

2º REPORTE TÉCNICO

Evaluación económica de la calidad de onda

D. Coll-Mayor, J. Pardo, M. Pérez-Donsión

February, 2010 (Version 1.0)

Proyecto:

Calidad de onda. Medida y análisis de perturbaciones electromagnéticas
(ENE2007-68032-C04-01/CON) Ministerio de Educación and Cultura (MEC)
(2009-2011).

Abstract

El presente reporte resume el trabajo realizado por el subgrupo de evaluación económica de la calidad de onda en redes eléctricas dentro del proyecto ENE2007-68032-C04-01/CON.

El término calidad de onda se define, en general, por las condiciones frontera que permiten a los sistemas eléctricos conectados a la red funcionar como deben, sin pérdidas significantes de rendimiento o de vida. Por ello, la operación de los equipos eléctricos fuera de estos parámetros impacta directamente en el comportamiento económico de todo el sistema. La evaluación de las pérdidas económicas debido a problemas en la calidad de onda ha sido ya objeto de numerosos estudios, sin embargo la mayoría de ellos aplicados a casos concretos cuyos resultados y metodologías no son extrapolables a casos generales.

Durante el primer año del proyecto se analizaron y evaluaron las distintas metodologías existentes para la evaluación de pérdidas económicas por problemas de calidad de onda. Los problemas de calidad de onda que se considerarán son: huecos de tensión y pequeñas interrupciones.

Durante el segundo año del proyecto se definió una nueva metodología de trabajo. Esta metodología está basada en parámetros macroeconómicos recogidos en el registro nacional de contabilidad, con el objetivo de obtener un método generalista con una amplia aplicación y sin estar sometido a problemas de confidencialidad de datos. Este método generalista podrá además ser extrapolado fácilmente a diferentes entornos.

La metodología ha sido aplicada a 5 regiones diferentes, utilizando tanto datos macroeconómicos como datos sobre la fiabilidad del sistema eléctrico por regiones. Todos ellos son datos registrados y fácilmente obtenibles de las estadísticas del gobierno y por tanto datos no sujetos a condiciones de confiabilidad de empresas determinadas.

En la validación, debido a la dificultad de obtener resultados fiables – ver conclusiones del análisis de las metodologías disponibles para evaluar la calidad de onda realizado durante el primer año –, se optó por utilizar metodologías más maduras aplicables a interrupciones de más de tres minutos y en concreto interrupciones cercanas a una hora. Para analizar interrupciones y huecos de tensión menores de una hora se han propuesto una serie de coeficientes de ponderación, ya validados en las referencias propuestas.

El trabajo futuro se centrará en primer lugar en aplicar la metodología validada para comparar el comportamiento energético de distintos sectores de actividad en distintos entornos. Así mismo se pretende hallar una relación entre los diferentes sectores de actividad para ver como afecta la mejora de la función de eficiencia de una actividad en otra.

Proponiendo una nueva metodología

1. Introducción

Las metodologías analizadas durante el trabajo realizado en el primer año de proyecto trataban de evaluar las pérdidas como consecuencia de una mala calidad de onda. La metodología propuesta en este trabajo divide el problema en dos partes, ver en la figura 1. La primera es la evaluación de las consecuencias de la mala calidad de onda en términos de horas equivalentes de no producción (corresponde a las siglas inglesas: EHnP) La segunda es el cálculo del valor económico del EHnP.

Este trabajo se centrará en esta segunda parte: la valoración económica del EHnP debido a interrupciones del suministro eléctrico y huecos de tensión.

