice de eficiencia que obtiene la empresa.

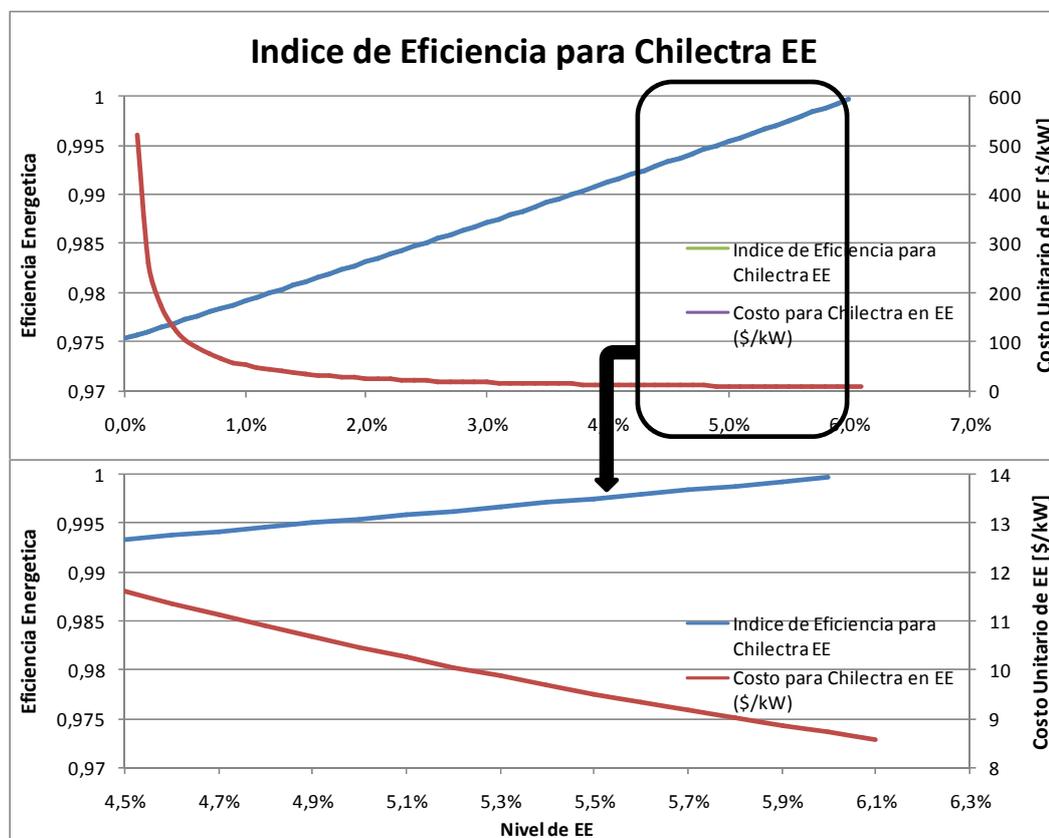


Figura 6-2 Gráfico del índice de eficiencia para Chilectra EE y costo unitario,

Caso: Obligación de invertir el 1%

6.2.2 Chilquinta

Al igual que para la empresa Chilectra, se creó una distribuidora con similares características de Chilquinta del caso base, a la cual se le aplicó la adaptación de los resultados en EE obtenidos en Brasil. Lo que se resume en la siguiente tabla.

Tabla 6-5. Resumen de adaptación de Chilquinta EE. Caso: Obligación de invertir 1%

Chilquinta EE		
Variable	Descripción	Valor
entrada	Km de red	= Km de red_Chilquinta
	Energía comprada	= E_Comprada_Chilquinta * (1 - % de EE_escenario)
	Costo total	= aVNR_Chilquinta + CostExp_Chilquinta + 1%*Ingreso por ventas_Chilquinta
salida	Energía vendida	= E_Vendida_Chilquinta * (1 - % de EE_escenario)
	Potencia max	= Potencia max_Chilquinta * (1 - % EE_escenario)
	N° Clientes	= N° Clientes_Chilquinta

Los resultados de las simulaciones para los distintos escenarios propuestos en la metodología de este trabajo se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 6-6 Valores de eficiencia para Chilquinta EE. Caso: Obligación de invertir 1%

Escenario	Chilquinta EE	Escenario	Chilquinta EE	Escenario	Chilquinta EE
Brasil	0,981655384	1,8%	0,98603014	3,7%	0,993179798
0,0%	0,979507419	1,9%	0,986399533	3,8%	0,99356392
0,1%	0,979863625	2,0%	0,986769679	3,9%	0,993948841
0,2%	0,980220545	2,1%	0,987140582	4,0%	0,994334565
0,3%	0,980578181	2,2%	0,987512243	4,1%	0,994721092
0,4%	0,980936536	2,3%	0,987884665	4,2%	0,995108427
0,5%	0,981295611	2,4%	0,988257851	4,3%	0,995496572
0,6%	0,981655408	2,5%	0,988631802	4,4%	0,995885528
0,7%	0,98201593	2,6%	0,989006521	4,5%	0,996275299
0,8%	0,982377179	2,7%	0,98938201	4,6%	0,996665887
0,9%	0,982739158	2,8%	0,989758272	4,7%	0,997057296
1,0%	0,983101867	2,9%	0,990135309	4,8%	0,997449526
1,1%	0,98346531	3,0%	0,990513124	4,9%	0,997842581
1,2%	0,983829489	3,1%	0,990891718	5,0%	0,998236464
1,3%	0,984194406	3,2%	0,991271095	5,1%	0,998631178
1,4%	0,984560063	3,3%	0,991651256	5,2%	0,999026724
1,5%	0,984926463	3,4%	0,992032205	5,3%	0,999423105
1,6%	0,985293608	3,5%	0,992413943	5,4%	0,999820325
1,7%	0,985661499	3,6%	0,992796473	5,5%	1

Los valores en el índice de eficiencia de Chilquinta EE, reflejan resultados similares a los obtenidos en Chilectra EE. En particular esta empresa se distingue ya que

el aumento en costos provenientes de la obligación del 1%, produce una menor pérdida de eficiencia.

Al comparar los resultados con el caso base, en el peor escenario en donde no se obtienen logros en EE y sólo un aumento en costos, la distribuidora se aleja de la frontera de eficiencia en un valor cercano al 2%. A medida que Chilquinta aumenta las reducciones en venta de potencia y energía, logra recuperar el óptimo en un escenario de 5,5% en EE. Este nivel de eficiencia óptimo se alcanza para un costo unitario de EE cercano a los 12,05 [\$/kW].

En forma gráfica se puede ver la relación entre los crecientes valores de eficiencia obtenidos y cómo decrecen los costos unitarios en EE.

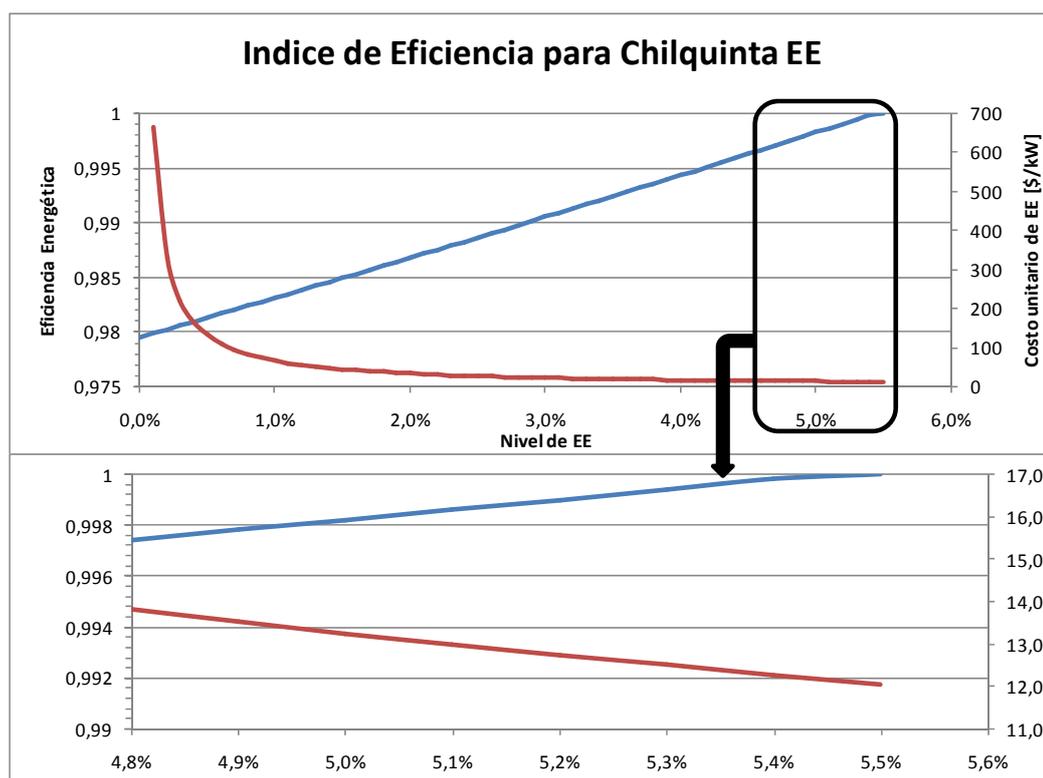


Figura 6-3. Gráfico del índice de eficiencia para Chilquinta EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%.

6.2.3 CGE Distribución

Para la nueva empresa denominada CGE Distribución EE, se aplican los cambios en las variables conforme a la adaptabilidad de los resultados obtenidos en Brasil. Esto se resume en la siguiente tabla.

Tabla 6-7. Resumen de adaptación de CGE Distribución EE, Caso: Obligación de invertir el 1%.

CGE EE		
Variable	Descripción	Valor
entrada	Km de red	= Km de red_CGE
	Energía comprada	= E_Comprada_CGE * (1 - % de EE_escenario)
	Costo total	= aVNR_CGE + CostExp_CGE + 1%*Ingreso por ventas_CGE
salida	Energía vendida	= E_Vendida_CGE * (1 - % de EE_escenario)
	Potencia max	= Potencia max_CGE * (1 - % EE_escenario)
	N° Clientes	= N° Clientes_CGE

Al realizar metas bajas en EE, se obtienen impactos negativos en los niveles de eficiencia de la empresa, distanciándose de la frontera del caso base en un 2,7%.

Los valores registrados en la simulación para cada uno de los escenarios propuestos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6-8 Valores de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Obligación de invertir

1%

Escenario	CGE Distribucion EE	Escenario	CGE Distribucion EE	Escenario	CGE Distribucion EE
Brasil	0,975819704	1,9%	0,981669747	3,9%	0,99097885
0,0%	0,973171043	2,0%	0,982126177	4,0%	0,991454488
0,1%	0,973610282	2,1%	0,98258354	4,1%	0,991931118
0,2%	0,974050402	2,2%	0,983041838	4,2%	0,992408744
0,3%	0,974491406	2,3%	0,983501074	4,3%	0,992887367
0,4%	0,974933294	2,4%	0,983961251	4,4%	0,993366992
0,5%	0,975376072	2,5%	0,984422373	4,5%	0,993847622
0,6%	0,97581974	2,6%	0,984884441	4,6%	0,994329259
0,7%	0,976264302	2,7%	0,985347459	4,7%	0,994811908
0,8%	0,97670976	2,8%	0,98581143	4,8%	0,99529557
0,9%	0,977156117	2,9%	0,986276357	4,9%	0,99578025
1,0%	0,977603376	3,0%	0,986742243	5,0%	0,99626595
1,1%	0,97805154	3,1%	0,98720909	5,1%	0,996752674
1,2%	0,978500611	3,2%	0,987676902	5,2%	0,997240424
1,3%	0,978950593	3,3%	0,988145682	5,3%	0,997729206
1,4%	0,979401487	3,4%	0,988615432	5,4%	0,99821902
1,5%	0,979853296	3,5%	0,989086156	5,5%	0,998709871
1,6%	0,980306024	3,6%	0,989557857	5,6%	0,999201763
1,7%	0,980759674	3,7%	0,990030537	5,7%	0,999694697
1,8%	0,981214247	3,8%	0,990504201	5,8%	1

A medida que aumentan las metas anuales de EE impuestas a la empresa, se observa una tendencia creciente en el valor del índice de eficiencia, esto se explica en parte por la disminución del costo unitario de EE.

