

METODOLOGIA DE CUANTIFICACION Y DISCRIMINACION PARA LA EMISION DE CONTAMINANTES DE ORIGEN ENERGETICO EN LOS MODULOS DIFERENCIALES DEL SUBSECTOR SALUD.

Irene Martiniⁱ; Yael Rosenfeldⁱⁱ; Carlos Discoliⁱⁱⁱ, Elías Rosenfeldⁱⁱⁱ.

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Unidad de Investigación N°2.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata.
Calle 47 N°162 La Plata, Buenos Aires. FAX (021) 21-4705.

RESUMEN

Se presentan los avances realizados en la biblioteca informatizada de Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP) a partir de la incorporación de la variable ambiental. Se desarrolló una metodología, complementaria al análisis diferencial aplicado en la construcción de los MEEP, para la cuantificación de emisiones de contaminantes en función del tipo de consumo y vector energético utilizado en iluminación, equipamiento y climatización. A modo de ejemplo se presenta el desarrollo del MEEPA laboratorio.

INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores^{1 2 3 4} se presentó el estado de avance de la biblioteca informatizada de Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP) de las redes de salud y educación, como parte de las herramientas desarrolladas para el diagnóstico y control temprano de las redes edilicias del terciario. Cada MEEP representa las necesidades energéticas mínimas de cada diferencial prestación, definido como la unidad de análisis mínima de cada tipo de prestación para cada una de las redes analizadas. A partir de ello, se plantea el avance sobre los MEEP de salud incorporando la variable ambiental, como un análisis complementario al conocimiento integral de la red y de cada establecimiento en particular.

Los flujos energéticos intervinientes en cada MEEP generan un determinado proceso ambiental que se caracteriza por producir contaminación a partir de las emisiones de poluentes: material en partículas (Part.), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (Nox), hidrocarburos (Hidrocarb), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) en distintas proporciones según el combustible utilizado. Asimismo debe considerarse que el aumento cada vez más acelerado del consumo de energía, tiene un efecto considerable sobre el ambiente. Y que los recursos explotados y utilizados en la gestión del hábitat provienen, en su gran mayoría, de fuentes finitas (energía de fuentes convencionales) agotables en plazos relativamente cortos. Según la CEPAL⁵, la lógica indica, apoyada en la ciencia, que las alternativas posibles son: i. conservar los recursos; ii. desarrollar fuentes substitutas o alternativas; y iii. buscar alternativas de uso más eficientes.

La metodología desarrollada, que apunta hacia las tres alternativas, permite cuantificar y discriminar, mediante la construcción de los Módulos Edilicios Energéticos Productivos Ambientales (MEEPA), los requerimientos, la participación energética y el efecto en el ambiente de cada servicio de la red, y del total del establecimiento. Y una vez determinadas las emisiones de contaminantes, proponer alternativas de diseño para la optimización de las condiciones ambientales (reducción de contaminantes) y de habitabilidad, (confort higrotérmico y lumínico), detectando los posibles yacimientos de ahorro energético, tanto a nivel diferencial (MEEP), sectorial (servicios) como global (establecimiento).

Los MEEPA se estudian como una herramienta más para diagnosticar y actuar en la gestión energética de la red, con el objetivo de implementar un aumento considerable de la eficiencia energética de todas las actividades, y un cambio de fondo en los patrones de uso de la energía en todos los sectores.

METODOLOGÍA PARA EVALUAR LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES DE LOS MEEP

La cuantificación de las emisiones de contaminantes de los flujos energéticos intervinientes en los MEEP del subsector salud, se estudian a partir de las necesidades energéticas de cada uno. Para ello contamos con una biblioteca, donde cada módulo se sintetiza en una ficha tipológica, que concentra la totalidad de las variables analizadas para los tres usos preponderantes: la iluminación, el equipamiento y la climatización, desagregados en aporte y pérdidas de energía.

- i. Becaria Iniciación CONICET.
- ii. Becaria Perfeccionamiento CONICET.
- iii. Investigador CONICET.