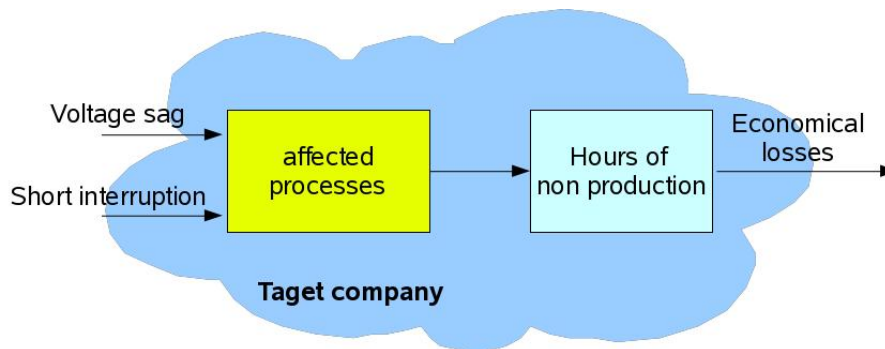


Figure 1: Evaluando las pérdidas debido a problemas de calidad de onda en una determinada industria

2. Valoración de las pérdidas económicas

La valoración de las pérdidas económicas se basa en la evaluación del EHnP como beneficio no producido.

El beneficio producido por las diferentes actividades que componen el sistema económico en España está evaluado en el sistema nacional de contabilidad

(CNE)¹. El CNE dispone de una lista de parámetros que conforman las estadísticas básicas del sistema nacional de contabilidad. Los datos usados para la elaboración de dichas estadísticas provienen de diferentes fuentes que se conforman en un solo marco contable.

Las estadísticas se suministran anualmente, pero tres veces al año las estimaciones se examinan y evalúan hasta convertirse en definitivas. Todo este proceso tiene el objetivo de obtener un fuente de datos fiable para estimar las cuentas nacionales de forma efectiva. Todas estas estadísticas se agregan por grupos de actividades.

2.1 Modelo matemático

El modelo matemático desarrollado para la evaluación económica se define a continuación:

$$Value = EHnP \cdot VoLL \cdot ELP \quad (1)$$

Donde:

Value representa el valor de las pérdidas económicas [k€]

EHnP es el equivalente de las horas de no producción [h]

VoLL es el valor de la carga perdida [€/kWh]

ELP es el equivalente a la potencia perdida [GWh]

La evaluación de los diferentes parámetros será explicada en las siguientes secciones y un ejemplo de aplicación del modelo matemático será desarrollado.

2.2 Limitaciones de la metodología

La información disponible no provee datos para calcular pérdidas parciales, en el caso de perder solo una parte de la maquinaria de producción, siempre se considerará la pérdida de toda la maquinaria de producción. La producción de la industria también se evalúa como constate por hora, no considerando el efecto del impacto a diferentes horas del día o distintos días del mes.

2.3 EHnP

El EHnP es una entrada de información al modelo que se considera conocida. La estimación de este parámetro es difícil, ya que depende de factores como el nivel de automatización de la industria, los protocolos internos a seguir en caso de falla en el sistema, el tipo de maquinaria, la hora del día, o el día de la semana, etc. La única asunción que se puede hacer es que el EHnP es proporcional a la longitud de las interrupciones y a la profundidad del hueco de tensión.

En el presente trabajo, el EHnP se considera como tiempo de interrupción del suministro. Las interrupciones del suministro se pueden considerar como interrupciones largas e interrupciones cortas.

¹www.ine.es

En el caso de España, así como el de la mayoría de los países europeos, para interrupciones largas del suministro –se consideran interrupciones de más de 3min– el tiempo y la energía perdida quedan registrados y los datos publicados a final de año pueden ser consultados libremente.

En el caso español, para interrupciones cortas –menos de tres minutos– o huecos de tensión de diferentes magnitudes, no hay datos estadísticos disponibles. Si el estudio se fuera a realizar para este tipo de interrupciones, entonces sería necesario antes de empezar, el disponer de como mínimo un año de medidas en el feeder a la industria objeto. Después de ello los huecos de tensión deberían clasificarse según su profundidad y utilizar factores de ponderación dependiendo de la magnitud. Ejemplos de factores de ponderación de huecos de tensión según su profundidad se pueden encontrar en las referencias [5] and [4].

2.4 VoLL

La variable VoLL representa el valor añadido generado por una actividad dividido por la energía consumida por dicha actividad.