Para CGE Distribución sería necesario imponer una reducción del 5,8% en las ventas de energía y potencia, y obtener un costo unitario en sus políticas de EE cercano a los 10,14 [\$/kW] reducido, para retomar el nivel de eficiencia del caso base, o bien volver a pertenecer a la frontera de eficiencia del mercado de distribuidoras de Chile.

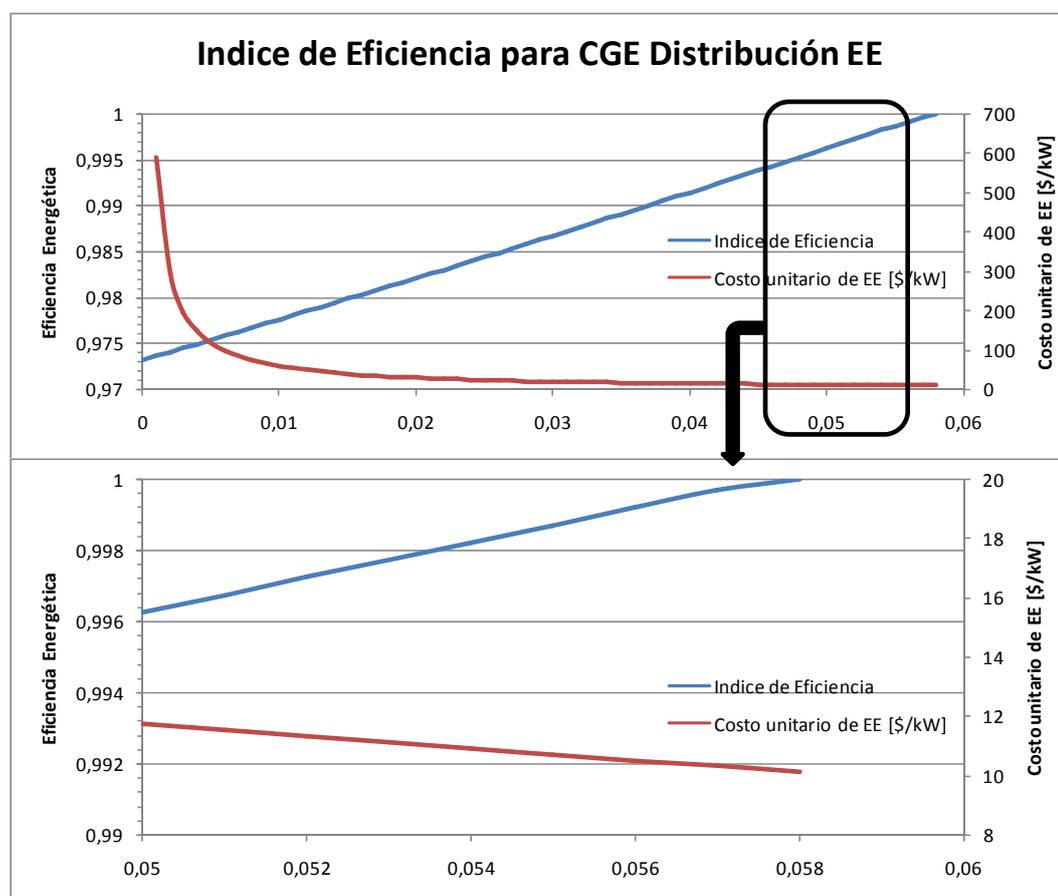


Figura 6-4 Gráfico del índice de eficiencia para CGE Distribución EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%.

6.2.4 Saesa

Para el caso de la distribuida Saesa, independiente a que no pertenece a la frontera de eficiencia, igualmente se aplicó el mismo procedimiento que para el resto de las empresas.

Se adaptaron los resultados obtenidos en Brasil y se simuló el desempeño que tendría la empresa Saesa EE, para cada uno de los escenarios propuestos. Esto se resume en la siguiente tabla.

Tabla 6-9. Valores de eficiencia para Saesa EE. Caso: Obligación de invertir 1%

Escenario	Saesa EE	Escenario	Saesa EE	Escenario	Saesa EE
Brasil	0,902074439	2,0%	0,903835149	4,1%	0,906517972
0,0%	0,901326398	2,1%	0,903961749	4,2%	0,906647023
0,1%	0,901450806	2,2%	0,904088461	4,3%	0,906776194
0,2%	0,901575319	2,3%	0,904215287	4,4%	0,906905487
0,3%	0,90169994	2,4%	0,904342227	4,5%	0,907034901
0,4%	0,901824668	2,5%	0,904469282	4,6%	0,907164437
0,5%	0,901949503	2,6%	0,90459645	4,7%	0,907294095
0,6%	0,902074446	2,7%	0,904723734	4,8%	0,907423876
0,7%	0,902199497	2,8%	0,904851133	4,9%	0,90755378
0,8%	0,902324656	2,9%	0,904978648	5,0%	0,907683808
0,9%	0,902449924	3,0%	0,905106278	5,1%	0,907813959
1,0%	0,902575302	3,1%	0,905234025	5,2%	0,907944234
1,1%	0,902700789	3,2%	0,905361889	5,3%	0,908074634
1,2%	0,902826385	3,3%	0,905489869	5,4%	0,90820516
1,3%	0,902952092	3,4%	0,905617967	5,5%	0,90833581
1,4%	0,903077909	3,5%	0,905746183	5,6%	0,908466587
1,5%	0,903203837	3,6%	0,905874517	5,7%	0,908597489
1,6%	0,903329876	3,7%	0,90600297	5,8%	0,908728518
1,7%	0,903456026	3,8%	0,906131541	5,9%	0,908859675
1,8%	0,903582288	3,9%	0,906260232	6,0%	0,908990958
1,9%	0,903708662	4,0%	0,906389042	6,1%	0,90912237

Es importante destacar que la caída del desempeño que entrega la simulación para el caso de 0% de EE y el aumento en los costos del 1% de sus ingresos, el resultado obtenido es inferior pero sigue siendo cercano al caso base. Esto se explica por la metodología que utiliza el modelo DEA. Al ser Saesa EE, una empresa con una baja eficiencia dentro del universo de la muestra y poseer un gran número de distribuidoras en su grupo de comparación, al modificar la configuración de variables de entradas y salidas, ya sea negativa o positivamente, se produce un impacto menor en la medida del desempeño de la empresa, ya que proporcionalmente el distanciamiento a la frontera de eficiencia es menor.

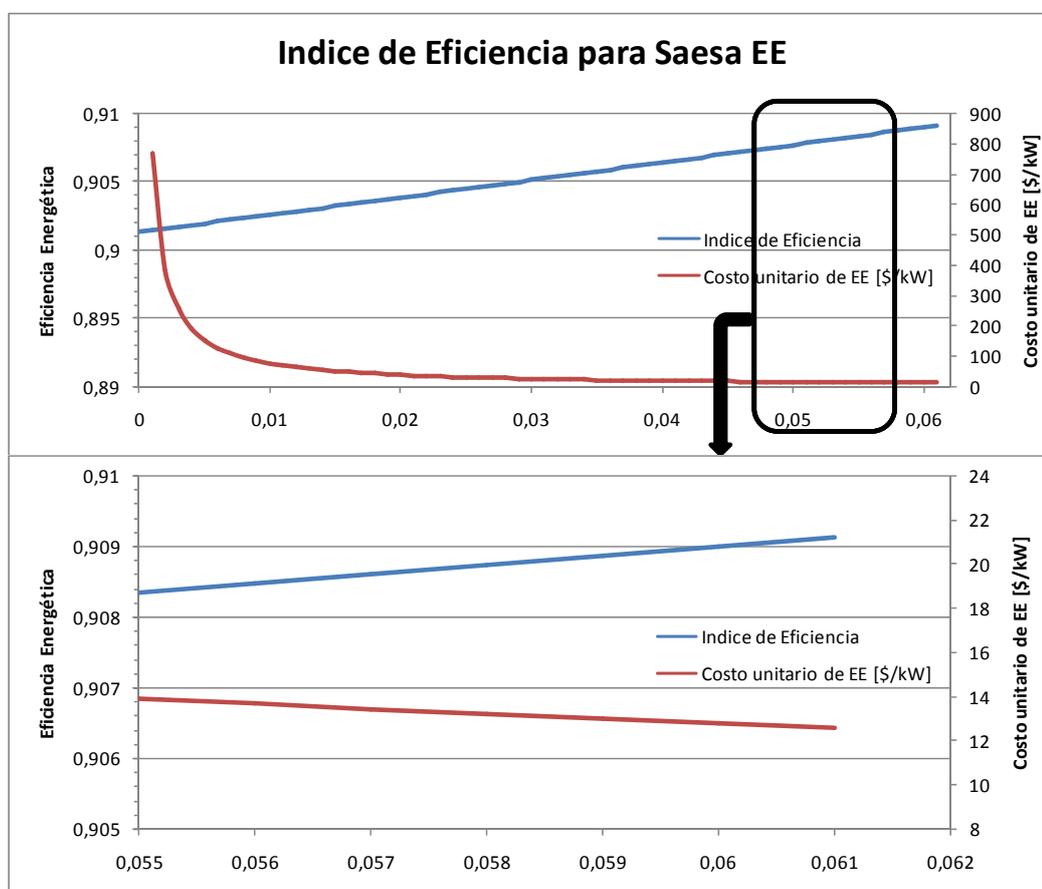


Figura 6-5 Gráfico del índice de eficiencia para Saesa EE y costo unitario, Caso: Obligación de invertir el 1%.

De la Figura 6-5 se puede observar tendencia creciente en el índice de eficiencia energética a medida que el nivel en EE aumenta. Se logra alcanzar el mismo el desempeño del caso base para un costo unitario de EE cercano a los 12,57 \$/kW] y una reducción anual del 6,1% en las ventas de energía y potencia.

6.2.5 Relación entre resultados

Cada una de las distribuidoras simuladas, posee un comportamiento análogo en la evolución del índice de eficiencia energética. Este es creciente a medida que el costo unitario en EE disminuye y las metas en eficiencia energética crecen.

Todas las distribuidoras logran recuperar el desempeño obtenido en el caso base al imponer metas anuales de EE para rangos entre 5,5 y 6,1%, y se cumple con un costo unitario en EE, el que debe disminuir a niveles entre 8,57 y 12,57 [\$/kW].

En la Figura 6-6 se muestra gráficamente la evolución para cada empresa EE los valores del índice de eficiencia obtenidos para diversos escenarios propuestos.

