

Principios básicos para la optimización de operaciones y reducción de impactos ambientales



Dr. Ramón Alberto Sánchez Piña
Harvard University
rsanchez@hsph.harvard.edu

Resumen

- Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente
- Efectos ambientales de optimizar las operaciones
- Algunas técnicas para la optimización de operaciones (identificación de desperdicios, organización del lugar de trabajo, uso adecuado de automatización, etc.)

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- Actualmente la mayor parte de la energía se produce utilizando combustibles fósiles, lo cual produce contaminantes diversos



Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- Principales contaminantes del aire:

Partículas gruesas (PM10), partículas finas (PM2.5), ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV), plomo (Pb) y mercurio (Hg).

Principales contaminantes del agua

Bacterias, parásitos, dioxinas, metales disueltos, etc.

Principales contaminantes del suelo:

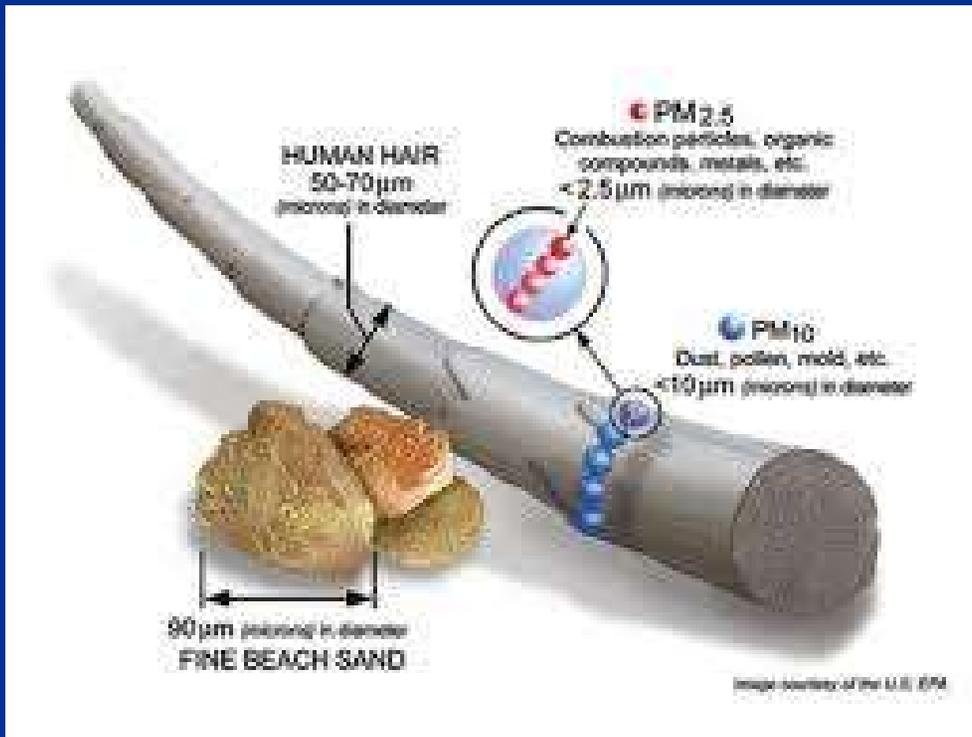
Pesticidas, herbicidas, metales pesados, dioxinas, etc.

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- Contaminantes del aire:
- PM10: Proviene de polvo, combustión de combustible para electricidad, emisiones naturales etc.
- PM2.5: Viene principalmente de motores de combustión interna, pero también podría venir de reacciones secundarias de SO₂ (se convierte en partículas de sulfato fino PM_{2,5}) y NO_x (que se convierte en partículas de nitrato fino PM_{2.5}).

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

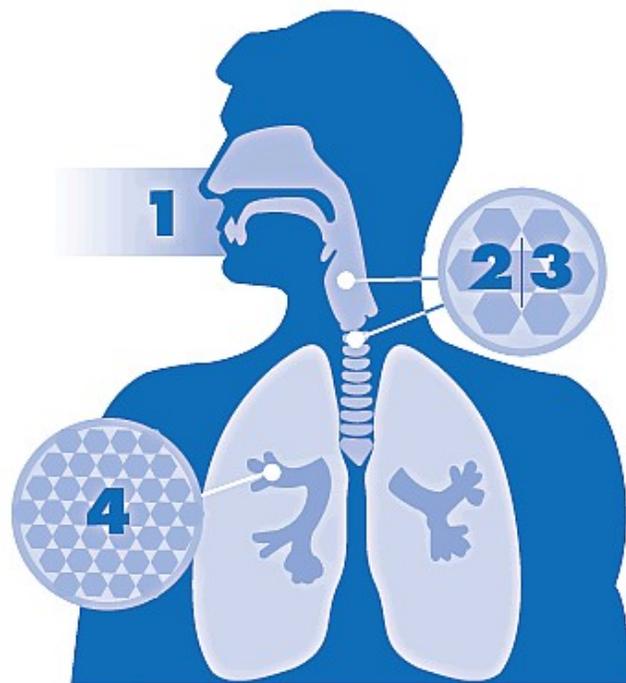
- Las partículas suspendidas son realmente pequeñas (mucho más pequeñas que el ancho de un cabello humano), por lo que cuando lo respiramos, interactúa con el revestimiento de nuestros pulmones, causando inflamación que conduce a un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular



Source: U.S. EPA. <http://www.epa.gov>

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

How Particulate Matter Enters Our Body



1 Particulate matter enters our respiratory (lung) system through the nose and throat.

2|3 The larger particulate matter (PM₁₀) is eliminated through coughing, sneezing and swallowing.

4 PM_{2.5} can penetrate deep into the lungs. It can travel all the way to the alveoli, causing lung and heart problems, and delivering harmful chemicals to the blood system.