En diferentes referencias se puede hallar una valoración de esta variable VoLL [6], [3]. Estas referencias suministran valores centrados en un determinado entorno, como es el caso de UK o Holanda. Para obtener una metodología aplicable a diferentes entornos, en este trabajo se ha dado especial importancia a encontrar una fuente de datos fiable que pueda aportar datos en entornos muy diferenciados.

La valoración del VoLL se puede realizar: (1) a nivel regional: utilizando datos generales de una región determinada; (2) a nivel actividad: utilizando datos generales para una actividad determinada en una región determinada; (3) a nivel industria: utilizando datos de una industria determinada.

A nivel regional hay diferentes posibilidades, se puede considerar un valor general para todo un país o se puede dividir en regiones y analizar el valor del VoLL para cada región. A nivel nacional, si el VoLL se utiliza para comparar el comportamiento energético de la industria de diferentes países se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$VoLL_{country} = \frac{GDP}{TEC} \quad (2)$$

Donde:

GDP representa el producto doméstico bruto [€], que es la medida básica para evaluar la producción económica de un país.

TEC representa el consumo total de energía [GWh], que es la energía eléctrica que un país consume en un año.

Ambos datos para países europeos se hallan disponibles en las estadísticas de la agencia europea Eurostat ². Para países fuera de la unión europea, estos datos se pueden obtener también de las estadísticas de la Organización de Naciones Unidas.

²www.eurostat.eu

2.5 ELP

El ELP es la pérdida de potencia experimentada en una interrupción. Esta pérdida de potencia depende de muchas variables como son la hora del día a la que se produzca la interrupción del suministro o el día de la semana en que la interrupción tuvo lugar. En la aplicación de esta metodología y para maximizar las consecuencias de la interrupción, siempre se considerará la potencia pérdida como la potencia pico de la industria.

3. Ejemplo de aplicación

La metodología se aplicará en este apartado para evaluar las pérdidas de tres regiones representativas en España: Andalucía, Cataluña, Galicia, Madrid y Euskadi durante el año 2006.

3.1 Evaluación del EHnP

En este caso el EHnP será asumido directamente como el tiempo de interrupción del suministro (corresponde a las siglas inglesas CAIDI).

El valor medio de este índice puede ser estimado como:

$$CAIDI = \frac{TIEPI}{NIEPI} \quad (3)$$

Siendo TIEPI y NIEPI explicados en las siguientes subsecciones.

Tiempo de interrupción equivalente (TIEPI)

El TIEPI se define como:

$$TIEPI = \frac{\sum_{i=1}^K (PI_i * Hi)}{\sum (PI)} \quad (4)$$

Donde:

PI_i corresponde a la potencia instalada de los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT, afectada por la interrupción i de duración Hi (en kVA).

Hi corresponde al tiempo de interrupción del suministro que afecta a la potencia PI_i (en horas).

K corresponde al número total de interrupciones durante el período considerado.

$\sum PI$ es la suma de la potencia instalada de los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT (en kVA).

Las interrupciones consideradas son aquellas de duración mayor de 3min. Los datos recogidos sobre el valor del TIEPI para el periodo considerado y para las 5 regiones analizadas se halla en la tabla 1. Los datos se dividen en 4 zonas diferentes:

- U (Zona urbana): conjunto de municipios de una provincia con más de 20.000 suministros, incluyendo capitales de provincia, aunque no lleguen a la cifra anterior.
- S (Zona semiurbana): conjunto de municipios de una provincia con un número de suministros comprendido entre 2.000 y 20.000, excluyendo capitales de provincia.
- RC (Zona rural concentrada): conjunto de municipios de una provincia con un número de suministros comprendido entre 200 y 2.000.
- RD (Zona rural dispersa): conjunto de municipios de una provincia con menos de 200 suministros, así como los suministros ubicados fuera de los núcleos de población que no sean polígonos industriales o residenciales.