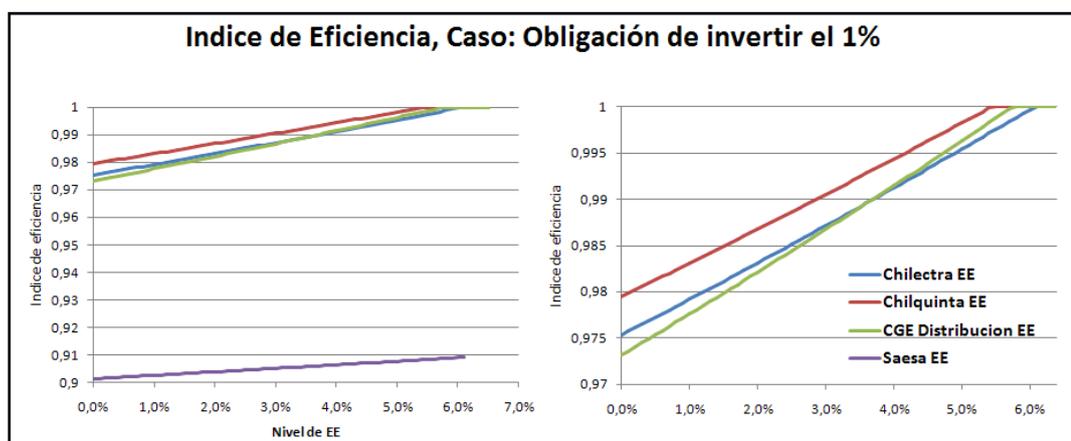


Figura 6-6. Gráfico resumen del índice de Eficiencia. Caso: Obligación de invertir el 1%

De las empresas que conforman la frontera eficiente del caso base, es interesante observar cómo existen diferencias tanto en el distanciamiento inicial con la frontera, como también la velocidad en que recuperan el óptimo.

Por tal motivo, si se establece este mecanismo regulatorio como política para promover la EE, la distribuidora Chilquinta estaría en mejores condiciones para enfrentar la reducción en ventas como también el aumento en los costos.

Chilectra obtiene mejores resultados que CGE Distribución si se imponen bajas metas anuales en EE. Y por otro lado para exigentes metas anuales en EE, CGE Distribución logra invertir los papeles con Chilectra.

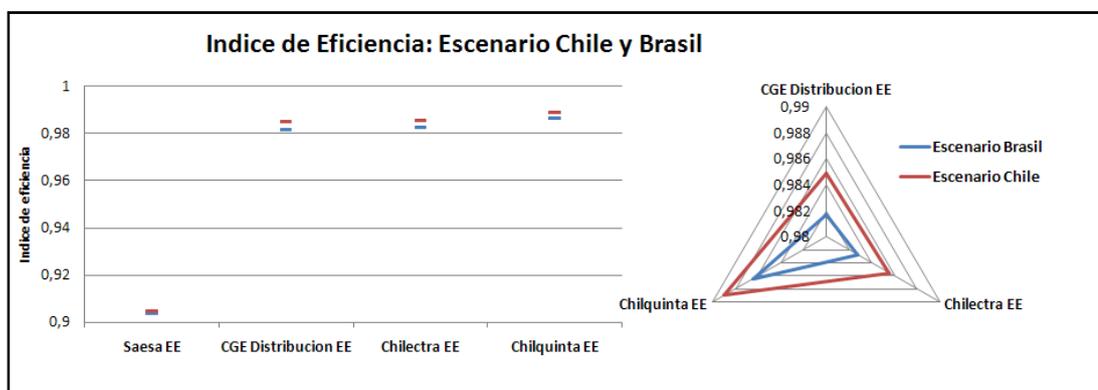


Figura 6-7. Gráfico índice de eficiencia para escenarios de Chile y Brasil. Caso:

Obligación de invertir el 1%

Tanto para el escenario de Brasil como de Chile, en donde se proponen metas acorde a las realidades de los respectivos países, se mantiene la baja de eficiencia en comparación al caso base. Además se observa un mejor desempeño para empresa Chilquinta en ambos escenarios, seguido de Chilectra, CGE Distribución y finalmente Saesa.

De los resultados obtenidos para el mecanismo utilizado en Brasil, se observó que es posible generar los niveles de eficiencia del caso base, pero sólo para excesivas metas de EE.

Tomando en cuenta que en Chile, donde será un mecanismo regulatorio y política país en EE nueva, que se incurre en un fuerte cambio cultural nueva, es esperable que se impongan metas cercanas de reducción del consumo de energía cercanas al 1 o 2% anual. En estos niveles de EE, las distribuidoras verán afectos negativos en sus rendimientos globales como también costos elevados y bajos niveles de EE.

6.3 Certificados Blancos

6.3.1 Chilectra

Los resultados de la adaptación y simulación de cada uno de los escenarios propuestos, en donde se modificó el valor del certificado blanco como también el nivel de EE impuesto para la empresa Chilectra EE. Tanto la adaptación como los resultados de la modelación se resumen en las siguientes tablas

Tabla 6-10 Resumen de adaptación de Chilectra EE, Caso: Certificados blancos

Chilectra EE		
Variable	Descripción	Valor
entrada	Km de red	= Km de red_Chilectra
	Energía comprada	= E_Comprada_Chilectra * (1 - % de EE_escenario)
	Costo total	= aVNR_Chilectra + CostExp_Chilectra + (N° Certificados Blancos * Valor_escenario)
salida	Energía vendida	= E_Vendida_Chilectra * (1 - % de EE_escenario)
	Potencia max	= Potencia max_Chilectra
	N° Clientes	= N° Clientes_Chilectra

Tabla 6-11. Valores de eficiencia para Chilectra EE, Caso: Certificados blanco

Chilectra EE						
Escenario	Valor Certificado Blanco					
	35 €	57 €	70 €	80 €	90 €	100 €
Italia	1	1	0,99933323	0,99787803	0,99642283	0,99496763
0,0%	1	1	1	1	1	1
0,5%	1	1	0,99984379	0,99950289	0,99916198	0,99882108
1,0%	1	1	0,99968601	0,99900076	0,99831551	0,99763025
1,5%	1	1	0,99952663	0,99849353	0,99746044	0,99642734
2,0%	1	1	0,99936562	0,99798113	0,99659665	0,99521216
2,5%	1	1	0,99920297	0,99746348	0,995724	0,99398451
3,0%	1	1	0,99903864	0,9969405	0,99484235	0,99274421
3,5%	1	1	0,99887261	0,99641209	0,99395158	0,99149106
4,0%	1	1	0,99870485	0,99587819	0,99305152	0,99022486
4,5%	1	1	0,99853534	0,99533869	0,99214205	0,9889454
5,0%	1	1	0,99836405	0,99479352	0,991223	0,98765247
5,5%	1	1	0,99819094	0,99424258	0,99029423	0,98634587
6,0%	1	1	0,998016	0,99368579	0,98935558	0,98502537
6,5%	1	1	0,99783919	0,99312304	0,98840689	0,98369075

Destacan los casos en donde el valor de los certificados son de 35 y 57 €, ya que se obtienen índices de eficiencia óptimos para todos los niveles de EE. Esto se produce con un costo unitario cercano a los 5,3 y 8,8 [\$/kW] respectivamente.

Luego, a medida que aumenta al costo de los certificados blancos y las metas en EE, el valor de los índices de eficiencia disminuye, pero siempre manteniéndose cercanos al óptimo.

La evolución y comportamiento de la eficiencia de Chilectra EE, se puede ver en el siguiente gráfica.

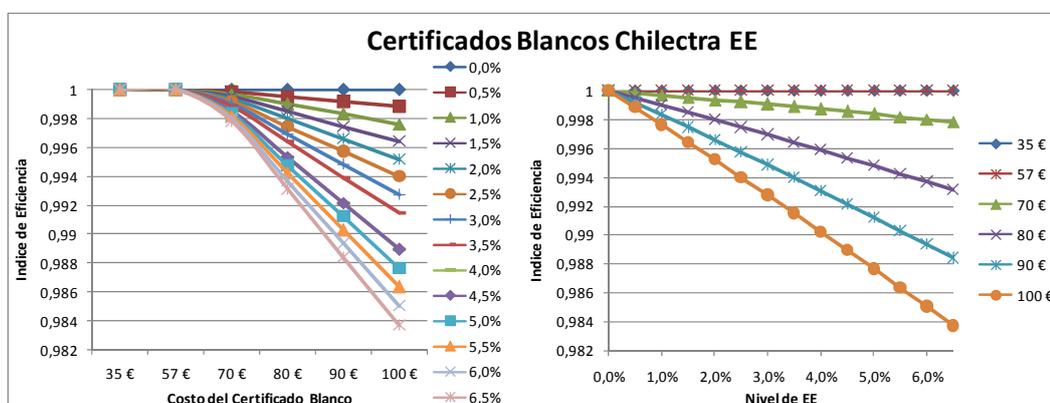


Figura 6-8. Gráfico índice de eficiencia para Chilectra EE. Caso: Certificados blancos

En el peor de los escenarios, en donde se impongan altas metas en EE, y en el mercado dada la alta demanda de certificados blancos se produzca una fuerte alza en el precio de este, la empresa Chilectra EE, se distanciará de la frontera de eficiencia en un 1,8%.

6.3.2 Chilquinta

Los resultados obtenidos para la empresa Chilquinta EE, en cada uno de los escenarios propuestos y para los diferentes valores de los certificados blancos están

resumidos en la Tabla 6-12. El proceso de adaptación es igual al utilizado el caso anterior.

Es importante destacar que si el valor en que se transen los certificados blancos permanece menor a los 57€, la empresa no pierde distancia respecto de la frontera de eficiencia del caso base, independiente del nivel de metas en EE que proponga el regulador.

Por otro lado, para el resto de los valores de los certificados, existe una tendencia a disminuir la eficiencia de la empresa a medida que aumentan las metas de EE. Sin embargo en todos los casos se mantiene una corta brecha hacia el óptimo.

Tabla 6-12. Valores de eficiencia para Chilquinta EE, Caso: Certificados blanco

Chilquinta EE						
Escenario	Valor Certificado Blanco					
	35 €	57 €	70 €	80 €	90 €	100 €
Italia	1	1	0,9998038	0,99872868	0,99765355	0,99657843
0,0%	1	1	1	1	1	1
0,5%	1	1	0,99995403	0,99970217	0,9994503	0,99919844
1,0%	1	1	0,99990761	0,99940133	0,99889506	0,99838878
1,5%	1	1	0,99986071	0,99909744	0,99833417	0,99757091
2,0%	1	1	0,99981333	0,99879045	0,99776757	0,99674469
2,5%	1	1	0,99976547	0,99848031	0,99719515	0,99591
3,0%	1	1	0,99971712	0,99816698	0,99661684	0,9950667
3,5%	1	1	0,99966827	0,9978504	0,99603254	0,99421467
4,0%	1	1	0,99961892	0,99753053	0,99544215	0,99335376
4,5%	1	1	0,99956904	0,99720731	0,99484558	0,99248384
5,0%	1	1	0,99951865	0,99688069	0,99424273	0,99160477
5,5%	1	1	0,99946772	0,99655061	0,9936335	0,9907164
6,0%	1	1	0,99941625	0,99621703	0,9930178	0,98981857
6,5%	1	1	0,99936424	0,99587987	0,99239551	0,98891115

Se puede apreciar cómo la influencia del costo unitario en EE, hace que el desempeño de la empresa se vea afectada negativamente, para valores mayores a 8,8 [\$/kW].

En forma gráfica en la Figura 6-9, se observa cómo es la evolución del índice de eficiencia en comparación al cambio en las metas de EE y en el valor de los certificados.

