

# Iluminación natural sustentable en entornos hospitalarios: Análisis de barreras y facilitadores para el desempeño, confort y salud de sus trabajadores

## Sustainable daylighting in hospital environments: Analysis of barriers and facilitators to workers' performance, comfort, and health in their workers

Presentación: 4 y 5 de Octubre de 2022

### Doctoranda:

**Valeria D. Paviglianiti Labiano**

Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET),  
Centro Científico y Tecnológico Mendoza – Argentina.  
vpaviglianiti@mendoza-conicet.gob.ar

### Directora:

**Andrea E. Pattini**

### Codirector:

**Roberto G. Rodríguez**

### Resumen

Desde hace algunos años es necesario que los hospitales cumplan con normas de sustentabilidad y eficiencia energética ambiental. En este contexto uno de los aspectos más importantes es el factor ambiental iluminación, que impacta en los pacientes y en los trabajadores de la salud. La investigación en relación al personal de salud es aun limitada y la exposición diaria a posibles condiciones ambientales interiores inadecuadas es evidentemente mayor que la de los pacientes. El presente trabajo forma parte de una tesis doctoral que tiene como objetivo estudiar cómo impacta la iluminación natural desde una concepción integrativa en los trabajadores de la salud que realizan tareas de diagnóstico y tratamiento en los consultorios de guardia obstétrica ginecológica de los hospitales maternos del Área Metropolitana de Mendoza. El artículo presenta los avances metodológicos en la selección de casos de estudio y los resultados parciales de los mismo. El primer relevamiento fotométrico del espacio exhibe niveles de iluminancia horizontal en puestos de trabajo por debajo de las exigencias de las reglamentaciones nacionales.

Palabras clave: Arquitectura hospitalaria, Iluminación natural, Ergonomía Ambiental.

### Abstract

For some years now, it has been necessary for hospitals to comply with sustainability and environmental energy efficiency standards. In this context one of the most important aspects is the environmental factor lighting, which has an impact on patients and healthcare workers. Research in relation to health care workers is still limited and the daily exposure to possible inadequate indoor environmental conditions is evidently higher than for patients. This paper is part of a doctoral thesis that aims to study the impact of daylighting from an integrative perspective on health workers who carry out diagnostic and treatment tasks in the gynecological obstetric ward of a maternity hospital in the Metropolitan Area of Mendoza. The article presents the

methodological advances in the selection of case studies and their partial results. The first photometric survey of the space shows horizontal illuminance levels in workstations below the requirements of national regulations.

Keywords: Hospital architecture, Daylighting, Environmental Ergonomics.

## Introducción

Según Wagenaar los hospitales han sido considerados como edificios con poca posibilidad para el diseño arquitectónico (Wagenaar et al, 2018). Sin embargo, la situación ha cambiado por completo y los hospitales están de nuevo en la línea del frente de la arquitectura, así como la necesidad de que estos edificios respondan a normas y reglamentaciones de sustentabilidad y eficiencia energética ambiental (etiquetados BREEAM, LEED, etc.). Paralelamente, los pacientes y agentes de salud están tomando un papel activo en el tratamiento. Esto significa que la experiencia de la atención del paciente y sus entornos se vuelven centrales y, por lo tanto, la investigación sobre cómo se realizan estas tareas en general y en particular su relación con el ambiente físico toma gran relevancia a la hora de recomendar estrategias de diseño y renovación de edificios para la salud (Brambilla & Campolongo, 2019).