El TIEPI 80% es la referencia utilizada por el gobierno español para valorar la desviación de los TIEPIs de las diferentes comunidades. Es el límite máximo permitido por el sistema y ninguna zona de España puede superar el valor del TIEPI 80% por más de dos años consecutivos. Los datos del TIEPI 80% se dan en la tabla 2.

Table 1: 2006 TIEPI

ZONE	Catalunya	Galicia	Andalucia	Madrid	Euskadi
Urban	1.13	0.67	1.27	0.98	0.88
Semiurban	1.91	3.32	2.15	2.01	1.76
Rural concentrated	2.94	5.86	4.69	3.84	4.23
Rural dispersed	3.69	3.66	5.75	6.52	13.12
Total	1.78	2.62	2.38	1.26	1.89

Source: Statistical data of the Spanish Ministry of Industry.

Downloadable from: <https://oficinavirtual.mityc.es/eee/indiceCalidad/ccaa2.aspx>

Table 2: Limits of the TIEPI 80% for 2006

ZONE	TIEPI 80%
Urban	3
Semiurban	6
Rural concentrated	12
Rural dispersed	18

Source: Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre.

Numero de interrupciones equivalentes de la potencia (NIEPI)

El NIEPI se define como:

$$NIEPI = \frac{\sum_{i=1}^K (PI_i)}{\sum (PI)} \quad (5)$$

Where:

PI_i corresponde a la potencia instalada de los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT, afectada por la interrupción "i" (en kVA).

K corresponde número total de interrupciones durante el período considerado.

$\sum PI$ es la suma de la potencia instalada de los centros de transformación MT/BT del distribuidor más la potencia contratada en MT (en kVA).

Las interrupciones consideradas son mayores de 3min. Los datos del NIEPI para las diferentes regiones analizadas están en la tabla 3.

Table 3: 2006 NIEPI

ZONE	Catalunya	Galicia	Andalucia	Madrid	Euskadi
Urban	1.63	1.06	1.79	1.62	0.78
Semiurban	2.12	3.38	2.83	3.06	1.24
Rural concentrated	2.66	5.24	5.18	5.80	1.93
Rural dispersed	2.75	3.03	5.26	6.57	4.73
Total	2.00	2.72	2.82	2.01	1.20

Source: Statistical data of the Spanish Ministry of Industry.

Downloadable from: <https://oficinavirtual.mityc.es/eee/indiceCalidad/ccaa2.aspx>

Duración media de las interrupciones

La duración media de las interrupciones se evalúa con el CAIDI. Una estimación de este valor cuando no hay eventos de fuerza mayor se puede considerar de 53.57min, ver referencia [1].

En este ejemplo, la duración media de las interrupciones se calculará con la ecuación 3. Los resultados de este cálculo se presentan en la tabla 4.

Limitación del número y duración de las interrupciones

La regulación española limita el número de horas y de interrupciones anuales en media y baja tensión, ver tabla 5.

Table 4: 2006 CAIDI

ZONE	INTERRUPTION DURATION [hours]				
	Catalunya	Galicia	Andalucia	Madrid	Euskadi
Urban	1.44	1.58	1.41	1.65	0.89
Semiurban	1.12	1.02	1.32	1.52	0.70
Rural concentrated	0.90	0.89	1.10	1.51	0.46
Rural dispersed	0.75	0.83	0.91	1.01	0.36
Total	1.12	1.04	1.14	1.60	0.63

Table 5: Limits of duration and number of interruptions for 2006

ZONE	MV		LV	
	Hours	Interruptions	Hours	Interruptions
Urban	3.5	7	5	10
Semiurban	7	11	9	13
Rural concentrated	11	14	14	16
Rural dispersed	15	19	19	22

Source: Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre.

Ninguno de los CAIDI presentados en la tabla 4 excede este límite. Por ello todas estas zonas y regiones serán objeto del cálculo propuesto por la metodología. Si alguno de ellos superase los valores entonces habría que contemplar la ayuda financiera del gobierno para estos casos particulares.