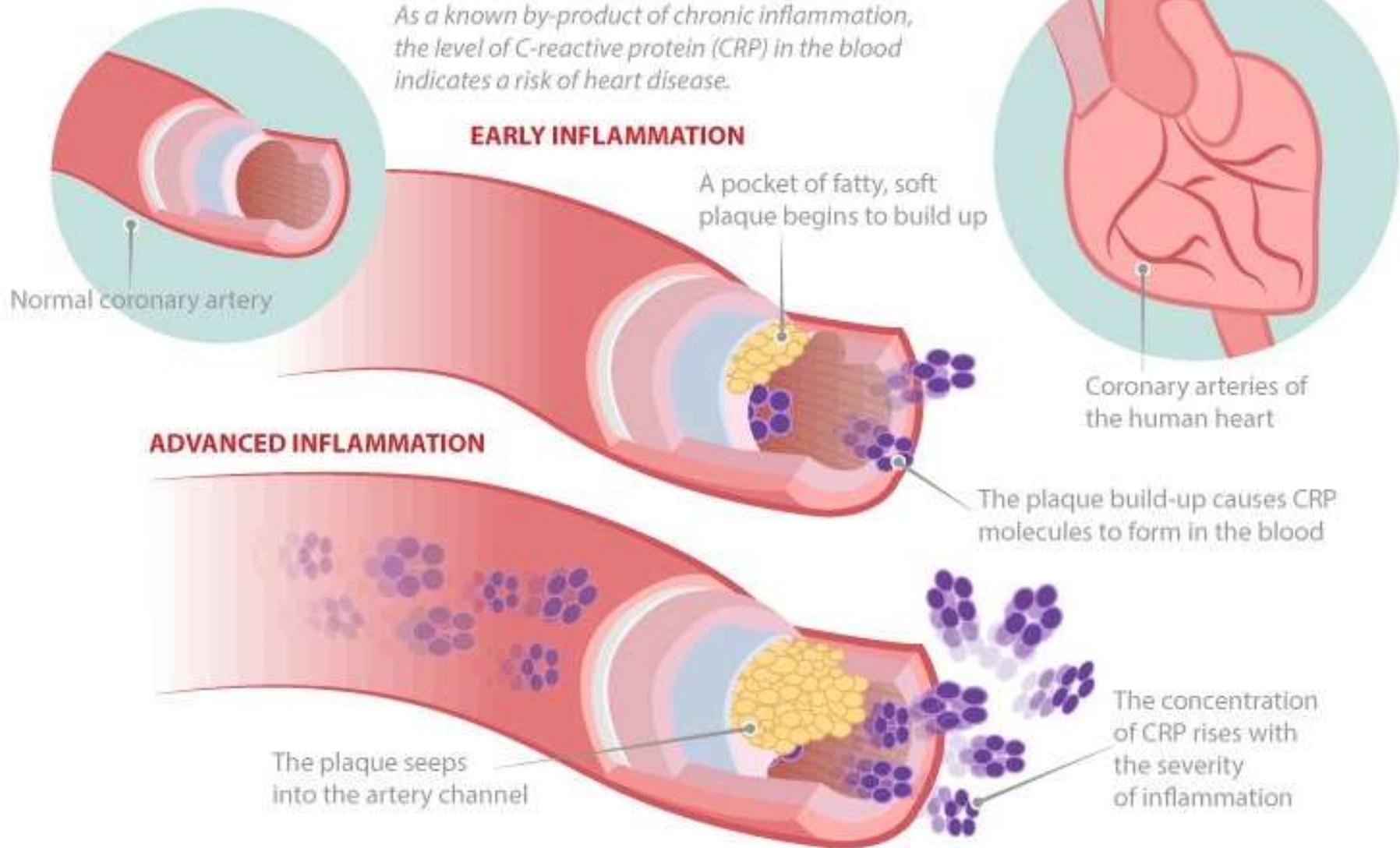
- Por lo general, las partículas más grandes que PM₁₀ se eliminan al toser, estornudar y tragar. Las partículas más pequeñas penetran en el sistema respiratorio superior (PM₁₀) y el sistema respiratorio inferior (PM_{2.5}).

Source: British Columbia Air Quality.

<http://www.bcairquality.ca/health/air-quality-and-health.html>

Heart Disease and Chronic Inflammation

As a known by-product of chronic inflammation, the level of C-reactive protein (CRP) in the blood indicates a risk of heart disease.



Source: Earthing Canada <http://earthingcanada.ca>

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- El Harvard Six Cities Study (Dockery et al., 1993), encontró que un incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ incrementa la mortandad cardiovascular en un 9% (95% Intervalo de Confianza: 3%, 16%)



Table 1. Number of participants, mortality, and average $\text{PM}_{2.5}$ levels in the Harvard Six Cities study, 1974–2009.

| Characteristic | Six cities (combined) | Steubenville | Kingston-Harmon | St. Louis | Watertown | Topeka | Portage-Wyocena-Fardeeville |
|--|-----------------------|--------------|-----------------|------------|------------|------------|-----------------------------|
| Participants (n) | 8,096 | 1,346 | 1,258 | 1,292 | 1,332 | 1,238 | 1,630 |
| Person-years (n) | 212,067 | 33,276 | 33,067 | 32,225 | 36,818 | 32,877 | 43,804 |
| Cause of death | | | | | | | |
| All causes (n(%)) | 4,495 (55.5) | 822 (61.1) | 733 (58.3) | 827 (64.0) | 700 (52.6) | 617 (49.8) | 796 (48.8) |
| Cardiovascular (%) | 40.8 | 45.3 | 41.1 | 42.2 | 39.3 | 37.4 | 38.6 |
| Lung cancer (%) | 7.8 | 9.0 | 8.0 | 8.7 | 6.6 | 7.3 | 6.8 |
| CCPD (%) | 5.5 | 4.9 | 7.0 | 5.1 | 4.9 | 7.3 | 4.6 |
| 1974–2009 average of individual $\text{PM}_{2.5}$ concentrations | 15.9 | 23.6 | 19.1 | 16.7 | 14.0 | 12.2 | 11.4 |

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

■ Principales contaminantes:

- Ozono (O₃) se forma por reacciones secundarias de NO_x y COV cuando se exponen al sol

- La reacción es:



- <http://www.epa.gov/airnow/ozone/o3.html>



Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

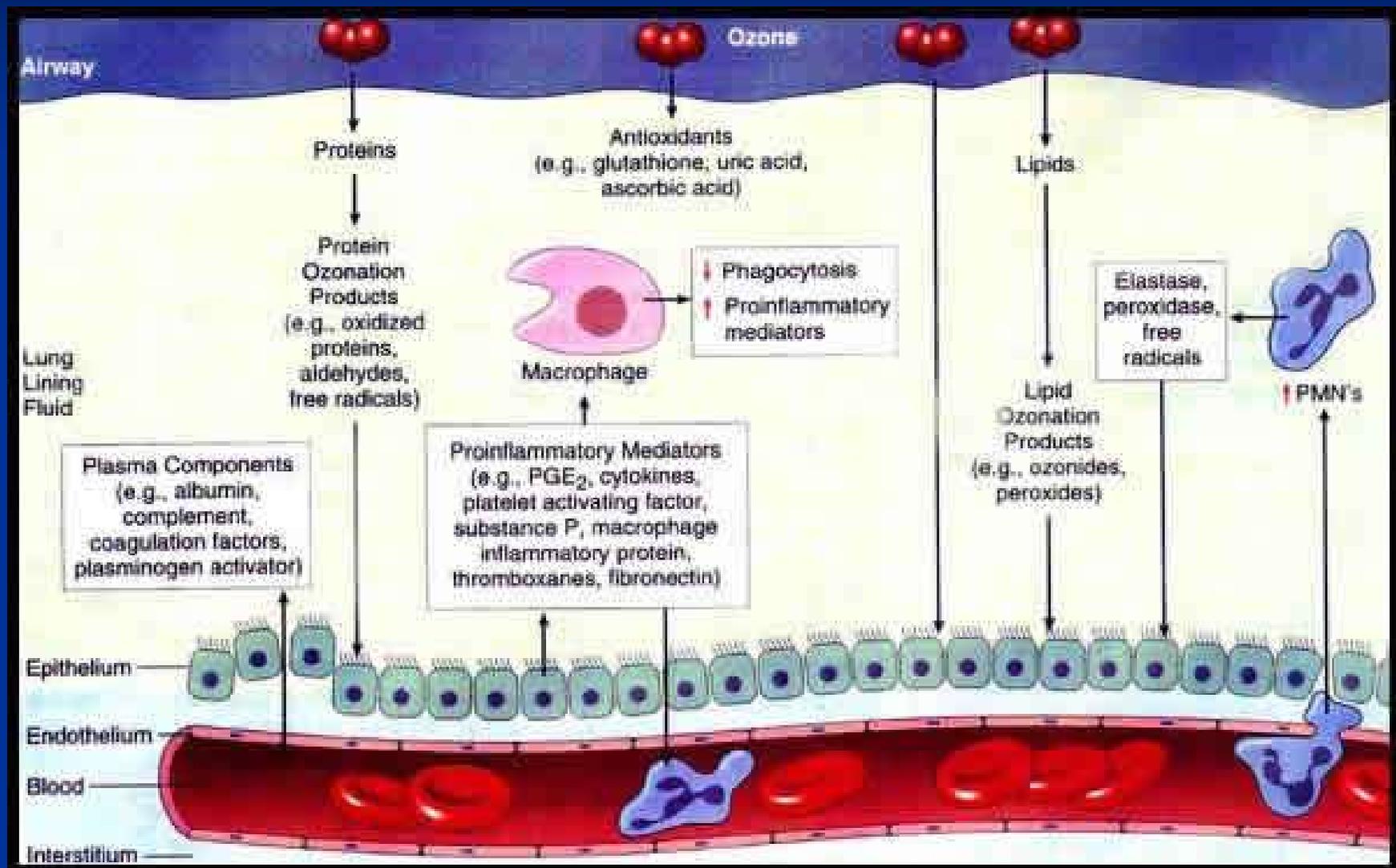
- Principales contaminantes del aire:

- El ozono proviene de vehículos, plantas químicas y centrales eléctricas, principalmente

El ozono no reacciona con el agua, por lo que va hasta el tracto respiratorio inferior y disuelve la fina capa de fluido de revestimiento epitelial (ELF) a través de las vías respiratorias conductoras del pulmón.

Esto provoca una reacción inmune muy importante que puede causar inflamación crónica

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente





Air Quality Index for Ozone

(based on 8-hr average concentrations)

| Index Values (Conc. Range) | Air Quality Descriptors | Cautionary Statements for Ozone |
|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| 0 – 50 (0-59 ppb) | Good | No health impacts are expected when air quality is in this range. |
| 51 – 100 (60-75 ppb) | Moderate | Unusually sensitive people should consider limiting prolonged outdoor exertion |
| 101 – 150 (76-95 ppb) | Unhealthy for Sensitive Groups | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should limit prolonged outdoor exertion |
| 151 – 200 (96-115 ppb) | Unhealthy | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid prolonged outdoor exertion; everyone else, especially children should limit prolonged outdoor exertion. |
| 201 – 300 (116-374 ppb) | Very Unhealthy | Active children and adults, and people with respiratory disease, such as asthma, should avoid all outdoor exertion; everyone else, especially children, should limit outdoor exertion. |

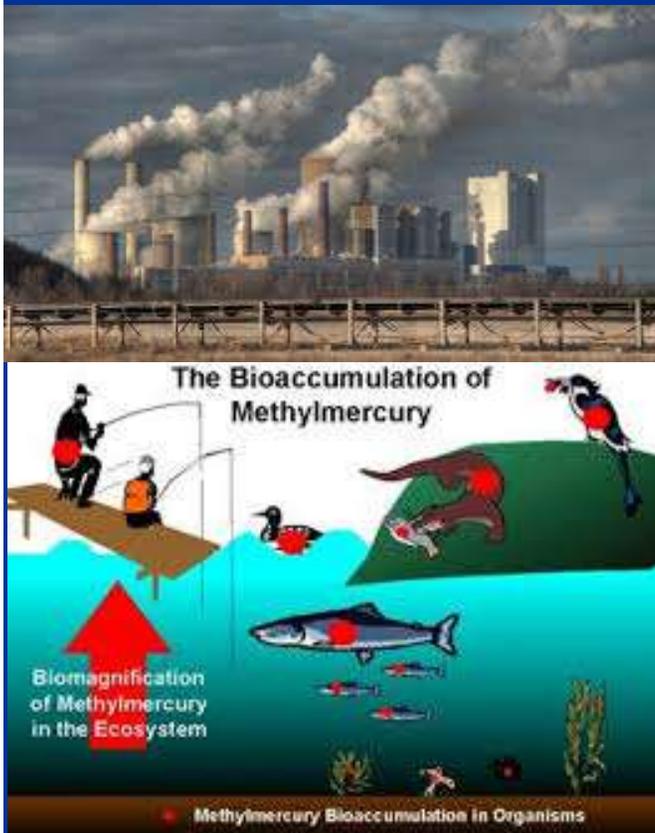
Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- Principales contaminantes del aire:
 - El plomo (Pb) produce daños nerviosos en el cerebro, pérdidas auditivas, crecimiento reducido y problemas reproductivos. Los daños nerviosos podrían conducir a una disminución de las capacidades intelectuales en el individuo, que en condiciones severas podría causar retraso en los niños y las poblaciones susceptibles (por ejemplo, las mujeres embarazadas)
 - El plomo proviene de procesos industriales y de los anti-detonantes que antes le ponían a la gasolina
-