Una vez calculados los valores de cada variable, se desarrolló una metodología para la construcción de los Módulos Edilicios Energéticos Productivos Ambientales (MEEPA) que contemplan las emisiones de contaminantes de los flujos energéticos intervinientes en cada módulo. Consiste, por lo tanto, en analizar los aportes y pérdidas de energía y evaluar sus respectivas emisiones de contaminantes, obteniéndose valores por módulo. Se busca en consecuencia, cuantificar las emisiones de los distintos módulos que intervienen en el equilibrio ambiental, con la posibilidad de proponer alternativas de mejoramiento a partir de una reducción de los consumos energéticos de sus áreas críticas.

COEFICIENTES DE EMISION DE CONTAMINANTES EN Kg/TEP PARA EL SECTOR RESIDENCIAL-COMERCIAL-PUBLICO						
	PARTIC	SO2	NOx	HIDROC	CO	CO2
LEÑA	29		0.19	0.96	308	7650
GAS NATURAL	0.19	0.005	1.8	0.38	0.38	2120
FUEL OIL	0.38	10	2.7	0.19	0.77	3050
GAS LICUADO	0.19	-	1.8	0.38	0.49	2730
INTERMEDIOS	0.38	10	2.7	0.19	0.8	3130
CARBON DE LEÑA	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	4500

Tabla N°1. "Biomass energy and environment" H.M. Braunstei et al, "Emission controls in electricity generation and industry", I.E.A.J. Moragues et al.

Para cada caso se toman los distintos módulos-tipo más representativos de cada área, analizando en primer término los aportes y pérdidas de energía, identificando las variables energéticas críticas de los módulos, y posteriormente cuantificando sus emisiones de contaminantes con el fin de producir una evaluación a nivel diferencial y/o global.

La cuantificación de los coeficientes de emisiones de contaminantes para cada diferencial de prestación se determinó a partir de la tabla N°1. Esta tabla sintetiza las emisiones en Kg/TEP de los sectores residencial, comercial y público, para leña, gas natural, fuel oil, gas licuado, intermedios y carbón de leña.

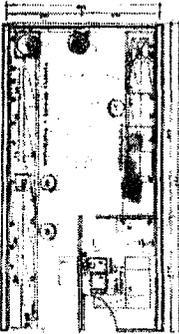
Con los valores de MEEP, desagregados en iluminación, equipamiento y climatización, (Kwh/día.m²) y el combustible seleccionado, se obtienen los coeficientes de emisión de contaminantes. A estos valores se les aplica un factor de conversión (Kwh a TEP) y se considera el número de días operativos para obtener un valor en TEP/año.

En este caso particular y como ejemplo metodológico, presentamos:

- La cuantificación de las emisiones de partículas (Part.), dióxido de azufre (SO2), óxido de nitrógeno (NOx), hidrocarburos (Hidroc.), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO2), para un MEEP teórico de la biblioteca informatizada. En cuanto al combustible utilizado, consideramos para iluminación y equipamiento Fuel Oil como fuente de energía primaria y gas natural para la climatización; y

- La construcción del MEEPA a partir de la sistematización de las variables ambientales.

Denominación: LABORATORIO (10.000 pac.)	TEÓRICO	MEEP DT1b
Area: Diagnóstico y Tratamiento	Fecha: 10/97	

GRAFICA	REFERENCIAS	DATOS GENERALES
	A- Hematología y Química clínica. B- Microbiología. C- Toma de muestra	Sist. Constr.: Tradicional Superficie: 32,00m² Sup. Opaca: 8,00 m² Sup. Transparente: 2,40 m² Altura: 2,6 m T°Int.: 25° GD: 994 T°Media ext.: 17,5°

ILUMINACION			
General (fluorescente)	500 lux	12 hs	-
Localizada (incandescente)	800 lux	8 hs	2 m²
TOTAL Kwh/día.m²			0,075

EQUIPAMIENTO			
Refrigerador de banco de sangre	0,050 W	12 hs	
Horno eléctrico	1760 W	12 hs	
Estufa eléctrica	1760 W	12 hs	
Esterilizador	1000 W	12 hs	
Centrífuga	0,200 W	12 hs	
TOTAL Kwh/día.m²			0,608