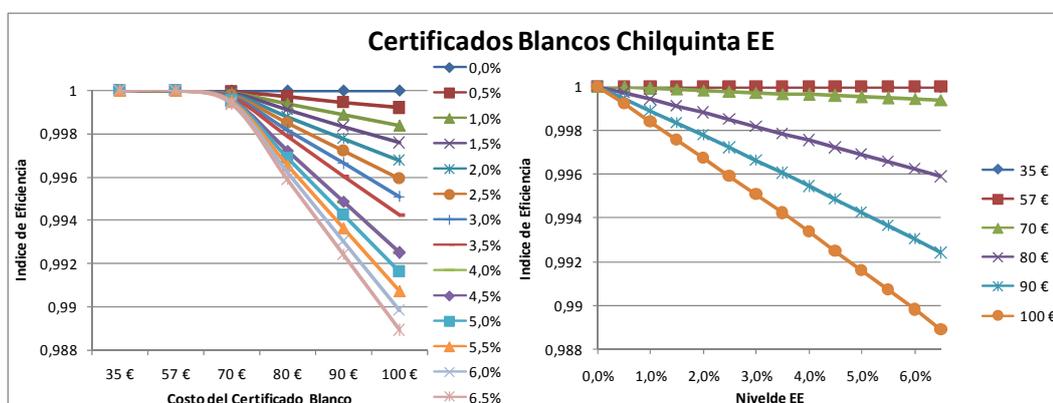


Figura 6-9. Gráfico índice de eficiencia para Chilquinta EE. Caso: Certificados blancos

Al igual que para la empresa Chilectra EE, los resultados siguen el mismo comportamiento, sólo que para Chilquinta EE la reducción en ventas y aumentos en costos afecta en menor proporción. Estando en una mejor posición para enfrentar este incentivo económico.

Finalmente en el peor de los escenarios, la pérdida de eficiencia de la empresa no sobrepasa al 1,1% lo que habla de un mecanismo de bajo impacto en el desempeño pero alto impacto en la EE.

6.3.3 CGE Distribución

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, se adaptaron los resultados de la experiencia internacional en la empresa CGE Distribución EE, con lo cual se obtuvieron los resultados del modelo resumidos en la Tabla 6-13.

Tabla 6-13. Valores de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Certificados blancos

CGE Distribución EE						
Escenario	Valor Certificado Blanco					
	35 €	57 €	70 €	80 €	90 €	100 €
Italia	1	1	0,99947198	0,99796967	0,99646735	0,99496504
0,0%	1	1	1	1	1	1
0,5%	1	1	0,9998763	0,99952436	0,99917242	0,99882047
1,0%	1	1	0,99975135	0,99904391	0,99833647	0,99762903
1,5%	1	1	0,99962514	0,99855859	0,99749205	0,9964255
2,0%	1	1	0,99949764	0,99806832	0,99663901	0,99512189
2,5%	1	1	0,99936883	0,99757303	0,99577722	0,99398141
3,0%	1	1	0,9992387	0,99707263	0,99490655	0,99274047
3,5%	1	1	0,99910722	0,99656704	0,99402686	0,99148668
4,0%	1	1	0,99897438	0,99605619	0,99313801	0,99021982
4,5%	1	1	0,99884015	0,99554	0,99223985	0,98893971
5,0%	1	1	0,9987045	0,99501837	0,99133225	0,98764612
5,5%	1	1	0,99856743	0,99449123	0,99041504	0,98633884
6,0%	1	1	0,9984289	0,99395848	0,98948807	0,98501766
6,5%	1	1	0,99828888	0,99342004	0,9885512	0,98368235

Nuevamente es importante destacar que para valores de los certificados blancos menores a 57€ no se producen cambios en la frontera de eficiencia del mercado, independiente del nivel de metas en EE.

En la Figura 6-10 se muestra en forma gráfica el desarrollo y cambio que se produce en el índice de eficiencia de la empresa a medida que se aumentan las metas en EE como también el aumento en el precio transado para el certificado blanco.

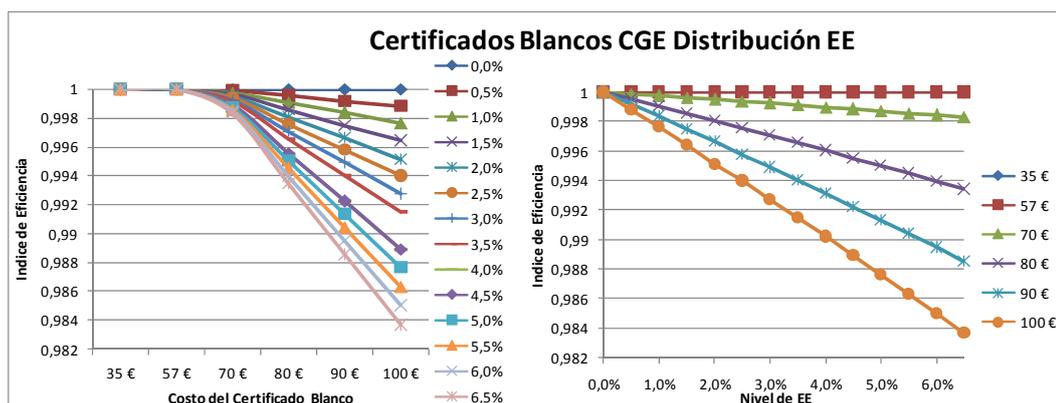


Figura 6-10. Gráfico índice de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Certificados blancos

Es posible observar cómo al imponer exigentes metas de EE, y altos costos en los certificados, el desempeño alcanzado en el peor de los escenarios no decae más de un 1,6% respecto del caso base.

6.3.4 Saesa

Al igual que para el resto de las empresa, se modela la distribuidoras Saesa EE, a quien se aplican los cambios en las variables de entrada y salida acorde a la adaptación de los resultados en Italia.

Estos se resumen en la Tabla 6-14, en donde inmediatamente se destaca un efecto negativo pero leve en el índice de eficiencia de las empresa. Cabe recordar que Saesa en el caso base obtuvo un nivel de eficiencia cercano a los 90,91%.

Tabla 6-14. Valores de eficiencia para Saesa EE, Caso: Certificados blanco

Saesa EE						
Escenario	Valor Certificado Blanco					
	35 €	57 €	70 €	80 €	90 €	100 €
Italia	0,90798304	0,90725371	0,90685084	0,90652142	0,906192	0,90586259
0,0%	0,90915675	0,90915675	0,90915675	0,90915675	0,90915675	0,90915675
0,5%	0,9088773	0,90870365	0,90860773	0,90852929	0,90845086	0,90837243
1,0%	0,90859784	0,90825054	0,9080587	0,90790183	0,90774497	0,9075881
1,5%	0,90831839	0,90779744	0,90750967	0,90727437	0,90703908	0,90680378
2,0%	0,90803893	0,90734433	0,90696064	0,90664691	0,90633318	0,90601945
2,5%	0,90775948	0,90689123	0,90641162	0,90601945	0,90562729	0,90523513
3,0%	0,90748002	0,90643813	0,90586259	0,90539199	0,9049214	0,9044508
3,5%	0,90720057	0,90598502	0,90531356	0,90476453	0,9042155	0,90366648
4,0%	0,90692111	0,90553192	0,90476453	0,90413707	0,90350961	0,90288215
4,5%	0,90664166	0,90507881	0,9042155	0,90350961	0,90280372	0,90209783
5,0%	0,9063622	0,90462571	0,90366648	0,90288215	0,90209783	0,9013135
5,5%	0,90608275	0,9041726	0,90311745	0,90225469	0,90139193	0,90052918
6,0%	0,90580329	0,9037195	0,90256842	0,90162723	0,90068604	0,89974485
6,5%	0,90552384	0,90326639	0,90201939	0,90099977	0,89998015	0,89896052

Para todos los escenarios, a medida que aumenta el precio de los certificados blancos y las metas impuestas, el índice de eficiencia disminuye respecto del caso base.

Sin embargo en el peor de los casos, con un costo por certificado de 100€ y metas en EE cercanas al 6,5%, el desempeño de la empresa es sólo varia en un 1%. Mientras que para los valores 35 y 57€ por certificado, en donde las empresas anteriores han obtenido el óptimo, Saesa presenta un distanciamiento del caso base en un 0,58%. Es decir, prácticamente se mantiene constante.

Gráficamente se puede observar la evolución del índice de eficiencia, para los diferentes escenarios y en todos el comportamiento es similar, pero se mantiene una muy reducida entre cada escenario, ya sea en el aumento de precio del certificado y aumento en las metas de EE.

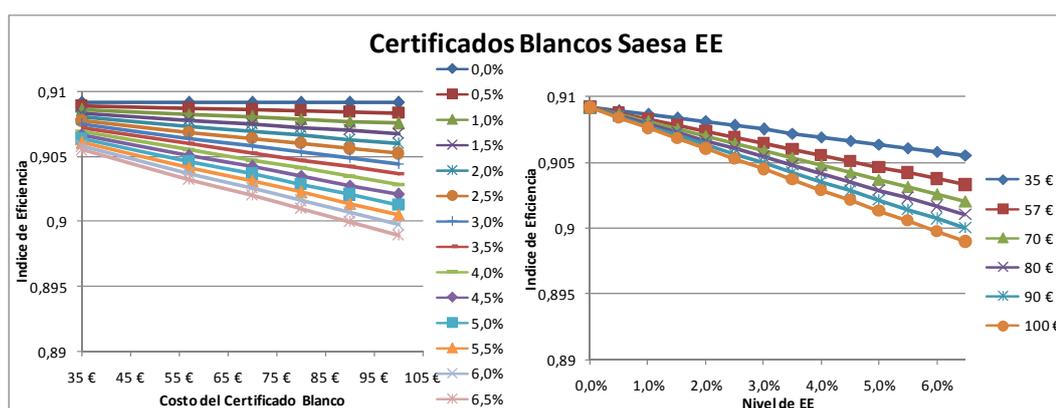


Figura 6-11. Gráfico índice de eficiencia para Saesa EE. Caso: Certificados blancos

6.3.5 Relación entre resultados

Para las empresas del caso base que pertenecen a la frontera óptima, en todos los escenarios en donde el valor del certificado blanco es menor a 57€, mantienen su condición de frontera dentro de la muestra. Esto deja en evidencia que este incentivo financiero independiente de las metas en EE establecidas entre el rango de 0 a 6,5%, no logra afectar el desempeño global de las distribuidoras, siempre que exista un mercado adaptado en la oferta y demanda de los certificados blancos tal como fue recogido de la experiencia en Italia, en donde la bolsa de los certificados blancos tiene 3 años, y para el año 2007 el promedio estuvo en 35€ y el máximo en 57€.

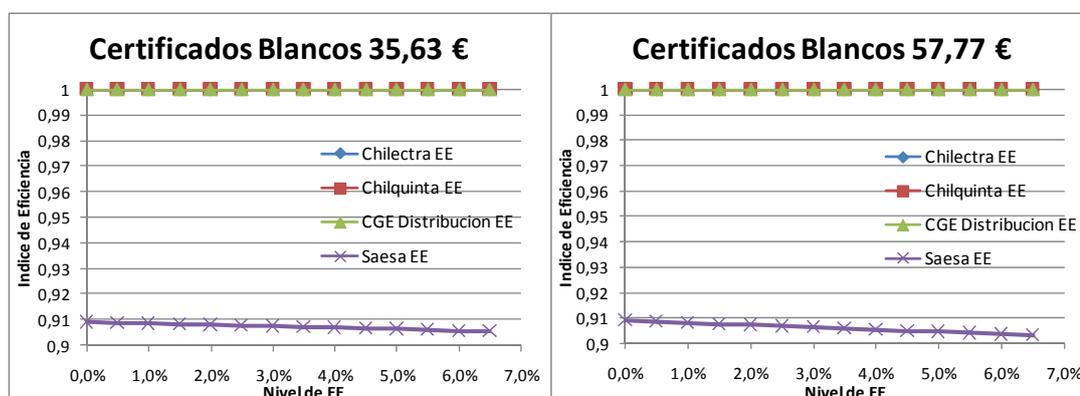


Figura 6-12. Gráfico comparación de resultados. Caso: Certificado blanco 35 y 57€

En un principio, en la etapa de implementación de este nuevo mecanismo regulatorio, probablemente dada la inexperiencia en la industria sobre ejecución y planificación de programas de EE, como tampoco las existencias de las economías de escalas, es probable que el precio del certificado blanco sea mayor que los valores anteriormente vistos.