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

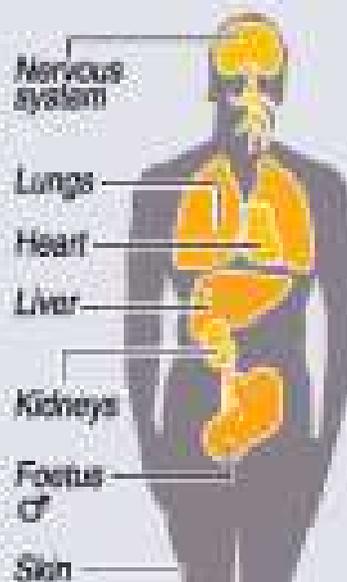
- Principales contaminantes del aire:
 - El mercurio (Hg) también produce daños nerviosos en el cerebro que pueden conducir a una disminución de las capacidades intelectuales en el individuo, pérdidas auditivas, espasmos involuntarios y problemas para tragar (dolor)
 - El mercurio proviene principalmente de centrales térmicas a carbón y se propaga a través del aire a distancias medias y largas donde se bioacumula como metilmercurio en la grasa

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

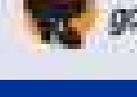


Mercury and human health

Most affected organs



General Exposure



Source: United Nations Environment Programme, *Global Mercury Assessment 2018*

Mercury in food and products



Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

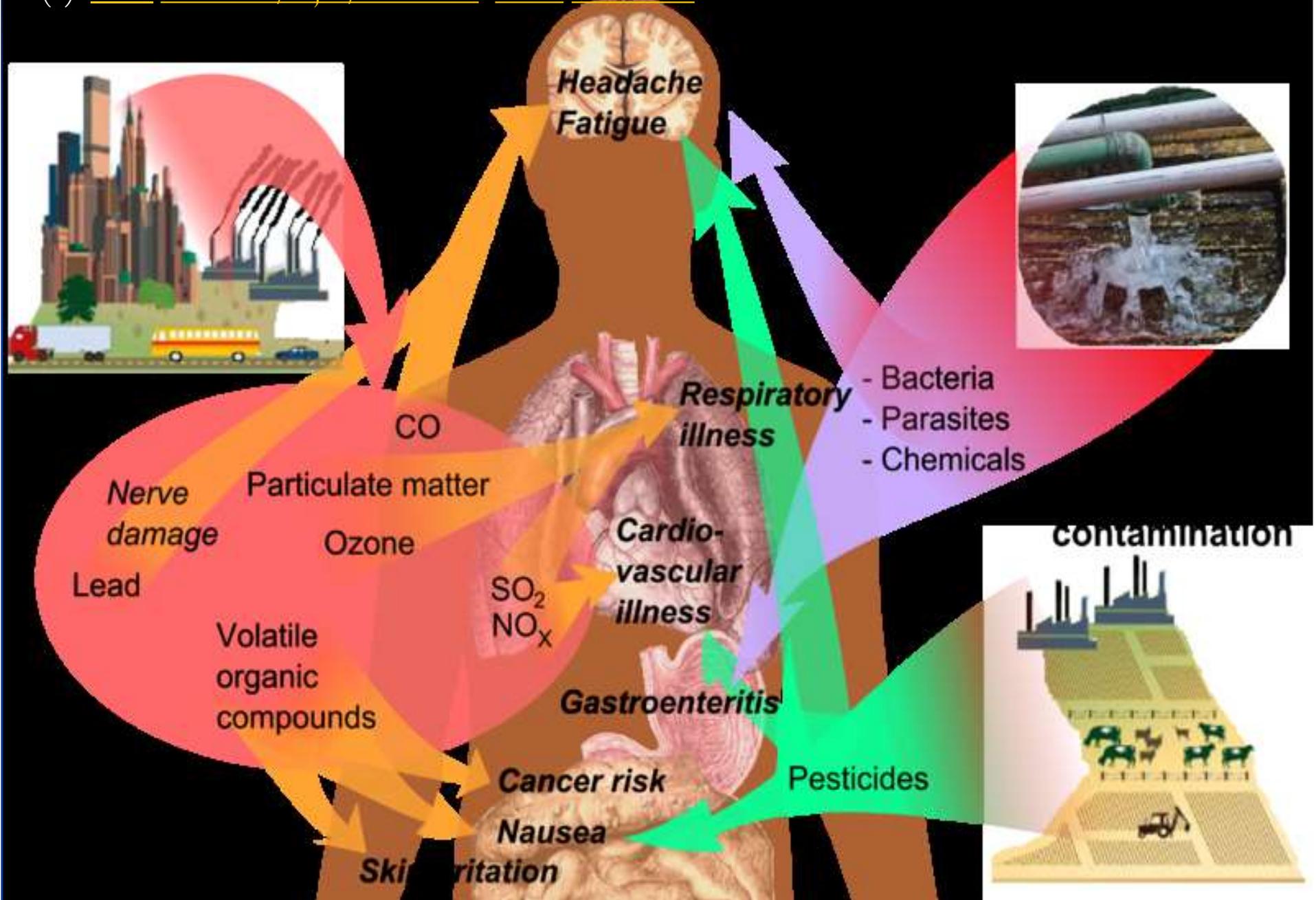
- Vamos a tratar principalmente de la contaminación del aire en los proyectos de generación de energía, ¿por qué?
 - La contaminación del agua no es tan severa con los métodos actuales de generación de electricidad y distribución de combustible.
 - La contaminación de los suelos proviene principalmente de la agricultura y de las industrias no relacionadas con la generación de energía, por lo que sólo es relevante si consideramos un mayor uso de fertilizantes, pesticidas en biocombustibles

Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- En cualquier caso, los beneficios para reducir la contaminación del agua y del suelo en proyectos de energía renovable son insignificantes en comparación con los beneficios de reducir la contaminación del aire



Häggström, Mikael. "[Medical gallery of Mikael Häggström 2014](#)". *Wikiversity Journal of Medicine* 1 (2). [DOI:10.15347/wjm/2014.008](#). ISSN 20018762.



Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

Table B.1 Fuel-dependent emission factors (g/GJ)

| Pollutant | Source | Hard coal | Brown coal | Fuel oil | Other oil | Gas |
|------------------|---------------|-----------|------------|----------|-----------|------|
| NO _x | GAINS | 292 | 183 | 195 | 129 | 93.3 |
| SO ₂ | GAINS | 765 | 1 361 | 1 350 | 228 | 0.68 |
| CO | EMEP/CORINAIR | 89.1 | 89.1 | 15.7 | 15.7 | 14.5 |
| NM VOC | GAINS | 4.92 | 7.78 | 3.70 | 3.24 | 1.58 |
| PM ₁₀ | GAINS | 1 203 | 3 254 | 16.0 | 1.91 | 0.10 |

Source: GAINS: weighted average over country-specific emission factors (IIASA, 2007a). EMEP/CORINAIR Guidebook (EMEP/CORINAIR, 2007).