Si bien se ha prestado una mayor atención a la investigación y arquitectura de la salud (Tonello, 2015, Anaker et al, 2017, Chi et al, 2019), ésta se ha centrado en mejorar las condiciones del paciente, el enfoque de la investigación arquitectónica en relación con el personal de sanidad es aún limitado (Pati et al, 2008). El impacto del entorno laboral en los trabajadores de la salud ha de tenerse en cuenta, debido a que su exposición a posibles condiciones ambientales interiores inadecuadas es evidentemente mayor que la de los pacientes. A modo de ejemplo, en 2005 la estancia promedio de pacientes en hospitales agudos en la Región Europea, según datos de la OMS fue de 8.9 días (WHO Regional Office for Europe, 2008), mientras el personal de salud desarrolla sus actividades laborales diariamente en las mismas condiciones ambientales interiores. Los factores del ambiente físico interior de la arquitectura hospitalaria están en revisión debido a las exigencias de gobiernos locales e internacionales en pos de cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas como parte de la agenda 2030. Sin embargo, requerimientos de sustentabilidad pueden entrar en conflicto con aspectos ergonómicos de calidad ambiental interior (Rodríguez et al, 2018), abriéndose una aparente brecha entre requerimientos energéticos y humanos. En este contexto uno de los aspectos ambientales más relevantes es la calidad y cantidad de luz disponible, así como su variabilidad en función del tiempo. Esto impacta tanto en los aspectos energéticos como en los efectos visuales y no visuales de las personas (Dalke et al, 2006), conformando en su conjunto, la iluminación integrativa definida por la CIE (CIE, 2019), que abarca todos los aspectos asociados a la iluminación de un local, incluyendo la eficiencia energética, el desempeño humano, y la iluminación saludable. Los aspectos para considerar incluyen apariencia del color, control e integración de la iluminación natural, flicker (centelleo), iluminancias horizontales, verticales y circadiana, siendo los requerimientos de iluminación diferentes según el servicio de salud que se presta en cada local. Existen pocos indicadores disponibles que asistan al diseño y evaluación de un entorno visual hospitalario apropiado a las necesidades de pacientes y trabajadores (Dalke et al, 2006).

La luz, como componente de este ámbito laboral específico, puede asociarse a efectos tanto positivos (facilitadores) como negativos (barreras). El objetivo general de esta investigación es avanzar en el conocimiento de los efectos del factor ambiental iluminación natural sustentable, barreras y facilitadores, para el desempeño visual, confort visual y salud de los trabajadores de la salud que realizan tareas de diagnóstico y tratamiento en los hospitales del Área Metropolitana de Mendoza (AAM), y desarrollar indicadores específicos de iluminación integrativa.

## Desarrollo

La metodología propuesta en el plan de trabajo esta compuesta por cinco etapas: (1) Búsqueda de antecedentes, (2) Análisis de barreras y facilitadores, (3) Desempeño visual en contexto, (4) Propuesta de indicadores de iluminación ergonómica en entornos hospitalarios, y (5) Análisis de datos y conclusiones de las evaluaciones realizadas. La tesis avanza en el Análisis de barreras y facilitadores (2), en el proceso de selección de los establecimientos de salud a estudiar que difieren según su tipología edilicia, nivel de complejidad de

atención de la salud y capacidad de atención médica. Este desarrollo alcanza distintos tipos de análisis: (i) Estudio del sistema de salud y selección del tipo de establecimiento de atención médica, (ii) Relevamiento físico y fotométrico con el protocolo de medición PC-SRT, (iii) Verificación de las normas nacionales y provinciales vigentes, y (iv) Análisis de los casos de estudio a través del Diagrama Morfológico de Baker (Baker et al, 1993).

En el Estudio del sistema de salud y selección del tipo de establecimiento de atención médica (i) se analizó el sistema nacional y provincial con el objetivo de detectar los establecimientos de salud con internación mas frecuentes del AMM, y obtener una muestra edilicia que represente los diferentes sectores y categorías. La figura 1 esquematiza la estructura del sistema de salud en Argentina, caracterizado por una excesiva fragmentación, que se da en primer lugar en tres grandes subsectores: público, de seguridad social y privado. La fragmentación continúa hacia dentro de cada uno de los subsectores. El subsector público está fragmentado en los niveles nacional, provincial y municipal. El subsector de la seguridad social implica cuatro universos diferentes: obras sociales nacionales, provinciales, de las fuerzas armadas y de seguridad, y obras sociales de las universidades nacionales y de los poderes Legislativo y Judicial (Galli et al, 2017). Los niveles de atención médica dentro del sistema de salud se dividen en tres. Por otro lado, los establecimientos de salud con internación están categorizados por la R. M. 282/94 en: Bajo riesgo (I), Mediano riesgo (II), Alto riesgo con terapia intensiva (III A) y Alto riesgo con terapia intensiva especializada (III B).