3.2 Evaluación del VoLL

El VoLL representa las pérdidas por hora de energía no suministrada.

$$VoLL = \frac{GeneratedAddedValue}{Energyconsumed} \quad (6)$$

Sabiendo que el valor añadido en las siguientes secciones será evaluado en euros corrientes y la energía consumida en [kWh].

Valor añadido a precios corrientes

El valor añadido en la producción de la industria española por año y a precios corrientes será obtenida de las estadísticas del gobierno español. En el presente caso los datos de los diferentes sectores considerados: agricultura, energía, industria, construcción y servicios se presentan en la tabla 6 para las 5 regiones y para el año 2006.

Estos sectores y subsectores industriales para aplicar los CAIDIs calculados han de ser referidos a la zona a la que pertenecen: zona urbana, semiurbana, rural concentrada o rural dispersa.

La correspondencia entre sectores industriales y zonas no siempre es directa, por lo tanto ciertas hipótesis han sido asumidas:

1. La agricultura se ha considerado principalmente rural dispersa, sin embargo la pesca se considera rural concentrada.
2. En el sector energético, la extracción de combustible puede ser considerada rural dispersa pero la industria eléctrica, agua y gas son mayoritariamente urbanas e incluso semiurbanas. Por ello se dividirá en los dos sectores al 50%.
3. La industria es mayoritariamente urbana y semiurbana. También al 50%.
4. La construcción ha afectado por igual a todas las zonas. Se dividirá por tanto en las cuatro zonas cada una al 25%.
5. El sector servicios también afecta a las cuatro zonas pero es mayoritariamente urbano y semiurbano por ello se considera también al 50% cada uno.

Si se aceptan las presentes hipótesis, la tabla 6 puede ser redividida en zonas en vez de sectores, ver tabla 7.

Table 6: 2006 Spanish regional contability data. Added value in current prices (in thousands of euros).

SECTOR	SUBSECTOR	CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
Agriculture sector		2,518,548	2,282,502	5,723,366	285,665	641,463
	Agriculture	2,394,762	1,503,001	5,448,237	275,858	555,455
Energy sector	Fishing	123,786	779,501	275,129	9,807	86,008
	Extraction of fuels	3,301,912	1,754,792	3,297,258	3,892,279	1,977,288
Industry sector	Power industry, water and gas	871,840	480,211	1,317,204	230,039	466,616
		2,430,072	1,274,581	1,980,054	3,662,240	1,510,672
Food, drink and tobacco		33,833,907	6,905,038	11,090,408	17,053,475	13,971,032
	Food, drink and tobacco	3,740,877	1,043,146	2,757,419	1,298,326	835,504
Textil		2,330,313	469,878	380,242	497,447	82,697
	Wood and cork	496,732	396,098	276,038	195,559	167,612
Paper		3,595,048	412,668	613,954	3,514,296	754,048
	Chemical	5,386,937	281,226	870,249	2,232,961	614,403
Plastics		1,581,521	166,227	209,541	440,611	986,631
	Mineral products no metals	1,708,354	562,541	1,385,756	918,427	477,668
Metals		4,594,255	1,243,193	1,934,358	1,987,423	5,510,673
	Mechanic	2,717,061	307,766	466,130	1,201,357	1,948,362
Electric equipment		2,579,821	245,738	523,749	1,963,023	704,513
	Transportation material	3,624,319	1,514,835	955,824	2,095,280	1,376,267
Manufacture diverse		1,478,669	261,722	717,148	708,765	512,654
		17,228,046	6,125,246	17,940,269	16,615,353	5,404,325
Construction sector		106,905,646	27,783,089	82,852,875	117,053,082	31,997,090
	Commerce and reparations	18,839,545	4,437,806	13,170,558	16,763,527	5,016,729
Services	Hotels	11,929,357	2,625,691	8,585,019	9,907,416	3,311,496
	Transportation and communications	11,529,823	2,339,777	6,790,625	16,341,719	3,311,780
Financial intermediary		8,021,935	1,760,524	4,678,393	10,833,345	2,414,995
	Real state agencies	28,864,734	6,508,262	20,786,877	32,039,952	7,462,809
Public administration		6,309,109	2,934,203	8,774,828	9,912,326	2,940,659
	Education	6,203,173	2,498,935	7,040,890	5,874,474	2,551,404
Sanitary and social services		8,201,2006	2,684,610	7,429,656	7,045,877	2,942,144
	Other services	5,838,693	1,593,287	4,525,198	6,366,990	1,716,647
Domestic service		1,167,702	399,994	1,070,831	1,967,456	328,427
	Total Gross Added Value	163,788,059	44,850,667	120,904,176	154,899,854	53,991,198