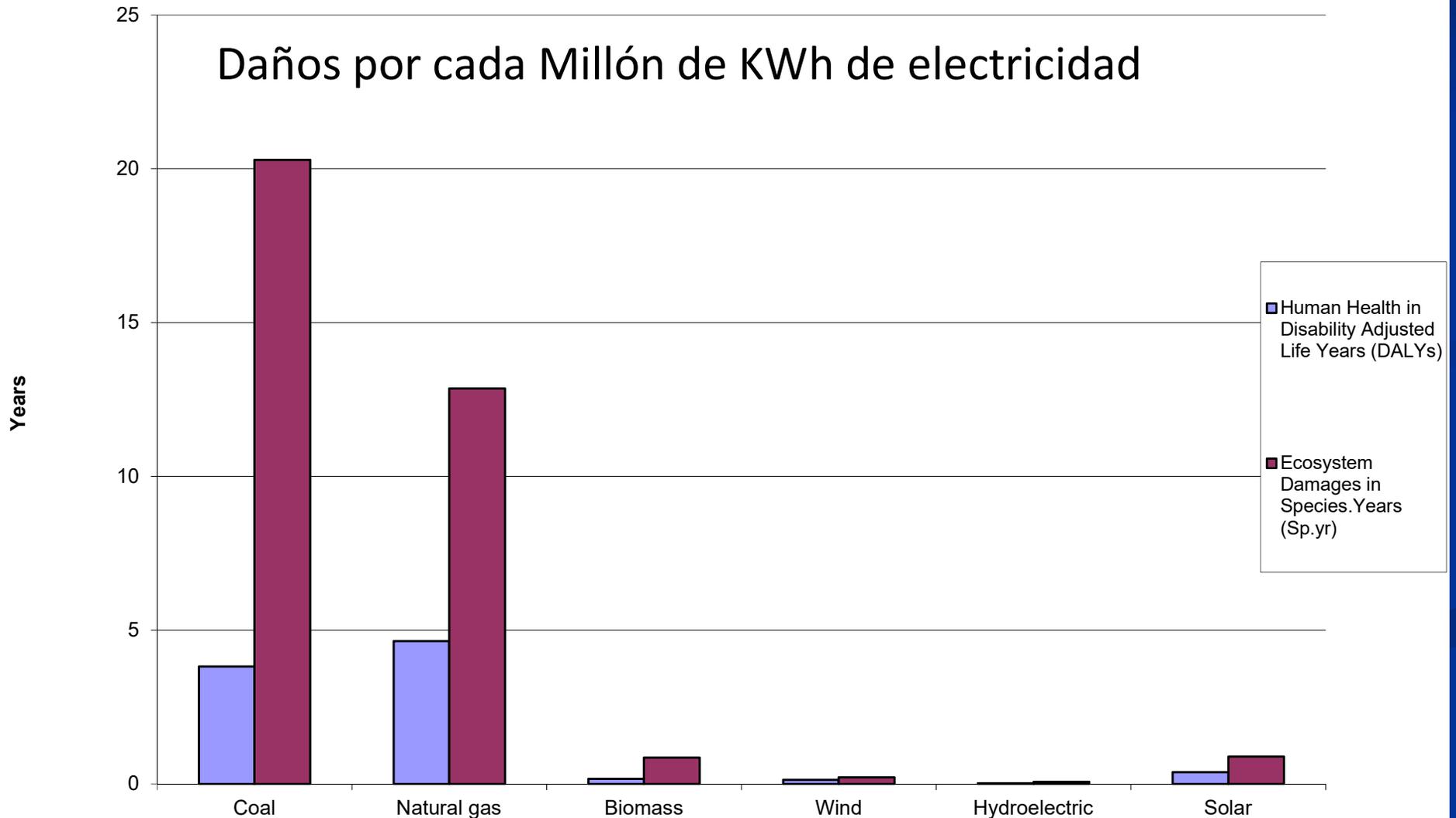
Relación entre la energía, los materiales y el medio ambiente

- Las energías renovables son menos tóxicas y emiten menos gases de efecto invernadero

| Impact category | Unit | Coal Electricity 1 KWh | Natural Gas Electricity 1 KWh | Nuclear Electricity 1 KWh | Oil Electricity 1 KWh | Biomass Electricity 1 KWh | Hydro Electricity 1 KWh | Photovoltaic Electricity 1 KWh | Wind Electricity 1 KWh | Wood Electricity 1 KWh |
|---------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| Climate change | kg CO2 eq | 1.0794166 | 0.6837464 | 0.0127963 | 0.9349322 | 0.0457646 | 0.00370217 | 0.047354812 | 0.0112397 | 0.0324561 |
| Ozone depletion | kg CFC-11 eq | 8.207E-12 | 4.261E-10 | 6.84E-08 | 3.69E-11 | 9.498E-14 | 2.3408E-10 | 9.41106E-09 | 7.2E-10 | 3.189E-09 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0.0475572 | 0.1244781 | 0.0467051 | 0.5066358 | 0.0012946 | 0.00116454 | 0.063632886 | 0.0112764 | 0.0397872 |
| Photochemical oxidant formation | kg NMVOC | 0.003701 | 0.0011824 | 5.745E-05 | 0.0027343 | 0.0402642 | 1.7091E-05 | 0.000172941 | 3.584E-05 | 0.0001722 |
| Particulate matter formation | kg PM10 eq | 0.0021051 | 0.001253 | 7.629E-05 | 0.0009581 | 0.0002207 | 2.0572E-05 | 7.93298E-05 | 3.218E-05 | 8.188E-05 |
| Ionising radiation | kg U235 eq | 0 | 0.0031803 | 1.0726282 | 0 | 0 | 0.00059892 | 0.014315984 | 0.0019578 | 0.0026858 |
| Terrestrial acidification | kg SO2 eq | 0.0086197 | 0.0060031 | 8.195E-05 | 0.0034363 | 0.0007646 | 1.3263E-05 | 0.000206003 | 4.704E-05 | 0.0002635 |
| Freshwater eutrophication | kg P eq | 0 | 5.889E-06 | 5.761E-06 | 0 | 0 | 1.0345E-06 | 3.9812E-05 | 7.225E-06 | 5.718E-06 |
| Marine eutrophication | kg N eq | 0.0001201 | 2.517E-05 | 6.402E-06 | 8.608E-05 | 3.589E-05 | 7.387E-07 | 1.81724E-05 | 4.219E-06 | 3.678E-05 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 1.069E-05 | 0.0001227 | 5.823E-06 | 1.812E-05 | 8.038E-09 | 2.7417E-07 | 9.35272E-05 | 1.389E-06 | 0.0002488 |
| Freshwater ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0.0001175 | 0.0086372 | 0.0004263 | 0.0032378 | 8.311E-06 | 4.0639E-05 | 0.00083077 | 0.0003579 | 0.0001653 |
| Marine ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0.0001487 | 0.0025032 | 0.0005433 | 0.0035733 | 8.57E-06 | 4.199E-05 | 0.001029105 | 0.000377 | 0.000204 |
| Agricultural land occupation | m2a | 0 | 0.0001527 | 0.0004878 | 0 | 0 | 4.4683E-05 | 0.001876087 | 0.0002229 | 0.2089267 |
| Urban land occupation | m2a | 0 | 0.00014 | 0.0002766 | 0 | 0 | 4.2699E-05 | 0.000356238 | 0.0008741 | 0.003727 |
| Natural land transformation | m2 | 0 | 3.328E-06 | 2.326E-06 | 0 | 0 | -1.051E-07 | 8.98939E-06 | 1.205E-06 | 3.103E-05 |
| Water depletion | m3 | 0 | 4.199E-05 | 0.003253 | 0 | 0 | 4.6271E-05 | 0.000489849 | 0.0001114 | 0.0010542 |
| Metal depletion | kg Fe eq | 0 | 0.0006589 | 0.0065961 | 0 | 0 | 0.00186796 | 0.016858431 | 0.0140824 | 0.0016391 |
| Fossil depletion | kg oil eq | 0.3362224 | 0.2796956 | 0.0036097 | 0.3170308 | 0.000816 | 0.00088455 | 0.014354748 | 0.0034582 | 0.0087368 |