En estos casos, el modelo estima que las distribuidoras se verán afectadas en el desempeño o bien disminuirán el nivel de eficiencia de la empresa. En particular para el escenario de los certificados transados a 70€, las empresas que en el caso base pertenecían a la frontera de eficiencia, se tiene que Chilquinta EE es quien estaría mejor preparada para enfrentar altos costos en los certificados, seguida de CGE Distribución EE, Chilectra.

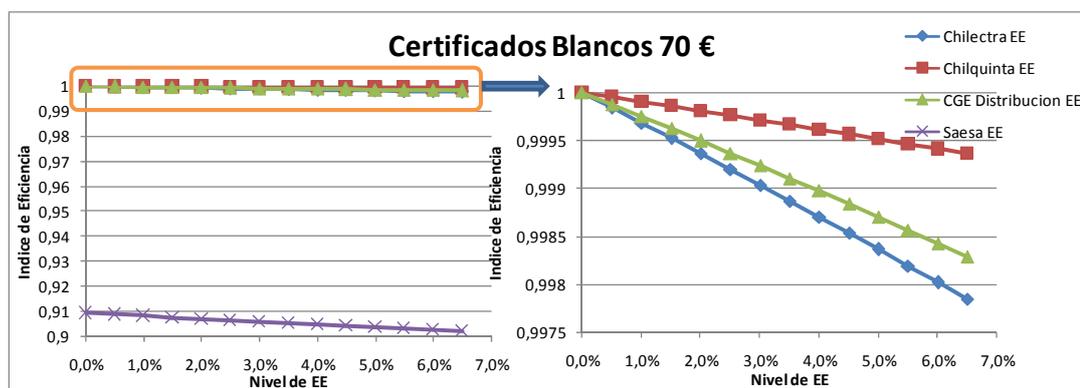


Figura 6-13. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 70€

Si en el mercado sigue aumentando el valor de transacción de los certificados blancos hasta los 80€, se mantiene la tendencia en que distribuidora Chilquinta EE es la menos afectada, pero se produce un claro acercamiento en el desempeño de CGE Distribución y Chilectra EE.

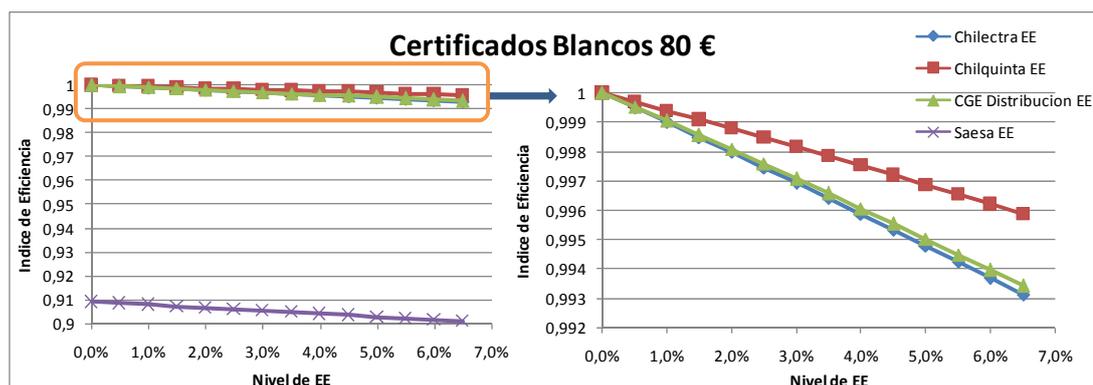


Figura 6-14. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 80€

En este caso, con un precio del certificado blanco en 90€ se mantiene la tendencia de los resultados del caso anterior, pero se estrecha aun más la diferencia entre Chilectra y CGE Distribución EE.

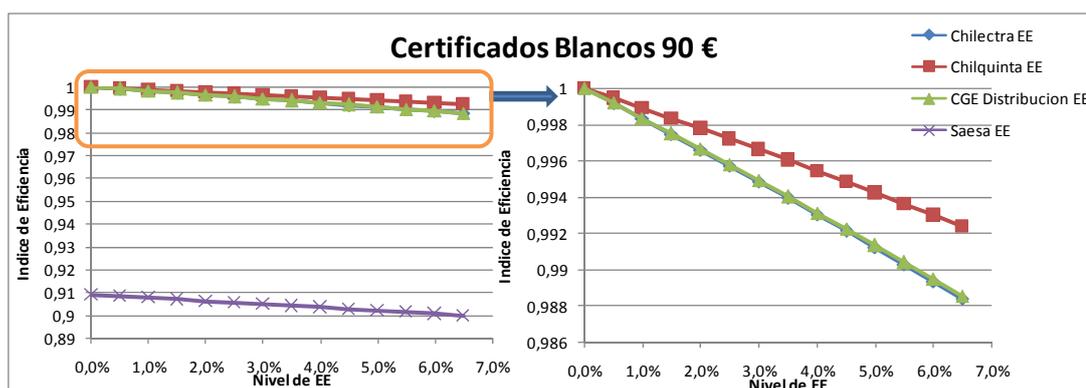


Figura 6-15. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 90€

Finalmente para un precio del certificado blanco de 100€, el desempeño de Chilectra EE y CGE Distribución EE, prácticamente no se diferencian.

Es importante destacar que tanto para el escenario extremo de un precio cercano a los 100€ por certificado blanco, el índice de eficiencia para cada una de las empresas distribuidoras se distanciaron de lo obtenido en el caso base en un bajo porcentaje, todos alrededor de un 1 a 1,6% para una exigente meta en EE de 6,5%, valores que son altamente improbables dado la realidad del mercado chileno.

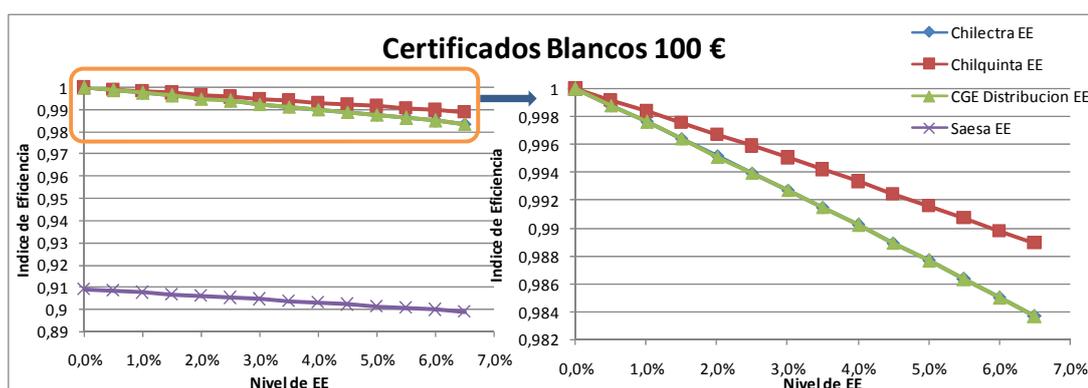


Figura 6-16. Gráfico comparación de resultados, Caso: Certificado blanco a 100€

Por otro lado, para la distribuidora Saesa EE, los resultados obtenidos en comparación con el resto de las empresas, obtuvo índices de eficiencia menores a los del caso base. Sin embargo proporcionalmente el impacto negativo fue menor en comparación con el resto de las distribuidoras de la muestra.

6.4 Desacople entre Ventas e Ingresos

6.4.1 Chilectra

Tomando en cuenta los resultados observados en California y la adaptación que se realizó al mercado chileno de distribución, y en particular para el caso de Chilectra EE, se obtuvo los siguientes índices de eficiencias para cada uno de los escenarios propuestos.

Tabla 6-15. Resumen de adaptación de Chilectra EE, Caso: Desacople

Chilectra EE		
Variable	Descripción	Valor
entrada	Km de red	= Km de red_Chilectra
	Energía comprada	= E_Comprada_Chilectra * (1 - % de EE_escenario)
	Costo total	= aVNR_Chilectra + CostExp_Chilectra + (14,53[\$/kW]*Energía_escenario_EE [kW])
salida	Energía vendida	= E_Vendida_Chilectra * (1 - % de EE_escenario)
	Potencia max	= Potencia max_Chilectra * (1 - % EE_escenario)
	N° Clientes	= N° Clientes_Chilectra

Tabla 6-16. Valores de eficiencia para Chilectra EE. Caso: Desacople

Escenario	Chilectra EE	Escenario	Chilectra EE	Escenario	Chilectra EE
California	0,99736119	2,0%	0,9942906	4,1%	0,98803947
0,0%	1	2,1%	0,993999	4,2%	0,98773497
0,1%	0,99971996	2,2%	0,99370682	4,3%	0,98742982
0,2%	0,99943936	2,3%	0,99341403	4,4%	0,98712404
0,3%	0,99915819	2,4%	0,99312064	4,5%	0,98681762
0,4%	0,99887646	2,5%	0,99282665	4,6%	0,98651056
0,5%	0,99859416	2,6%	0,99253206	4,7%	0,98620285
0,6%	0,9983113	2,7%	0,99223686	4,8%	0,98589449
0,7%	0,99802786	2,8%	0,99194106	4,9%	0,98558549
0,8%	0,99774386	2,9%	0,99164465	5,0%	0,98527584
0,9%	0,99745928	3,0%	0,99134762	5,1%	0,98496553
1,0%	0,99717413	3,1%	0,99104998	5,2%	0,98465457
1,1%	0,9968884	3,2%	0,99075173	5,3%	0,98434295
1,2%	0,99660209	3,3%	0,99045286	5,4%	0,98403068
1,3%	0,9963152	3,4%	0,99015337	5,5%	0,98371774
1,4%	0,99602773	3,5%	0,98985327	5,6%	0,98340414
1,5%	0,99573968	3,6%	0,98955254	5,7%	0,98308988
1,6%	0,99545104	3,7%	0,98925118	5,8%	0,98277495
1,7%	0,99516181	3,8%	0,9889492	5,9%	0,98245935
1,8%	0,994872	3,9%	0,98864659	6,0%	0,98214307
1,9%	0,99458159	4,0%	0,98834335	6,1%	0,98182613

Los valores del índice de eficiencia que alcanza Chilectra EE, comienza en el óptimo y luego comienza a distanciarse de la frontera, hasta alcanzar cerca de un 98% de eficiencia para un nivel de EE impuesto de 6,1%.

Esto se explica, ya que el mecanismo de desacople y el aumento en costo que incurre la distribuidora está dado según el nivel de EE que ésta realice. De esta

forma, el costo unitario asociado de la experiencia internacional es constante para todas las distribuidoras y fijado en 14,53 [\$/kW].