Table 7: Zonal added value in current prices (in thousands of euros) for 2006

ZONE	CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
Urban	75,891,824	19,512,666	52,446,736	73,038,237	25,090,478
Semi-urban	75,891,824	19,512,666	52,446,736	73,038,237	25,090,478
Rural concentrated	4,430,798	2,310,813	4,760,196	4,163,645	1,437,089
Rural dispersed	7,573,614	3,514,524	11,250,508	4,659,735	2,373,152
Total Gross Added Value	163,788,059	44,850,667	120,904,176	154,899,854	53,991,198

Source: Based on assumptions.

Consumo energético anual por regiones

Los datos anuales de consumo eléctrico por regiones están disponibles en las estadísticas de la referencia [2], publicadas por REE, ver table 8.

Table 8: Energy demand per regions for 2006 [GWh]

CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
46,379	19,082	38,926	30,468	20,703

Source: Statistical data of REE.

Downloadable from: <https://www.ree.es>

Consumo electrico anual por regiones y por zonas

La distribución por zonas del consumo anual eléctrico se realizará aceptando las mismas premisas que para la distribución de potencia ver tabla 9.

Table 9: Annual energy consumption per regions in 2006 [GWh]

ZONE	CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
Urban	23,057.68	7,302.41	18,432.06	23,907.29	7,980.28
Semi-urban	14,704.97	9,212.32	12,644.25	5,626.06	9,265.07
Rural concentrated	4,031.24	2,315.54	2,332.06	901.89	3,316.06
Rural dispersed	4,585.09	251.71	5,517.61	32.74	141.57
Total	46,379	19,082	38,926	30,468	20,703

Source: Based on assumptions.

Value of Lost Load (VoLL)

Los resultados de la aplicación de la ecuación 6 se presentan en la tabla 10.

3.3 Evaluación del ELP

El ELP se considerará como la potencia pico demandada por zonas y regiones, ver tabla 11.

Table 10: VoLL in 2006 [€/ kWh]

ZONE	CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
Urban	3.29	2.67	2.85	3.06	3.14
Semi-urban	5.16	2.12	4.15	12.98	2.71
Rural concentrated	1.1	1	2.04	4.62	0.43
Rural dispersed	1.65	13.96	2.04	142.33	16.76
Total	3.53	2.35	3.11	5.08	2.61

Table 11: Peak power demand in 2006

ZONE	Peak power demand [MVA]				
	CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
Urban	12,409.95	2,285.73	9,512.82	11,536.26	2,559.59
Semiurban	7,914.41	2,883.55	6,525.72	2,714.81	2,971.67
Rural concentrated	2,169.67	724.79	1,203.58	435.2	1,063.59
Rural dispersed	2,467.76	78.79	2,847.65	15.8	45.41
Total	24,961.79	5,972.86	20,089.77	14,702.07	6,640.26

Source: Statistical data of the Spanish Ministry of Industry.

Downloadable from: <https://oficinavirtual.mityc.es/eee/indiceCalidad/ccaa2.aspx>

3.4 Valor de las pérdidas

El cálculo del valor de las pérdidas se hallará aplicando la ecuación 2. Los resultados totales de los cálculos por zona y región se dan en la tabla 12.