Relación entre la energía, los

Human Health and Ecosystem Diversity Endpoint Indicators



Técnicas Lean:

Qué es la Técnica Lean????



La filosofía de la Técnica Lean es...

-Disminución de desperdicios para aumentar la rentabilidad y operatividad del negocio al tiempo que se reduce el impacto ambiental de los productos manufacturados.

Técnica Lean si es...

- El rediseño de productos para utilizar materiales reciclados en donde sea posible
- La reducción del uso de energía, materias primas, espacio de planta, inventarios, transporte, etc.
- La eliminación de desperdicios para hacer los mismos productos con menos recursos
- La eliminación de empaque y materiales no degradables de los productos de manufactura

¿Cómo se logra la Técnica Lean?

Elimine los desperdicios del sistema de manufactura de la siguiente forma:

- Identifique los tipos de desperdicio
- Revise si esta utilizando el sistema de producción adecuado para su producto o servicio
- Realice un diagrama de flujo de valor

Desperdicio en Técnica Lean:

Las Técnicas Lean hacen un uso balanceado de gente, equipo y material que nos da el costo más bajo y el menor impacto ambiental en el ciclo de vida de un producto.



El menor costo en el ciclo de vida del producto asume que todo el desperdicio ha sido eliminado.

Técnica Lean: Hacer la mayor cantidad de actividades de valor agregado.

Porcentaje de tiempo con valor agregado.

Trabajo con valor agregado: cambia la forma o función de una parte, ensamble o sistema.

Trabajo sin valor agregado: Es una actividad que no agrega valor al producto, pero que debe hacerse en las condiciones de operación actuales tales como ajustes, alcanzar herramientas, quitar soportes, cambiar de parámetros, etc.

Trabajo con valor agregado.



Desperdicio: Son actividades que no se necesitan para hacer el trabajo como el tiempo de espera, el almacenaje de partes y el transporte de partes hacia la estación.

Trabajo sin valor agregado.

Un principio fundamental de la Técnica Lean es la eliminación del desperdicio...

Tipos de desperdicio:

- Corrección.
- SobreProducción.
- Movimiento innecesario de material.
- Movimiento innecesario de personas y equipo.
- Espera.
- Inventario (estático o en proceso)
- Procesamiento inútil (el producto no cumple con las expectativas del cliente).



Tipos de desperdicio

- **Sobreproducción.** Se produce más que lo que es absolutamente necesario para lograr o lograr actividades de valor añadido (¿ha producido alguna vez más manuales, copias y folletos de lo necesario?)



Tipos de desperdicio

- **Sobreproducción.** OK, algo más cercano a nosotros. ¿Alguna vez ha tenido una fiesta sin gente y mucha comida? ¿Qué sucede con las sobras?



Tipos de desperdicio

- **Sobreproducción.** OK, algo más cercano a nosotros. ¿Alguna vez ha tenido una fiesta sin gente y mucha comida? ¿Qué sucede con las sobras?



Tipos de desperdicio

- La sobreproducción es el primer pecado capital en la producción internacional. La mayoría de los proveedores producen más de lo que ordenó, esperan almacenarlo y vendérselo de vuelta en el futuro. Sin embargo, no funciona para ningún producto que cambie su diseño frecuentemente como productos de moda, electrónica de consumo, muebles, etc.). Podría funcionar sólo para productos básicos.



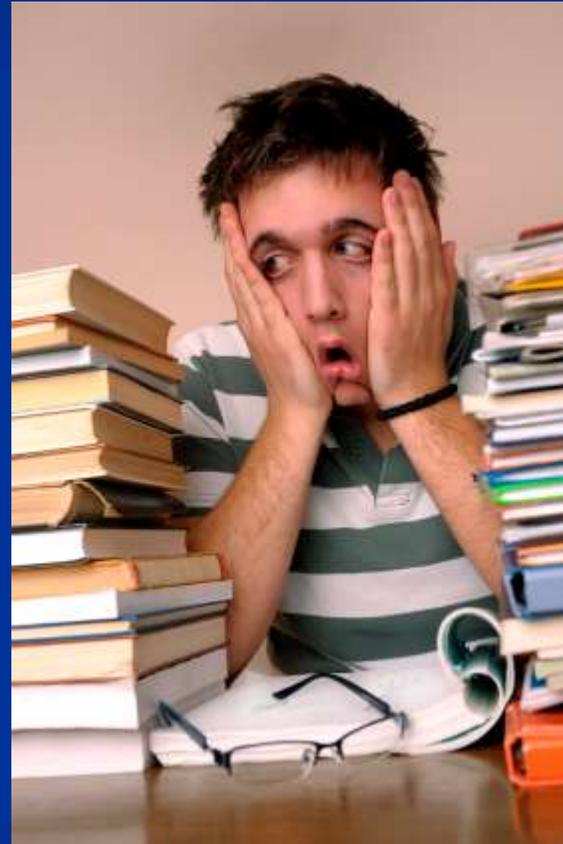
Tipos de desperdicio

- **Manipulación de material o información innecesaria.** Los materiales o la información se mueven sin añadir ningún valor a nuestro producto (conocimiento). Ejemplos: mover archivos o papeles para encontrar algo, mover la información de un disco duro a otro (no necesariamente un respaldo), etc.