CLIMATIZACION						
Ocupación	GAD	Renovación	Envolvente	Iluminac	TOTAL	
Cant.: 4 pers. Hs.: 12 F.Ocup.: 0,50	Ventana expuesta V.Simple	Cant.: 8 vol./h Dens.Aire: 1,3 Kg/m³ Entalpia: 0,99 KJ/Kg°C	K sup.op: 2,21 kw/m²°C K sup.tr: 5,8 kw/m²°C	0,075 Equip.		
0,075	0,073	1,071	0,142	0,608		0,443

	Teórico		Emision de Contaminantes Kg/m² año					
	Kwh/día.m²	TEP/año.m²	Part.	SO2	NOx	HC	CO	CO2
Iluminación	0,075	0,009	0,003	0,090	0,024	0,002	0,007	27,45
Equipamiento	0,608	0,076	0,029	0,760	0,205	0,014	0,058	231,8
Climatización	0,443	0,014	0,003	0,000	0,025	0,005	0,005	29,69
MEEPA	1,126	0,099	0,035	0,850	0,254	0,021	0,070	288,93

Figura 1. Ficha correspondiente al MEEP Laboratorio Tipo B.

CUANTIFICACION DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES EN UN MEEP TEORICO

A modo de ejemplo se expone el desarrollo de la cuantificación de las emisiones de contaminantes para el MEEP teórico correspondiente a un laboratorio tipo B (Ver Fig.1) con una demanda de 10.000 pacientes.

Para este MEEP se adoptó un sistema constructivo tradicional macizo con pared de 20cm de espesor y una altura promedio del local de 2,6m. Se lo considera además en un piso intermedio y con uno de sus lados expuestos, con un aventanamiento de 4 m² sin protección y con vidrio simple. Para el cálculo de iluminación general se utilizaron lámparas fluorescentes con un flujo luminoso de 3.200 lm (rendimiento lumínico de 80 lm/w y rendimiento calórico de 0,2). Para iluminación localizada se consideraron lámparas incandescentes y una superficie de plano de trabajo de 2 m². La iluminación natural es unilateral con ventanas de 4m x 1m orientadas al Este. El equipamiento electromecánico considerado es de carácter general y constituye un "óptimo" para la prestación del servicio específico. El factor de ocupación y las horas de uso se determinaron en base a 12 hs de atención.

A partir de estos datos, se determinaron las necesidades energéticas de iluminación, equipamiento y climatización, desagregada en ocupación, ganancia directa por ventana, renovación y envolvente. Estos valores se sintetizan en la ficha que se muestra en la figura N°1.

Para cuantificar las emisiones de contaminantes, en función de los consumos en iluminación, equipamiento y climatización, incorporamos un factor de conversión de Kwh a TEP de 11.600 Kwh/TEP y el número de días al año que debe estar disponible el servicio según el tipo de prestación sanitaria. En el caso de laboratorio, se han considerado 365 días. Las expresiones siguientes calculan para cada variable (iluminación, equipamiento y climatización) la energía demandada en TEP por año y para cada m² de área destinada a ese servicio, resultando de la siguiente manera:

$$E_{il} = 0,075 \text{ Kwh/día} \cdot \text{m}^2 / 11600 \cdot 365 \text{ días} = 0,002 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2$$

$$E_{equ} = 0,608 \text{ Kwh/día} \cdot \text{m}^2 / 11600 \cdot 365 \text{ días} = 0,019 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2$$

$$E_{oil} = 0,443 \text{ Kwh/día} \cdot \text{m}^2 / 11600 \cdot 365 \text{ días} = 0,014 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2$$

En el caso de iluminación y equipamiento electromecánico, consideramos la energía primaria necesaria para cubrir esa demanda, afectando al resultado con un valor de 4 (correspondiente a un rendimiento global del sistema eléctrico del 25%).

$$E_{il} = 0,002 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 4 = 0,009 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2$$

$$E_{equ} = 0,019 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 4 = 0,076 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2$$