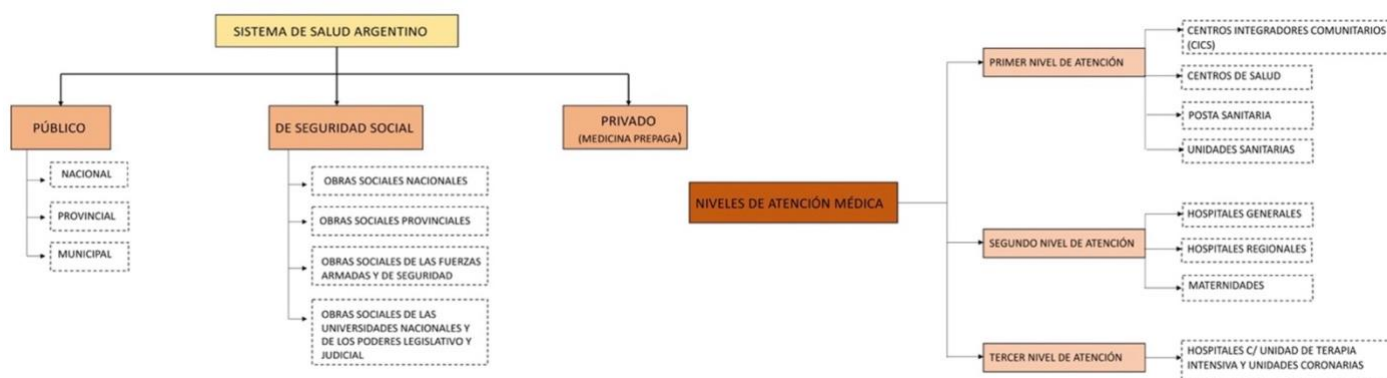


Figura 1: Cuadro sinóptico de la organización del sistema de salud nacional y los niveles de atención medica.

En la provincia de Mendoza el plan de ordenamiento territorial, ley Nro. 8.999, organiza los hospitales públicos de la siguiente manera: hospitales de referencia regional nacional, hospitales especializados, hospitales de referencia regional provincial y hospitales departamentales. Cada región sanitaria está organizada por niveles de complejidad y tiene hospitales de referencia.

En el relevamiento físico y fotométrico de los espacios de estudio seleccionados, perteneciente a la etapa (ii), se implementó el protocolo para la medición de iluminación en el ambiente laboral PC-SRT (Pattini et al, 2012). El análisis incluyó datos generales, datos del equipamiento; datos del local, sistemas de iluminación, puestos de trabajo, y condiciones lumínicas. Se recolectaron las medidas de iluminancia horizontal en puestos de trabajo con un luxómetro LMT Pocket-2. Se establecieron como puntos de medición los puestos de trabajo. El relevamiento se realizó de enero a agosto del 2022 entre las 10.00 y las 12.30 hs en cuatro escenarios de iluminación: (i) Iluminación natural con protección solar interior abierta, (ii) Iluminación natural- artificial encendida con protección solar interior abierta, (iii) Iluminación natural-artificial encendida con protección solar interior cerrada, (iv) Iluminación artificial encendida. Las condiciones de uso habitual de cada espacio priorizan la privacidad del paciente utilizando la protección solar cerrada, cortina cerrada o baja, y la luz artificial encendida. Algunas salas poseen vidrio translúcido o texturado y no poseen cortinas.

En la verificación de las normas nacionales y provinciales vigentes (iii) se analizaron los casos de estudio según el Código de Edificación de Mendoza y se verificaron los porcentajes iluminación natural de los distintos casos. Se estudiaron los requerimientos de las normas mínimas físico-funcionales del D.R. 3016/1992 de la ley 5532, Habilitación, categorización y acreditación de establecimientos prestadores de salud para la provincia de Mendoza. La misma especifica que los espacios deben ser iluminados naturalmente y deben cumplir con el Código de Edificación de Mendoza. Finalmente, se compararon los niveles de iluminancia horizontal en los puestos de trabajo por tipo de tarea según el Anexo IV del D.R. 351/79.