Tipos de desperdicio

- ¿Cuánto tiempo has perdido intentando encontrar un archivo importante?



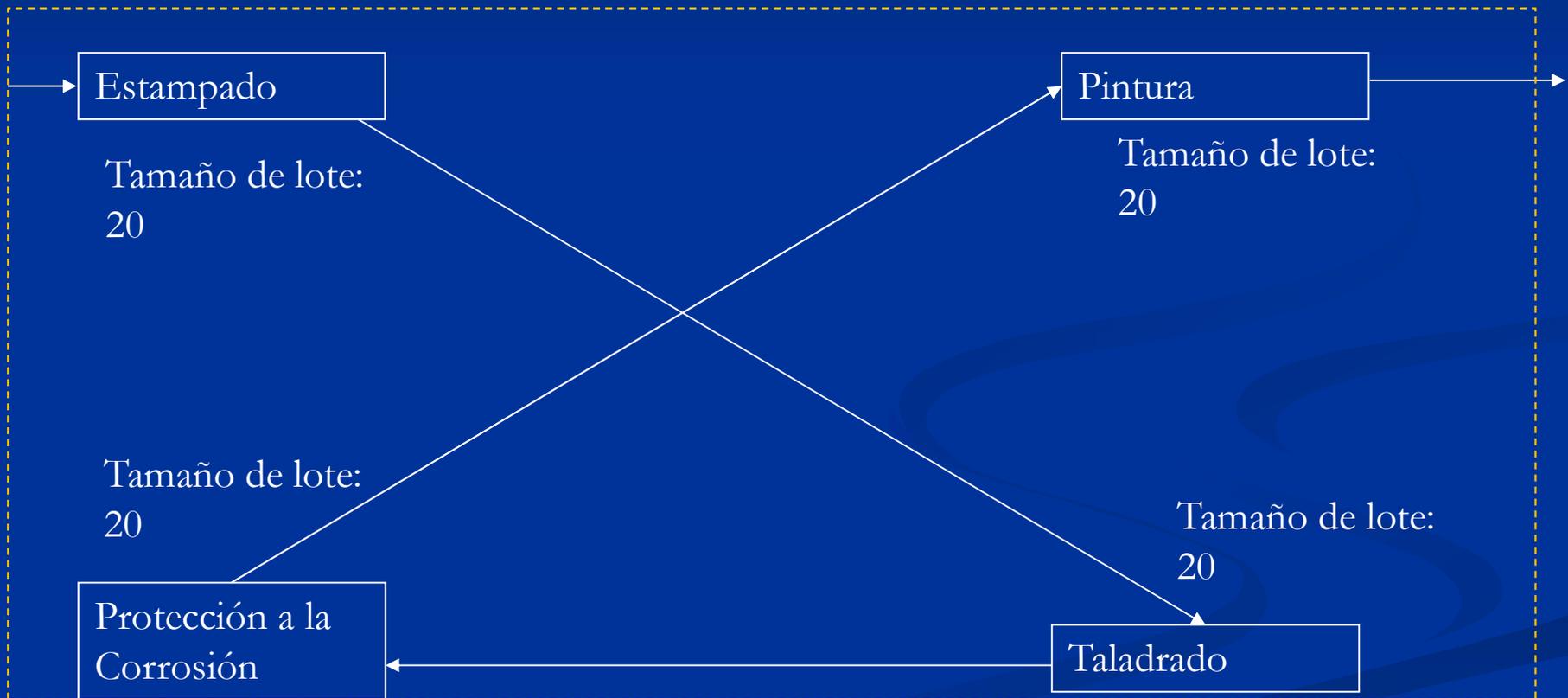
Tipos de desperdicio

- **Movimiento innecesario de personas y equipo.** La gente se mueve o el equipo se mueve sin agregar ningún valor. Ejemplo: Los trabajadores de oficina se mueven para entregar los papeles que podrían haber sido enviados electrónicamente, el equipo de laboratorio o computacional se mueve dentro de nuestro lugar de trabajo, etc.



Tipos de desperdicio

- ¿Qué les parece esta disposición de planta?



Tipos de desperdicio

- **Espera.** Personas, materiales e información pasaron un tiempo innecesario esperando que algo suceda en el proceso para seguir agregando valor a nuestro producto o servicio. Ejemplo: Días de espera para una firma, esperando para obtener un informe, esperando para obtener los resultados del laboratorio, esperando para obtener suministros, etc.



Tipos de desperdicio

- Ejemplo: Vuelos con escalas



¿Porqué nos piden que volemos a un “hub” aéreo?

¿Porqué tenemos que esperar por horas para que llegue nuestro avión?

¿Crees que sería posible reducir este fenómeno?



Tipos de desperdicio

- Exceso de inventario o equipo inactivo. Tenemos más equipo, “archivos muertos”, materiales de laboratorio, productos químicos, etc. que lo que necesitamos para agregar valor dentro de la organización.
¿Podría dar ejemplos de esto en casa o en su organización?



Tipos de desperdicio

- **Exceso de inventario o equipo inactivo.** Tenemos más equipo, “archivos muertos”, materiales de laboratorio, productos químicos, etc. que lo que necesitamos para agregar valor dentro de la organización.
¿Podría dar ejemplos de esto en casa o en su organización?



Tipos de desperdicio

- **Procesamiento inútil.** Es una actividad que no agrega valor en ningún momento y que podría ser eliminada del proceso.



Tipos de desperdicio

- Sobre-precios. Usted paga más de lo que debería (valor justo de mercado) por un producto o servicio en su organización. Ejemplos: Catering caro, insumos de laboratorio demasiado caros, suministros de oficina excesivos, transporte caro, servicios demasiado caros, etc.



Tipos de desperdicio

- Sobre - precios. Me pasó la primera vez que fui a Shanghai



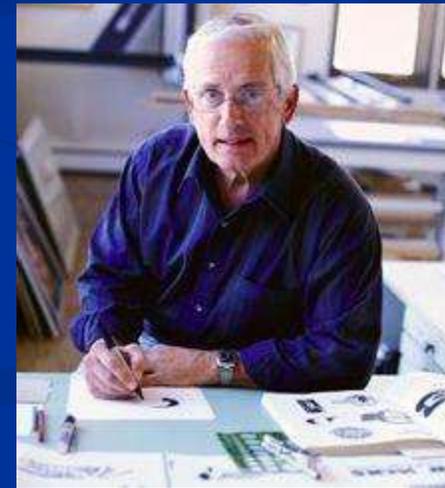
\$3 dólares



\$90 dólares

Tipos de desperdicio

- Desperdicio de talento. Las habilidades y talentos de los trabajadores no son utilizados apropiadamente por la organización. Este es el error más común en una organización, pero hay técnicas para reducir este problema.