A medida que la empresa cumple con metas más exigentes en EE, crece proporcionalmente el costo incurrido, lo que se traduce en una disminución en la eficiencia de la empresa.

6.4.2 Chilquinta

Para la empresa Chilquinta EE, se realiza el mismo procedimiento que en el caso anterior, y el modelo entrega los siguientes resultados en el índice de eficiencia para los escenarios propuestos.

Tabla 6-17. Valores de eficiencia para Chilquinta EE. Caso: Desacople

Escenario	Chilquinta EE	Escenario	Chilquinta EE	Escenario	Chilquinta EE
California	0,99931224	2,0%	0,998511951	4,1%	0,996882733
0,0%	1	2,1%	0,998435953	4,2%	0,996803371
0,1%	0,999927012	2,2%	0,9983598	4,3%	0,996723842
0,2%	0,999853878	2,3%	0,998283492	4,4%	0,996644148
0,3%	0,999780597	2,4%	0,998207026	4,5%	0,996564286
0,4%	0,999707169	2,5%	0,998130405	4,6%	0,996484257
0,5%	0,999633593	2,6%	0,998053625	4,7%	0,996404061
0,6%	0,99955987	2,7%	0,997976689	4,8%	0,996323695
0,7%	0,999485998	2,8%	0,997899594	4,9%	0,996243161
0,8%	0,999411977	2,9%	0,997822234	5,0%	0,996162458
0,9%	0,999337807	3,0%	0,997744927	5,1%	0,996081584
1,0%	0,999263487	3,1%	0,997667354	5,2%	0,99600054
1,1%	0,999189017	3,2%	0,997589621	5,3%	0,995919325
1,2%	0,999114396	3,3%	0,997511727	5,4%	0,995837939
1,3%	0,999039624	3,4%	0,997433673	5,5%	0,99575638
1,4%	0,998964701	3,5%	0,997355456	5,6%	0,995674648
1,5%	0,998889626	3,6%	0,997277077	5,7%	0,995592743
1,6%	0,998814398	3,7%	0,997198536	5,8%	0,995510664
1,7%	0,998739017	3,8%	0,997119831	5,9%	0,995428411
1,8%	0,998663482	3,9%	0,997040963	6,0%	0,995345983
1,9%	0,998587794	4,0%	0,996961931		

En este caso, se mantiene la tendencia decreciente de la eficiencia de la empresa a medida que aumenta el nivel de exigencias en EE. Es importante destacar que Chilquinta EE, presenta resultados más cercanos al valor obtenido en el caso base. En particular en el peor escenario, se logra distanciarse de la frontera de eficiencia en un 0.5%.

6.4.3 CGE Distribución

Nuevamente se realizan los cambios en las variables de la empresa CGE Distribución EE, acorde a los resultados observados en California, debido a sus políticas y mecanismos de regulación en EE. Los resultados entregados por el modelo, están resumidos en la Tabla 6-18.

Tabla 6-18. Valores de eficiencia para CGE Distribución EE. Caso: Desacople

Escenario	CGE Distribucion EE	Escenario	CGE Distribucion EE	Escenario	CGE Distribucion EE
California	0,998141707	2,0%	0,995979355	4,1%	0,991577238
0,0%	1	2,1%	0,995774012	4,2%	0,9913628
0,1%	0,99980279	2,2%	0,995568248	4,3%	0,991147915
0,2%	0,999605185	2,3%	0,995362064	4,4%	0,99093258
0,3%	0,999407184	2,4%	0,995155458	4,5%	0,990716795
0,4%	0,999208785	2,5%	0,994948427	4,6%	0,990500557
0,5%	0,999009988	2,6%	0,994740972	4,7%	0,990283865
0,6%	0,99881079	2,7%	0,99453309	4,8%	0,990066718
0,7%	0,998611192	2,8%	0,994324781	4,9%	0,989849115
0,8%	0,998411191	2,9%	0,994116043	5,0%	0,989631054
0,9%	0,998210787	3,0%	0,993906874	5,1%	0,989412533
1,0%	0,998009978	3,1%	0,993697274	5,2%	0,989193552
1,1%	0,997808763	3,2%	0,993487241	5,3%	0,988974108
1,2%	0,997607141	3,3%	0,993276774	5,4%	0,9887542
1,3%	0,997405111	3,4%	0,993065871	5,5%	0,988533827
1,4%	0,99720267	3,5%	0,992854531	5,6%	0,988312987
1,5%	0,996999819	3,6%	0,992642753	5,7%	0,988091679
1,6%	0,996796556	3,7%	0,992430534	5,8%	0,987869901
1,7%	0,996592879	3,8%	0,992217875	5,9%	0,987647652
1,8%	0,996388787	3,9%	0,992004774	6,0%	0,98742493
1,9%	0,99618428	4,0%	0,991791228		

Estos valores en los índices de eficiencia muestran una tendencia similar a la observada en las otras empresas eficientes en el caso base. Este se inicia en el óptimo

y a medida que aumentan las metas en EE, se produce un efecto negativo en el desempeño de la empresa.

Es importante destacar que un escenario en donde el regulador proponga una altísima meta anual en EE cercano al 6%, CGE Distribución EE, sólo se distancia de la frontera eficiente en un 1,3%.

6.4.4 Saesa

Finalmente para la distribuidora que resultó ineficiente en el caso base Saesa EE, se le aplica la adaptación de los resultados de la experiencia internacional y con esto se obtienen los siguientes valores para el índice de eficiencia.

Tabla 6-19. Valores de eficiencia para Saesa EE. Caso: Desacople

Escenario	Saesa EE	Escenario	Saesa EE	Escenario	Saesa EE
California	0,908940923	2,1%	0,908682571	4,3%	0,908229293
0,0%	0,909156754	2,2%	0,90866098	4,4%	0,908209796
0,1%	0,909133293	2,3%	0,908639482	4,5%	0,908190397
0,2%	0,909109919	2,4%	0,908618076	4,6%	0,908171097
0,3%	0,909086631	2,5%	0,908596762	4,7%	0,908151896
0,4%	0,90906343	2,6%	0,908575542	4,8%	0,908132794
0,5%	0,909040316	2,7%	0,908554414	4,9%	0,908113793
0,6%	0,90901729	2,8%	0,908533381	5,0%	0,908094891
0,7%	0,908994351	2,9%	0,908512441	5,1%	0,90807609
0,8%	0,908971501	3,0%	0,908491595	5,2%	0,90805739
0,9%	0,908948738	3,1%	0,908470843	5,3%	0,908038791
1,0%	0,908926065	3,2%	0,908450186	5,4%	0,908020293
1,1%	0,908903479	3,3%	0,908429624	5,5%	0,908001897
1,2%	0,908880983	3,4%	0,908409158	5,6%	0,907983604
1,3%	0,908858577	3,5%	0,908388786	5,7%	0,907965412
1,4%	0,90883626	3,6%	0,908368511	5,8%	0,907947323
1,5%	0,908814032	3,7%	0,908348332	5,9%	0,907929338
1,6%	0,908791895	3,8%	0,908328249	6,0%	0,907911455
1,7%	0,908769848	3,9%	0,908308263	6,1%	0,907893677
1,8%	0,908747892	4,0%	0,908288375	6,2%	0,907876002
1,9%	0,908726027	4,1%	0,908268583	6,3%	0,907858432
2,0%	0,908704253	4,2%	0,908248889	6,4%	0,907840966

La tendencia sigue siendo decreciente a partir del valor obtenido en el caso base, en la medida que se aumentan las metas en EE. Sin embargo es sorprendente cómo el cambio en el índice de eficiencia en el peor escenario sólo se distancia del valor inicial en un 0.13%, es decir se mantiene prácticamente constante.

Esto se entiende dado el bajo costo unitario en EE (14,53 [\$/kW]), y la metodología de comparación del modelo DEA, en donde es posible que la nueva configuración en las variables de entrada y salida permite un leve distanciamiento en general hacia la frontera de eficiencia generando un pequeño castigado por cambio de posición.

6.4.5 Relación entre resultados

En resumen para el caso del mecanismo regulatorio por desacople entre volúmenes de energía e ingresos por ventas, se obtienen resultados positivos para niveles de exigencias en EE bajos, o bien cercanos al 2% anual.

El comportamiento del índice de eficiencia modelado según el nivel de objetivos en EE propuestos, se puede ver gráficamente en la Figura 6-17.

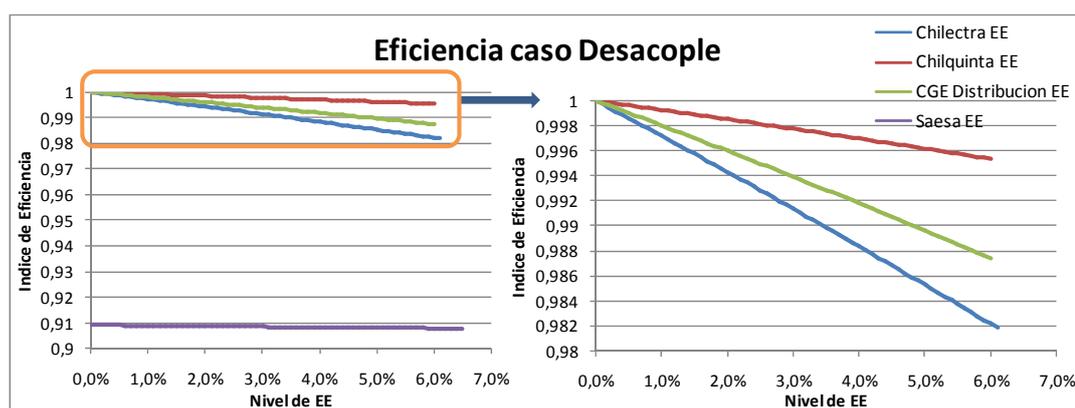


Figura 6-17. Gráfico comparación de resultados. Caso: Desacople.

De las distribuidoras estudiadas, nuevamente la empresa Chilquinta EE, presenta las mejores condiciones para enfrentar una política de desacople en conjunto

con metas de EE. Esta es seguida por la empresa CGE Distribución EE y luego Chilectra EE, la que presenta proporcionalmente el mayor distanciamiento hacia la frontera en todos los escenarios propuestos.

Una tendencia compartida para todas las empresas es un creciente distanciamiento a medida que el nivel anual de EE se incrementa.

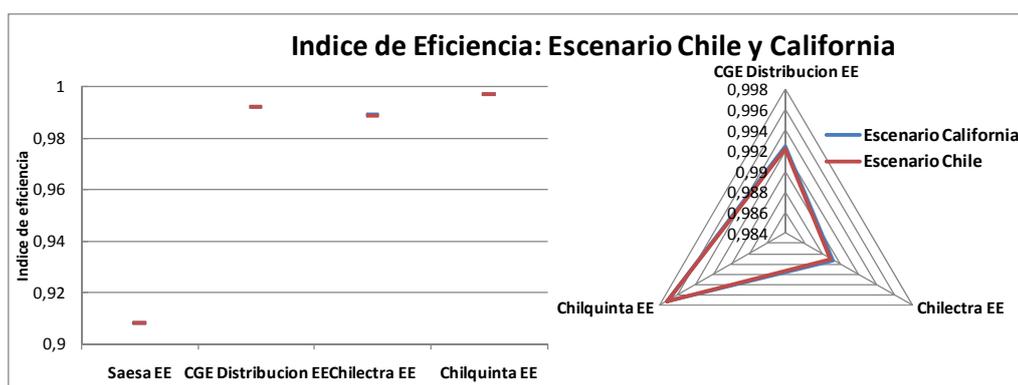


Figura 6-18. Gráfico comparativo entre escenarios Chile y California. Caso: Desacople

Es importante destacar que en el escenario denominado California, el que representa fielmente los resultados obtenidos en el año 2007 precisamente en California, como también el caso Chile, el valor de eficiencia que alcanzan las distribuidoras están cercanos al óptimo. Esto entrega una señal en que las metas relativamente adecuadas para la realidad chilena, este mecanismo entrega desempeños correctos para las distribuidoras.