Table 12: Results of the calculation for the different zones and regions in 2006 [k€]

ZONE	CATALUNYA	GALICIA	ANDALUCIA	MADRID	EUSKADI
Urban	58,818.22	9,650.11	38,165.67	58,152.56	7,162.27
Semi-urban	45,747.50	6,229.81	35,729.56	53,570.90	5,633.24
Rural concentrated	2,146.24	643.74	2,702.41	3,033.79	212.02
Rural dispersed	3,057.16	913.09	5,283.83	2,271.22	274.03
Total	109,769.14	17,436.76	81,881.49	117,028.49	13,281.59
Using average data	98,731.24	14,600.26	71,134.67	119,592.93	10,909.76

3.5 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la tabla 12 representan las pérdidas en miles de euros para cada región analizada por una parte aplicando valores diferentes del TIEPI y del NIEPI dependiendo de la zona (rural o urbana) y por otro lado aplicando valores medios del TIEPI y el NIEPI suministrados por el gobierno español.

Los resultados utilizando valores medios para calcular el CAIDI o valores

diferentes según la zona son similares, ver comparación en la tabla 13. La desviación media en los resultados de cálculo de pérdidas es del 10%, la desviación máxima se observa para la región de Euskadi con un 17% mientras la mínima se detecta en Madrid para un -2%. La razón de ello es atribuible a las diferencias del CAIDI entre zonas rurales y urbanas. En las regiones donde la producción de valor añadido es principalmente urbana, las diferencias son mínimas, mientras que en las zonas donde la producción de valor añadido está más distribuido, las diferencias son mayores.

Table 13: Deviation of results obtained with average data per region and with data per zone and region in thousands of euros

REGION	LOSSES		DEVIATION [%]
	Data per zone and region [k€]	Average data per region [k€]	
Catalunya	109,769.14	98,731.24	10
Galicia	17,436.76	14,600.26	16
Andalucia	81,881.49	71,134.67	13
Madrid	117,028.49	119,592.93	-2
Euskadi	13,281.59	10,909.76	17
Average deviation			10

4. Conclusiones

Este capítulo ha desarrollado una nueva metodología para calcular las pérdidas de una industria basada en el valor de la carga perdida (VoLL). Los datos de entrada para la metodología son públicos y por tanto libres de conflictos de confidencialidad. Las fuentes de información se han suministrado así como un ejemplo de aplicación.

El ejemplo de aplicación de la metodología ha sido realizado para 5 regiones en España, tomando en cuenta el cálculo basado en datos medios directamente obtenidos de la base de datos del gobierno español, también se ha realizado el cálculo utilizando datos dependiendo de la localización de la industria.

Como conclusión se puede añadir que las principales fortalezas de esta nueva metodología han sido identificadas. Primero, es un método relativamente fácil de aplicar, como se ha demostrado en el ejemplo. Segundo, la entrada de información necesaria está disponible al público y la fuente de información ha sido identificada. Tercero, se puede aplicar a distintos entornos (dentro y fuera de la comunidad europea) y la fuente de información necesaria en este caso también ha sido identificada. Cuatro, la metodología da resultados estimativos para cada tipo de industria y región estudiada.

La precisión de la metodología se evaluará en el capítulo siguiente, donde se utilizarán diferentes metodologías para realizar la validación.

Bibliography

- [1] Ieee guide for electric power distribution reliability indices, 2004.
- [2] Informe anual: 2006. el sistema eléctrico español. Technical report, Red Electrica de España, Downloadable from: <http://www.ree.es>, 2006.
- [3] Michiel de Nooij, Carl Koopmans, and Carlijn Bijvoet. The value of supply security: The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks. *Energy Economics*, 29(2):277 – 295, 2007.
- [4] Mark McGranaghan and Bill Roettger. Economic evaluation of power quality. *Power Engineering Review, IEEE*, 22(2):8–12, Feb. 2002.
- [5] M.F. McGranaghan and W.C. Roettger. The economics of custom power. In *Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2003 IEEE PES*, volume 3, pages 944–948 vol.3, Sept. 2003.
- [6] K. G. Willis and G. D. Garrod. Electricity supply reliability : Estimating the value of lost load. *Energy Policy*, 25(1):97 – 103, 1997.