El diagrama morfológico de Baker es un instrumento de síntesis de parámetros fundamentales para el diseño arquitectónico relacionado con la luz natural, y puede ser utilizado en el proceso de diseño o para la descripción y evaluación de edificios existentes desde un punto de vista ambiental, con énfasis en la luz natural (Amorin, 2007). El objetivo del análisis de los casos de estudio a través del diagrama (iv) es caracterizar el edificio a través de la selección de una variable por parámetro, y distinguir que cualidad específica carecen o poseen los espacios para obtener un resultado gráfico, el perfil de cada edificio, que permita compararlos. Al diagrama original se le agregaron variables en el nivel “habitación” para analizar parámetros comunes que se identificaron en los espacios de estudio.

## Resultados

En el estudio del sistema de salud y selección del tipo de establecimiento de atención médica (i) se seleccionaron hospitales con internación especializados en maternidad que pertenecen al segundo y tercer nivel de atención debido a que son los establecimientos asistenciales con internación especializados más frecuentes en el sistema de salud del AMM. En total, siete hospitales maternos de diferentes categorías ( II, IIIA y IIIB ) y subsectores (público, de seguridad social y privado) fueron elegidos para realizar un primer relevamiento y posteriormente seleccionar los casos donde se realizarán las mediciones anuales. El caso de estudio III B-4 no posee acceso a la luz natural en el espacio de estudio e igualmente se ha incorporado en el análisis debido a la jerarquía de esta institución dentro del sistema de salud y a la posibilidad de investigar los efectos de la ausencia de iluminación natural en el ritmo circadiano de sus trabajadores. Dentro de los hospitales maternos el espacio de análisis elegido fue el consultorio de guardia obstétrica-ginecológica debido a la exigencia de un diagnóstico médico rápido y la cantidad de horas continuas de trabajo por turno que requieren demandas visuales y no visuales asociadas al entorno lumínico. Se considera que esta delimitación de tipo de trabajador de la salud y de tipo de espacio hospitalario si bien acota el trabajo a abordar en la tesis constituirá una base temática y metodológica que tiene potencial de aplicación a otros trabajadores de la salud y otros espacios hospitalarios en relación con la iluminación integrativa.

En la tabla 1 se describen las características del sistema de iluminación natural y artificial de los consultorios de guardia obstétrica-ginecológica de los diferentes casos de estudio relevados a través del protocolo de medición PC-SRT (ii).

Casos de estudio	Sistema de iluminación natural				Sistema de iluminación artificial		
	Cant. de ventanas	Tipo de vidrio	Elementos de control interior	Elementos de control exterior	Tipo de montaje	Cant. Artefactos (Nro. Fuentes)	Tipo de artefacto
II-1	2	Transparente	Cortina	S/E	Aplicado	1(2)	Plafón estanco c/ tubos led
III A-1	1	Texturado	Roller	S/E	Embutido	1(1)	Panel difusor led
III A-2	1	Transparente	S/E	Celosía	Aplicado	2(2-3)	Listón p/ tubos led s/ difusor
III B-1	2	Translúcido	Roller	S/E	Embutido	3(1)	Panel difusor led
III B-2	1	Transparente	Roller	S/E	Embutido	2(1)	Artefacto de embutir para tubos
III B-3	1	Translúcido	S/E	Alero	Embutido	2(3)	Plafón de embutir c/louwer lineal
					Embutido	3(1)	Plafón de embutir c/lampara led
					Embutido	4 (7)	Listón p/ tubos led s/ difusor
III B-4	0	S/E	S/E	S/E	Embutido	4 (7)	Listón p/ tubos led s/ difusor

Tabla 1: Características del sistema de iluminación natural y artificial de los consultorios relevados.

En la figura 2 se resumen los resultados del relevamiento físico y fotométrico a través de la planta arquitectónica del consultorio, una foto ojo de pez, la descripción de las características morfológicas del espacio y los niveles de iluminancia horizontal relevados en los puestos de trabajo en los diferentes escenarios propuestos.

La verificación de las normativa nacional y provincial vigente (iii) presenta los siguientes resultados: el Código de Edificación de Mendoza exige que la superficie mínima de las ventanas sea igual, como mínimo, al 12% de la superficie del piso de la habitación. Excepto el caso III B-3 que arrojó un valor de 6,42 % el resto cumple con el código. La evaluación legal correspondiente al DR 351/79 para tareas severas, prolongadas y de poco contraste que se realizan en los puestos de diagnóstico y tratamiento requieren una iluminancia mínima entre 750-1500lx. Los trabajos generales de tarea de oficina requieren 500 lx de iluminancia mínima y los trabajos especiales solicitan 750 lx.