6.5 Comparación de resultados sobre mecanismos de regulación

A modo de resumen se presentan en forma gráfica los resultados obtenidos a partir del modelo DEA, sobre el valor del índice de eficiencia energética para cada una de las empresas de distribución estudiadas, tomado en cuenta todos los escenarios simulados.

Partiendo por la empresa Chilectra EE, la cual obtuvo resultados óptimos en un esquema de certificados blancos, siempre que el precio transado del certificado sea menor que 57€ e independiente de la meta en EE propuesta por el regulador.

Respecto de los otros mecanismos, se observan mejores desempeños dependiendo de los objetivos en EE. Por ejemplo el desacople entre las ventas de los ingresos por ventas, responderá en forma más eficiente para niveles de EE inferiores a 3,6%. Mientras que para metas superiores en EE el mecanismo que obliga a invertir el 1%, obtendrá un mejor resultado.

Es importante mencionar que para todos los casos simulados de certificados blancos obtienen mejores resultados que el resto de los mecanismos para metas inferiores a 4%, independiente del precio de los certificados. El resto de los cruces entre la obligación de invertir el 1% con los diferentes escenarios de certificados blancos, se producen aproximadamente en 4,5%, 5% y 5,8% para 90, 80 y 70€ respectivamente.

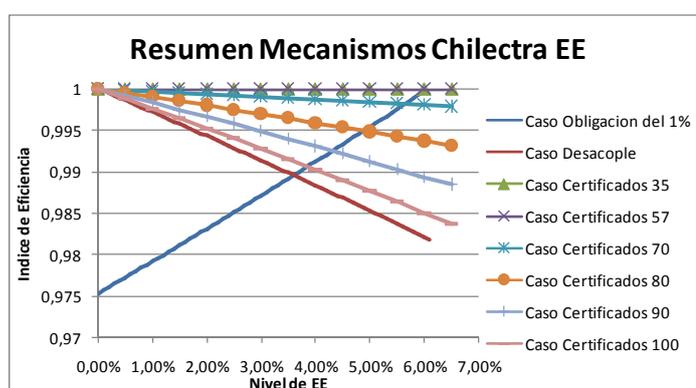


Figura 6-19. Resumen de eficiencia de mecanismos para Chilectra EE

Para la empresa Chilquinta EE, respecto de los certificados blancos con precios menores a 57€, obtienen siempre el mejor desempeño en comparación con el resto de los mecanismos.

Sin embargo el desacople obtiene mejores resultados siempre que los certificados tengan precios mayores que 90€. Además para niveles de EE menores que

4,6% se obtendrán índices de eficiencia superiores que los logrados por el mecanismo de Brasil.

La obligación de invertir el 1%, será un mejor mecanismo que el desacople mientras se cumpla que el nivel de metas sean mayores al 4,6% anual. Además tendrá índices de eficiencia superiores a partir de los cruces con los certificados blancos, los que ocurren aproximadamente para niveles de EE 3,8%, 4% y 4,5%, y con precios de 100, 90, 80€ respectivamente.

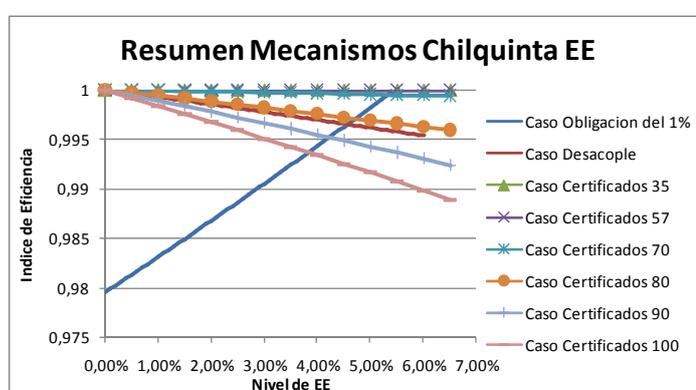


Figura 6-20. Resumen de eficiencia de los mecanismos para Chilquinta EE

La empresa CGE Distribución EE, también obtiene resultados óptimos para todos los niveles de EE, si los certificados blancos se mantienen en un precio menor a 57€.

El desacople es siempre superior al certificado blanco en un precio de 100€. Además mientras los niveles de EE sean menores a 4,1% será superior en desempeño que obligar a invertir el 1%.

El mecanismo de Brasil, será eficientemente superior a los certificados blancos para niveles de EE superiores a un 5% y 5,5% en donde el precios sea 80 y 70€ respectivamente. Finalmente es recomendable utilizar este esquema en comparación al desacople siempre que las exigencias en EE sean mayores a 4,6 % anual.

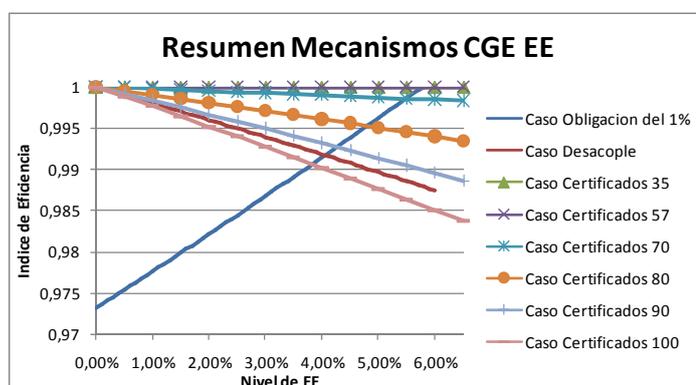


Figura 6-21. Resumen de eficiencia de mecanismos para CGE Distribución EE

Para Saesa EE se produce un fenómeno diferente al observado en las otras distribuidoras. Los certificados blancos sólo serán eficientes aproximadamente para niveles de EE menores a 1% anual.

El mecanismo desacople entrega índices de eficiencia superiores que el resto de los mecanismos siempre que se establezcan metas de EE entre el 1% y los 5,4%, ya que posteriores a este valor la obligación de invertir el 1% obtiene mejores resultados.

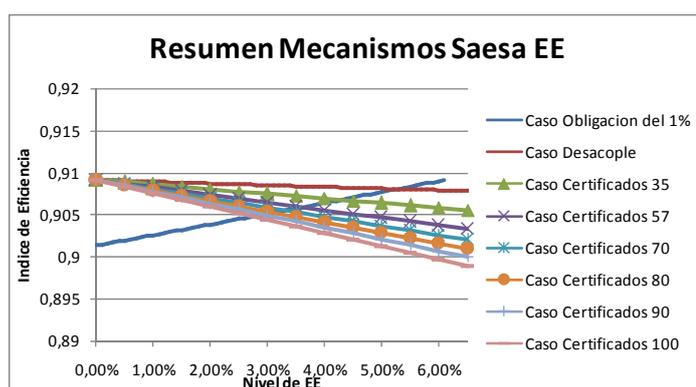


Figura 6-22. Resumen de eficiencia de mecanismos para Saesa EE

Es muy importante tener en cuenta que los resultados de Saesa EE para los mecanismos de certificados blancos y la obligación de invertir el 1%, están muy cercanos entre sí, para niveles EE bajos. Por tal motivo los valores en los índices de eficiencia son muy similares que además es la variable que establece el criterio para seleccionar los mecanismos más indicados, se determinó aceptar estos dos mecanismos como soluciones óptimas.

Ahora para los escenarios propuestos, tales como Italia para todos los precios, Brasil y California, se obtuvieron los siguientes resultados graficados en la Figura 6-23

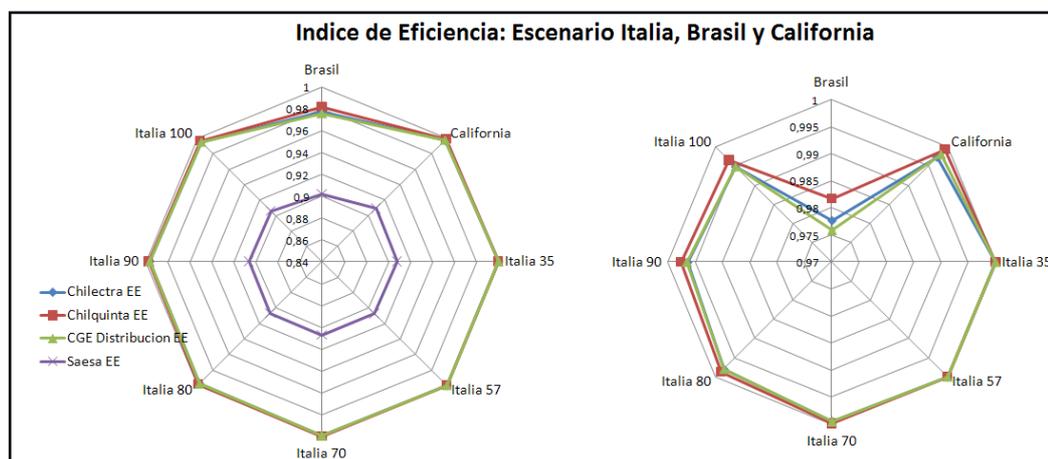


Figura 6-23. Resumen de eficiencia para escenarios Italia, Brasil y California.

De lo anterior se desprende que en términos generales la empresa Chilquinta EE, posee mejores condiciones que el resto de las distribuidoras para desarrollarse dentro de nuevas políticas de EE. En especial si se implementa la obligación de invertir el 1% y tomando en cuenta que los niveles de EE sean iguales a los obtenidos en Brasil, Chilquinta EE establecerá una mayor brecha entre las distribuidoras. Seguida por Chilectra EE y luego CGE Distribución EE.

Por otro lado para el caso de California, se mantiene el buen rendimiento de Chilquinta EE, pero ahora CGE Distribución EE logra mejores índices de eficiencia que Chilectra EE, invirtiendo los resultados.

Para los certificados blancos, se mantiene la tendencia anteriormente descrita, pero con la excepción de que los valores registrados son muy cercanos al óptimo, para precios de los certificados menores a 70€

Finalmente el caso propuesto por la CNE, respecto del nivel de EE que potencialmente tendría el mercado chileno.

En este escenario se mantiene la brecha impuesta por el desempeño de Chilquinta EE, como también la tendencia mostrada entre Chilectra y CGE Distribución EE.

Los resultados del modelo indican que el mecanismo correcto a implementar sería los certificados blancos, mientras se mantenga un precio menor a 70€, seguido por el desacople y finalmente la obligación de invertir el 1%.