Sintetizando, las necesidades energéticas del MEEP laboratorio en TEP/año · m² teniendo en cuenta los usos de iluminación, equipamiento, climatización y el total de MEEP, quedarían conformadas de la siguiente manera:

- Iluminación:	0,009 TEP/año · m²
- Equipamiento:	0,076 TEP/año · m²
- Climatización:	0,014 TEP/año · m²
- MEEP:	0,099 TEP/año · m²

Del producto de la demanda energética de cada variable (iluminación, equipamiento y climatización) y la total de cada MEEP, con los coeficientes de emisión de cada contaminante de la tabla N° 1, resultan las emisiones de contaminantes para el MEEP Laboratorio B en Kg/año · m², discriminados por el tipo de contaminante para cada uno de los tres grandes paquetes: iluminación, equipamiento (fuel oil) y climatización (gas natural).

Para Material en Partículas (Partic.)

- Fuel oil Iluminación= $0,009 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,38 \text{ Kg/TEP} = 0,003 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Equipamiento= $0,076 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,38 \text{ Kg/TEP} = 0,029 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

- Gas natural Climatización= $0,014 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,19 \text{ Kg/TEP} = 0,003 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Total de emisiones de mat. en partículas = $0,003 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 + 0,029 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 + 0,003 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 = 0,035 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Para Dióxido Sulfúrico (SO₂)

- Fuel oil Iluminación= $0,009 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 10 \text{ Kg/TEP} = 0,090 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Equipamiento= $0,076 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 10 \text{ Kg/TEP} = 0,760 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

- Gas natural Climatización= $0,014 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,005 \text{ Kg/TEP} = 0,00007 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Total de emisiones de Dióxido Sulfúrico= $0,090 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 + 0,760 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 + 0,00007 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 = 0,850 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Para Oxido de Nitrógeno (NO_x)

- Fuel oil Iluminación= $0,009 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 2,7 \text{ Kg/TEP} = 0,024 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Equipamiento= $0,076 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 2,7 \text{ Kg/TEP} = 0,205 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

- Gas natural Climatización= $0,014 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 1,8 \text{ Kg/TEP} = 0,025 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Total de emisiones de Oxido de Nitrógeno= $0,024 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 + 0,205 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 + 0,025 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2 = 0,254 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

Para Hidrocarburos (Hidroc.)

- Fuel oil Iluminación= $0,009 \text{ TEP/año} \cdot \text{m}^2 \cdot 0,19 \text{ Kg/TEP} = 0,002 \text{ Kg/año} \cdot \text{m}^2$

	Equipamiento=	0,076 TEP/año · m ² · 0,19 Kg/TEP = 0,014 Kg/año · m ²
- Gas natural	Climatización=	0,014 TEP/año · m ² · 0,38 Kg/TEP = 0,005 Kg/año · m ²
Total de emisiones de Hidrocarburos=		0,002 Kg/año · m² + 0,014 Kg/año · m² + 0,005 Kg/año · m² = 0,021 Kg/año · m²

Para Monóxido de Carbono (CO)

- Fuel oil	Iluminación=	0,009 TEP/año · m ² · 0,77 Kg/TEP = 0,007 Kg/año · m ²
	Equipamiento=	0,076 TEP/año · m ² · 0,77 Kg/TEP = 0,058 Kg/año · m ²
- Gas natural	Climatización=	0,014 TEP/año · m ² · 0,38 Kg/TEP = 0,005 Kg/año · m ²
Total de emisiones de Monóxido Carb.=		0,007 Kg/año · m² + 0,058 Kg/año · m² + 0,005 Kg/año · m² = 0,070 Kg/año · m²

Para Dióxido de Carbono (CO₂)

- Fuel oil	Iluminación=	0,009 TEP/año · m ² · 3050 Kg/TEP = 27,45 Kg/año · m ²
	Equipamiento=	0,076 TEP/año · m ² · 3050 Kg/TEP = 231,8 Kg/año · m ²
Gas natural	Climatización=	0,014 TEP/año · m ² · 2120 Kg/TEP = 29,69 Kg/año · m ²
Total de emisiones de Dióxido de Carb.=		27,45 Kg/año · m² + 231,8 Kg/año · m² + 29,68 Kg/año · m² = 288,93Kg/año · m²

En la parte inferior de la ficha de Figura N°1 se presenta la tabla resumen los valores calculados para el MEEPA Laboratorio B.