CASOS DE ESTUDIO			RESULTADOS MEDICIONES					
PLANTA	FOTO	DESCRIPCION	PUNTO MEDICION	E1	E2	E3	E4	
				Eh(x)	Eh(x)	Eh(x)	Eh(x)	
		<b>II-1</b> Categoría: II Sector: Pubico Superficie: 11,38 m <sup>2</sup> Altura: 2,35 m Orientación: Norte-Sur Puntos de medicion: 4 % de iluminacion: 20,67%	P1 P2 P3 P4 MEDIA	968 298 160 140 391,5	905 530 307 240 495,5	114 310 197 225 211,5		
		<b>III A-1</b> Categoría: III A Sector: Privado Superficie: 8,88 m <sup>2</sup> Altura: 2,46 m Orientación: Norte Puntos de medicion: 4 % de iluminacion: 18,58%	P1 P2 P3 P4 MEDIA	42 48 63 455 152	98 141 95 680 253,5	88 135 134 422 194,8		
		<b>III A-2</b> Categoría: III A Sector: Pubico Superficie: 20,25 m <sup>2</sup> Altura: 2,9 m Orientación: Este Puntos de medicion: 8 % de iluminacion: 18,47%	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 MEDIA	19 108 54 52 30 453 238 959 239,1	55 111 252 180 182 510 335 1043 333,5			
		<b>III B-1</b> Categoría: III B Sector: Privado Superficie: 11,35 m <sup>2</sup> Altura: 2,65 m Orientación: Oeste Puntos de medicion: 4 % de iluminacion: 35,14%	P1 P2 P3 P4 MEDIA	94 86 55 123 89,5	746 357 645 735 620,8	369 180 233 405 296,8		
		<b>III B-2</b> Categoría: III B Sector: Privado Superficie: 16,80 m <sup>2</sup> Altura: 2,95 m Orientación: Este Puntos de medicion: 6 % de iluminacion: 12,87%	P1 P2 P3 P4 P5 P6 MEDIA	150 500 190 540 980 1970 721,7	261 565 381 635 1145 2120 851,2	133 149 192 265 302 490 255,2		
		<b>III B-3</b> Categoría: III B Sector: Obra Social Superficie: 20,26 m <sup>2</sup> Altura: 2,58 m Orientación: Oeste Puntos de medicion: 8 % de iluminacion: 6,42%	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 MEDIA	5 4 6 10 15 10 15 57 15,3	134 133 146 112 83 157 162 127 131,8			
		<b>III B-4</b> Categoría: III B Sector: Pubico Superficie: 29,94 m <sup>2</sup> Altura: 2,70 m Orientación: S/LN Puntos de medicion: 15 % de iluminacion: S/LN	P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P14 P15 MEDIA				206 205 191 225 55 54 49 63 82 68 125 62 70 35 138 108,5	
<b>REFERENCIAS</b> Eh: iluminancia horizontal Escenarios de iluminacion: E1: Iluminación natural c/ protección solar interior abierta / E2: Iluminación natural- artificial encendida c/ protección solar interior abierta/ E3: Iluminación natural- artificial encendida c/ protección solar interior cerrada/ E4: Iluminación artificial Escenario de iluminacion de uso frecuente								

Figura 2: Características morfológicas de los consultorios y niveles de iluminancia horizontal relevados en diferentes escenarios.

En algunos escenarios de iluminación, en determinados puntos de medición, el nivel de iluminancia horizontal alcanza el valor requerido por el marco reglamentario, y solo el caso III-B2, en el escenario de iluminación 2, alcanza en el promedio un valor de 851,2 lx. El caso III A-2 en el escenario de iluminación de uso frecuente cumple con el nivel solicitado en una de las camillas de atención médica y en uno de los escritorios donde se realizan tareas de lectoescritura porque estos puestos de trabajo están ubicados próximos a la ventana y el relevamiento se realizó en verano en horas de la mañana.