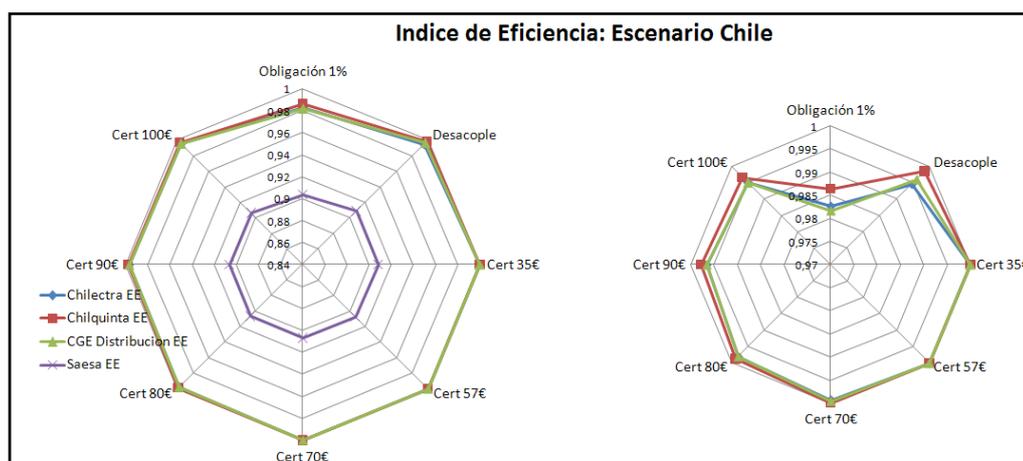


Figura 6-24. Resumen de eficiencia para escenario Chile

En resumen tomando en cuenta todos los valores de los índices de eficiencia energética obtenidos, tanto para cada uno de los mecanismos, escenarios y distribuidoras, se ha logrado establecer el orden y condiciones que permiten seleccionar el correcto mecanismo regulatorio para el mercado chileno.

En primer lugar, independiente del nivel de metas propuestas por el regulador, el esquema de certificados blancos presenta los más altos valores en el índice

de eficiencia de las distribuidoras. Además es importante tomar en cuenta que el precio del certificado, a pesar de influir en el resultado de las empresas, los valores simulados mayores a 57, difícilmente serán observados en el mercado, ya que parte de los beneficios de este mecanismo es la posibilidad de apertura de mercado para la transacción de los certificados blancos.

En segundo lugar, el desacople entre los ingresos y volúmenes de venta obtuvo resultados positivos para niveles de EE, relativamente bajos. Tomando en cuenta que la industria de la EE en Chile es prácticamente nueva, es razonable que se creen los mercados, sustentos y economías de escala asociadas al nuevo negocio de proveer servicios o implementar programas de EE, por lo que es probable que el regulador establezca cautelosas metas en EE anuales.

Por último en relación a el mecanismo utilizado en Brasil, a pesar de que obtuvo óptimos índices de eficiencia para niveles altos de EE, no es claro que en el mercado chileno se pretenda establecer este tipo de metas. Sin embargo este mecanismo posee características que lo hacen ser práctico y fácil de implementar.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 Conclusiones

En este estudio se desarrolló un modelo matemático basado en el análisis por fronteras de eficiencia, y resuelto a través de la herramienta Análisis Envolvente de Datos (DEA), el cual permite evaluar el efecto que tendrán en las empresas distribuidoras de electricidad, los principales mecanismos regulatorios sobre eficiencia energética que se han implementado en el ámbito internacional en forma exitosa.

Los resultados obtenidos del modelo demuestran la importancia y la necesidad de estudios en profundidad del impacto y costos de los mecanismos regulatorios, dado que existe una clara incidencia en el desempeño de las distribuidoras si se aplican políticas de EE.

Para cada uno de los tres mecanismos regulatorios estudiados, los cuales establecen metas de EE acordes a la realidad de sus países, poseen procedimientos y reglas totalmente diferentes para lograr lo propuesto. Sin embargo existen variables comunes las cuales inciden directamente en una empresa de distribución, lo que permite cuantificar y comparar el desempeño de cada uno de los mecanismos y también para diversos escenarios de EE.

En la simulación del impacto en la eficiencia de las distribuidoras, se utilizó como referencia cuatro empresas representativas del mercado chileno, Chilectra, Chilquinta, CGE Distribución y Saesa. Cada una de estas distribuidoras difiere en sus propiedades tales como, volúmenes de venta en energía y potencia, tipo y tamaño del área de concesión, número de clientes y eficiencia técnica y administrativa.

Al evaluar cada uno de los mecanismos en las distribuidoras representativas, se obtuvo los siguientes resultados:

- **Certificados Blancos:**

Este mecanismo logra mantener los niveles de eficiencia de las empresas obtenidos antes de aplicar políticas de EE. El impacto en los costos de las distribuidoras es bajo, dado que permite que el mercado regule libremente el precio de los certificados blancos, generando una optimización de recursos y minimizando los costos de desarrollos de programas y proyectos de EE.

Sin embargo esta metodología nueva requiere de cambios en la regulación y existen costos externos que debe sostener el regulador, que no han sido medidos por el modelo, tales como financiar entidades de medición y verificación en el cumplimiento de los requerimientos para obtener y generar un certificado blanco.

- **Desacople entre volúmenes e ingresos por ventas:**

Este mecanismo presenta siempre un bajo impacto en los resultados del índice de eficiencia de las empresas, mientras las metas propuestas por el regulador se mantengan relativamente bajas, en torno al 4% anual en la reducción de ventas de energía y potencia punta. Gran parte de estos resultados se obtienen por un bajo impacto en los costos, esto dado que el regulador evalúa con una base común cada uno de los proyectos de EE, lo que permite realizar buenas decisiones respecto de los mejores programas y proyectos en EE.

Al igual que en los certificados blancos, se deben introducir grandes cambios en la ley chilena. Además se requiere de una activa participación del regulador para establecer las metas en EE y fiscalización en la administración de los fondos.

- Obligación de invertir el 1% de los ingresos en EE

Este mecanismo obtiene buenos índices de eficiencia mientras el regulador imponga además la obligación de cumplir altas metas en EE, en general superiores al 4% anual.

El resultado anterior, deja en evidencia que la gestión y control de los gastos de los fondos provenientes del 1%, no son los más adecuados. Sin embargo este mecanismo requiere de una baja intervención en la regulación, como también su implementación sería la más expedita.

7.2 Trabajos Futuros

Para futuros trabajos, se propone estudiar el impacto que tendría la implementación de cada uno de los mecanismos regulatorios expandido a la totalidad de las empresas de distribución. Esto requeriría del desarrollo de un nuevo modelo que permita comparar las diferentes fronteras de eficiencia que se producirán al introducir los cambios en el global de las muestras.

Por otro lado, es importante estudiar el modelo para la implementación de cada uno de los mecanismos regulatorios de EE, en países que aun no tenga incluida políticas de EE. En este sentido, identificar el organismo fiscalizador más eficiente, los cambios requeridos en la regulación de cada país y el impacto que tendrá en el cliente final, todo en base al mínimo costo social.

BIBLIOGRAFIA

Autorità per l'energia elettrica e il gas (2006) "Primo Rapporto annuale sul meccanismo dei titoli di efficienza energetica" from <http://www.autorita.energia.it>

Blumstein, C., Goldman, C., y Barbose, G., (2003), "Who Should Administer Energy-Efficiency Programs?", Working paper N. CSEM-WP-115 del Center for the Study of Energy Markets.

Bjorndal E., Bjorndal M. (2003): Regulation of Electricity Distribution Companies–DEA with Separable Costs. Norwegian School of Economics and Business Administration, Norway

California Public Utilities Commission (2008). de <http://www.cpuc.ca.gov>

Charnes A., Cooper W. Rhodes E. (1978): Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), pp429-444.

Charnes A., Cooper W. Rhodes E. (1979): Short communication: measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 3(4), pp 339-339.

Charnes A., Cooper W. Rhodes E. (1981): Evaluating program and managerial efficiency: An application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. *Management Science*, 27(6) pp 668-697

Cooper W., Li S., Seiford L.M., Therrall R.M., Zhu J. (2001): Sensitivity and stability analysis in DEA: some recent developments, *Journal of Productivity Analysis*, Vol 5. 15, pp 217-246.

Euro White Cert Project (2008) de <http://www.ewc.polimi.it/>

Eto, J., Stoft, S., y Belden, T., (1994) "The Theory and Practice of Decoupling Utility Revenues from Sales", Lawrence Berkeley National Laboratory of California.

Farrel M.J. (1957): The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol 32, No 2

Filippini M., Wild J. (2000): Regional differences in electricity distribution cost and their consequences for yardstick regulation of access prices. 6th regional Science Association International World Congress 2000, Lugano, Switzerland.

Filippini M., Hrovatin N., Zorić J. (2005) "Efficiency and Regulation of the Slovenian Electricity Distribution Companies" University of Ljubljana.

Fried H., Schmidt S., Yaisawarng S. (1995): Incorporating the operating environment into a measure of the technical efficiency. Mimeo, Union College, Schenectady.

Joskow P. (1999) "Programas de Eficiencia Energéticas Subsidiados por las empresas de Electricidad." Documento de trabajo número 176. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Kushler, M., York, D., y Witte, P., (2006) "Aligning Utility Interests with Energy Efficiency Objectives: A Review of Recent Efforts at Decoupling and Performance Incentives", American Council for an Energy-Efficient Economy.

Lebot B., Lopes C., Waide P. & Sidler O. (1997) Lessons Learnt from European Metering Campaigns of Electrical End Uses in the Residential Sector. Agence de l'Environnement & de la Maitrise de l'Energie, France.

Lopes C., Thomas S., Pagliano L. (2000) Conciliating energy companies with Demand-Side Management – A review of funding mechanisms in a changing market. International Conference – Electricity for a sustainable urban development, Lisbonne.

Mercados-Energy Markets International. (2007) "Uso de Mecanismos de Mercado para promover la Eficiencia Energética en Latino América" Informe Privado, Preparado para Endesa. Dirección de Regulación Medioambiental para Latinoamérica

Mota Raffaella L. (2005) "Comparing Brazil and USA Electricity Distribution Performance: What was the Impact of Privatisation?" University of Cambridge, Department of Applied Economics

Pagliano L., Alari P., Gianluca R. (2003) The Italian Energy saving obligation to gas and electricity distribution companies. ECEE 2003 Summer Study – Time Turn Down Energy Demand.

Pollis H., (2007) "Experiencia de Brasil – Sello de PROCEL" Presentación en el Seminario Etiquetado Energético en Refrigeradores y Congeladores Domésticos

Programa Nacional de Conservación de la Energía (2007). de <http://www.electrobras.com/procel>

Programa País Eficiencia Energética (2008). de <http://www.ppee.cl>

Rudnick, H., Raineri, R. "Tarificación de la distribución en Chile - Regulación por incentivos". Documento de Trabajo No 2/97, Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería. Departamento Ingeniería de Sistemas.

Sanhueza, Raúl (2003) "Fronteras de Eficiencia, Metodología para la determinación del Valor Agregado de Distribución" Tesis para el grado de Doctor en Ciencias de la Ingeniería PUC

Santiago Consultores. (2004): Identificación, evaluación y propuesta de medidas e instrumentos de eficiencia energética, para los distintos sectores de consumo del país. Informe preparado para la CNE

Sauma E., (2007) “Estudio del Marco Regulatorio de la Distribución de Energía Eléctrica en Chile: Investigación, Análisis y Propuestas para Fomentar la Incorporación de Criterios de Eficiencia Energética por partes de las Empresas Distribuidoras” Informe privado, Preparado para el comité de Marco Regulatorio del Programa País Eficiencia Energética.

Thomas S., Lopes C., Alari P., Pagliano L. (2000) The Possibilities for Policy Supporting DSM in the Liberalized Internal European Electricity and Gas Markets. ECEE Summer Study – American Council for Energy Efficient.

Thomas S., Adnot J., Alari P., Irrek W., Lopes C., Nilsson L., Pagliano L., Verbruggen A. (2000) Completing the Market for Least-Cost Energy Services. European Commission, Estudio del programa SAVE.

ANEXOS