SISTEMATIZACION DE LAS VARIABLES AMBIENTALES (MEEPA)

La biblioteca informatizada de MEEP es un sistema que opera en forma autónoma y compatible con el resto de las herramientas y sistemas informáticas desarrolladas para el subsector salud. En ella se sistematiza la información de cada MEEP (teóricos, teóricos óptimo, reales y optimizados) cuantificando y discriminando la demanda de energía en sus diferentes aplicaciones. En este caso se avanzó en la incorporación de variables ambientales calculando las emisiones de contaminantes para cada MEEP.

La estructura de funcionamiento diseñada, se basa en una matriz de datos que relaciona los valores de cada MEEP, obtenidos de los cálculos de iluminación, equipamiento y climatización, con los distintos contaminantes (Partic., SO₂, NO_x, Hidroc., CO y CO₂), según el combustible seleccionado.

El programa muestra como salida una pantalla donde se sintetiza en una ficha, toda la información gráfica y técnica, calcula las necesidades energéticas totales del MEEP y desagregadas en iluminación, equipamiento y climatización, con sus correspondientes emisiones de contaminantes en Kg/año · m².

CONCLUSIONES

La incorporación de la variable ambiental a los MEEP surge a partir de la necesidad de profundizar y ampliar el conocimiento en la relación energía-ambiente de la red de salud. La incorporación de la variable ambiental al sistema informatizado nos permite identificar, además de las necesidades energéticas, las áreas críticas de cada establecimiento que tienen una participación relevante en las emisiones, discriminadas por contaminante, con el objeto de advertir su magnitud y de proponer en consecuencia alternativas de mejoramiento a través de la reducción u optimización del consumo energético.

Por otro lado, la obtención de valores que cuantifican la demanda y las emisiones de contaminantes energéticos y proceso ambiental de los edificios de salud a nivel global y diferencial, constituye una herramienta para el diagnóstico y control temprano con el fin de evaluar el impacto ambiental realizado por los edificios energo-intensivos de la red de salud a escala local (emisiones propias) y escala regional (emisiones de los controles termo-eléctricos).

Asimismo, los MEEPA nos permiten comparar el proceso ambiental de los edificios de salud con otros edificios de las redes del terciario y conocer la participación de cada MEEPA o conjuntos de MEEPA en el total del establecimiento.

Resulta claro también que el conocimiento diferencial de cada servicio de salud, desde el punto de vista energético en relación a lo edilicio, lo productivo, y ambiental, permite identificar los posibles ahorros de cada una de las áreas específicas de los establecimientos de salud, con la consecuente reducción de emisiones.

Respecto a los resultados obtenidos en la primera serie de MEEPA se observan valores específicos de emisiones de contaminantes (kg/m²año) y resulta interesante contar con la posibilidad de identificar las áreas críticas de los edificios de salud con el objeto de implementar mejoras.

1. Martini, I. (1998). La sistematización de los Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP), como herramienta de mejoramiento energético-ambiental en las redes edilicias de salud y educación Informe Beca de Perfeccionamiento. UNLP.
2. Rosenfeld, Y. (1998). Las redes territoriales. El contenido de Ciencia y Tecnología de sus variables energéticas. Informe Beca UNLP.
3. Rosenfeld, Y. Martini, I. Discoli, C. Tesler, J. Rosenfeld, E. (1996). Sistematización y biblioteca de Módulos Edilicios Energéticos Productivos (MEEP) del subsector salud. XIX ASADES. Vol 1. 6.25-6.28.
4. Rosenfeld, Y. Martini, I. Discoli, C. Tesler, J. Rosenfeld, E. (1997). *Incorporación del los módulos edilicios energéticos productivos (MEEP) de educación a la biblioteca informatizada*. XX ASADES, Vol 1 n° 2, 109-112.
5. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (1985). *Las evaluaciones del impacto ambiental como metodologías de incorporación del medio ambiente en la planificación*.