El análisis del diagrama morfológico de Baker (iv) permitió en una primer etapa identificar las características espaciales de los distintos hospitales y ratificar la heterogeneidad del diseño arquitectónico de los consultorios de guardia obstétrica-ginecológica. En la siguiente etapa, para la selección de los casos de estudio, se propone aplicar una metodología cuantitativa de selección de variables de disponibilidad de luz natural en el espacio que permita clasificar los espacios de menos favorable a mas favorable.

## Conclusiones

El primer relevamiento fotométrico realizado en una muestra de siete hospitales maternos que representan las tres categorías existentes y sectores (público, privado y de obra social) informa que los consultorios de guardia obstétrica-ginecológica presentan diferentes características espaciales, de orientación y no cumplen con los niveles de iluminancia horizontal solicitados por la norma nacional en todos los puestos de trabajo en el escenario de uso frecuente al momento de la medición. Para seleccionar tres casos de estudio que presenten diferente disponibilidad de luz natural y realizar el seguimiento anual de los mismos se propone modelar los espacios y simular dinámicamente la luz natural en su interior con la aplicación web de acceso libre “Dynamic Daylighting”, versión 2.0.0, creada por Andrew Marsh. Esta aplicación permite realizar el análisis dinámico de la luz del día en tiempo real dentro de una habitación rectangular simple basada en distribuciones detalladas del cielo. A partir de esto, puede calcular la iluminancia por hora en cada punto de la cuadrícula a lo largo de todo el año y luego analizarla para derivar métricas de luz natural dinámica espacial. Por otro lado, se tendrán en cuenta los resultados arrojados por el método cuantitativo de selección de variables de disponibilidad de luz diurna. A través de esta metodología y del análisis del uso del espacio por el personal de salud se definirán los hospitales a medir anualmente.

## Referencias

- Amorim, C. N. D. (2007). Diagrama morfológico Parte II: projetos exemplares para a luz natural: treinando o olhar e criando repertorio.
- Anåker, A., Heylighen, A., Nordin, S., & Elf, M. (2017). Design quality in the context of healthcare environments: a scoping review. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 10(4), 136-150.
- Baker, N. V., Fanchiotti, A., & Steemers, K. (2013). *Daylighting in architecture: a European reference book*. Routledge.
- Brambilla, A., & Capolongo, S. (2019). Healthy and sustainable hospital evaluation—a review of POE tools for hospital assessment in an evidence-based design framework. *Buildings*, 9(4), 76.
- Chi, P., Gutberg, J. & Berta, W. (2019). The Conceptualization of the Natural Environment in Healthcare Facilities: A Scoping Review. *Health Environments Research & Design Journal* 1-18.  
<https://doi.org/10.1177/1937586719845118>.
- Dalke, H., Little, J., Niemann, E., Camgoz, N., Steadman, G., Hill, S., & Stott, L. (2006). Colour and lighting in hospital design. *Optics & Laser Technology*, 38(4-6), 343-365.
- Galli, A., Pagés, M., & Swieszkowski, S. (2017). Residencias de cardiología. Contenidos transversales. El sistema de Salud en Argentina. Material producido por el Área de Docencia de la Sociedad Argentina de Cardiología. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/lasaludcomoderechosocial/el-sistema-de-salud-en-argentina>.
- ISO/CIE CD TR 21783 (2019) Light and lighting - Integrative lighting
- Pattini, A., Rodríguez, R., Monteoliva, J. M. & Yamín Garretón, J. (2012). Iluminación en espacios de trabajo: propuestas al protocolo de medición del factor iluminación de la Superintendencia de Riesgos de Trabajo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16.
- Rodríguez, R. G., Monteoliva, J. M., & Pattini, A. E. (2018). A comparative field usability study of two lighting measurement protocols. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 5(4), 323-343.
- Tonello, G. L. D. C. (2015). Luz y Salud (una revisión). *Revista Luminotecnia*, 58-62.
- Wagenaar, C., Mens, N., Manja, G., Niemeijer, C. & Guthknecht, T. (2018). *Hospitals: . ISBN- 13: 978-3038214731*.
- WHO Regional Office for Europe (2008). Health for All database (HFA-DB) [offline database]. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (July 2008 update).