Tipos de desperdicio

Algunos contribuyentes a las actividades sin valor agregado...

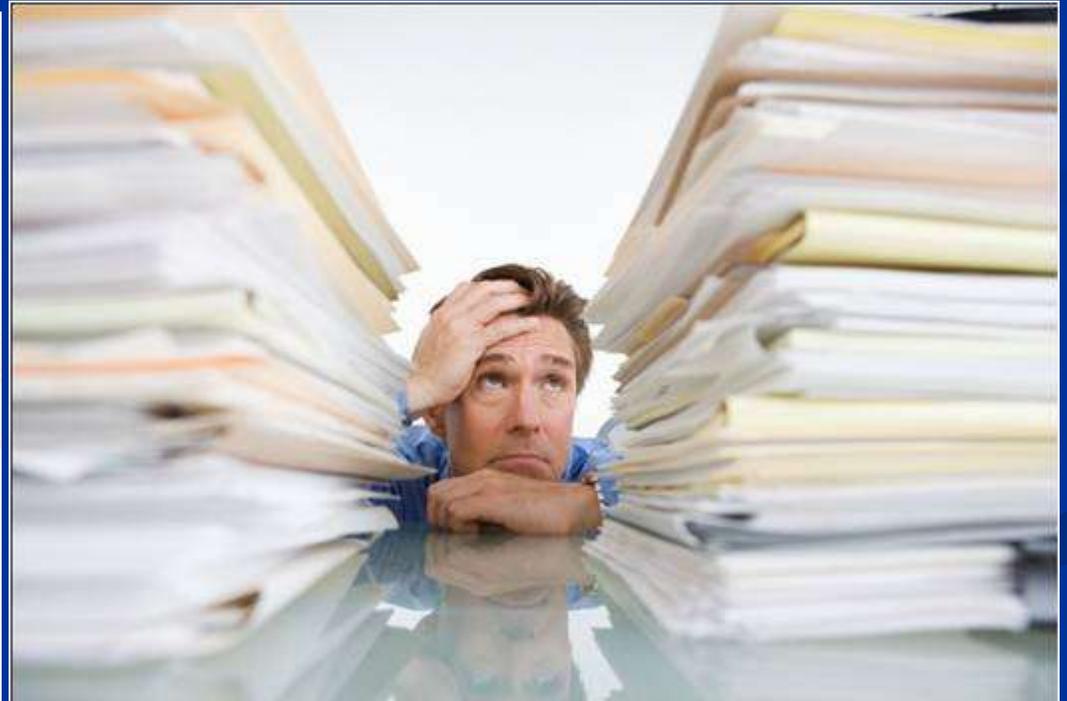
- **Difícil comunicación o procesamiento de información** (fácil de identificar, ¿ve algún silo en su organización?)



Tipos de desperdicio

Algunos contribuyentes a las actividades sin valor agregado...

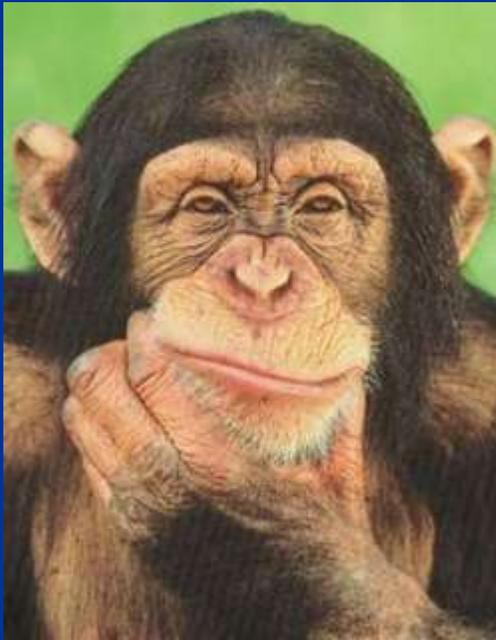
- Sobrecarga (de sistemas y/o trabajadores).



Tipos de desperdicio

Algunos contribuyentes a las actividades sin valor agregado...

- Procesos actuales ("La tradición es lo que nos permite hacer las cosas equivocadas ... con confianza")



Dr. Ramon Sanchez
Harvard University



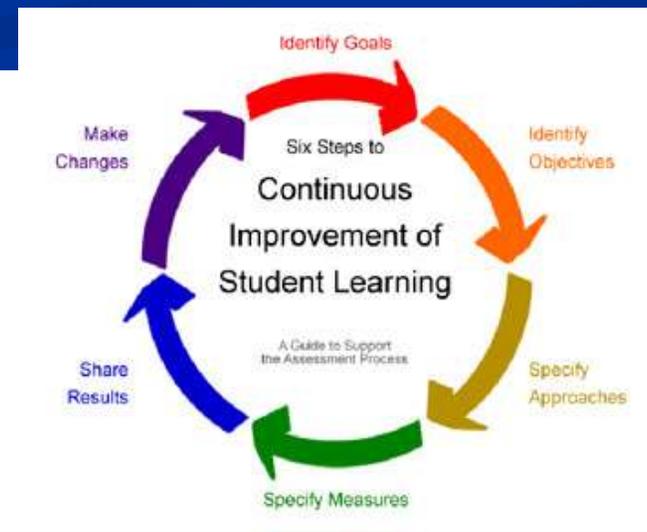
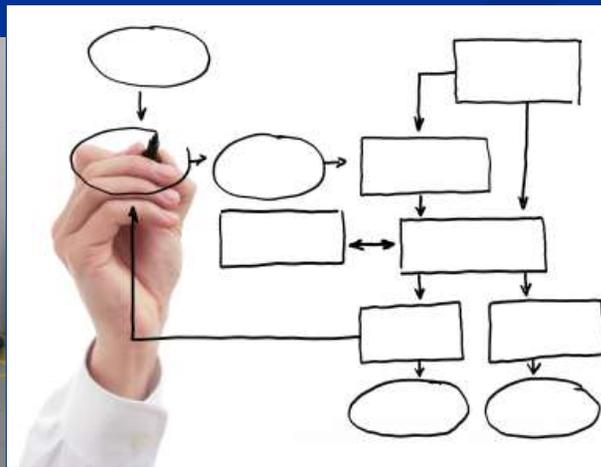
TRADITION

JUST BECAUSE YOU'VE ALWAYS DONE IT THAT WAY
DOESN'T MEAN IT'S NOT INCREDIBLY STUPID.

Mapas de flujo de valor

Algunas herramientas que reducen las actividades sin valor agregado...

- Organización del lugar de trabajo
- Mapa de flujo de valor
- Mejora continua



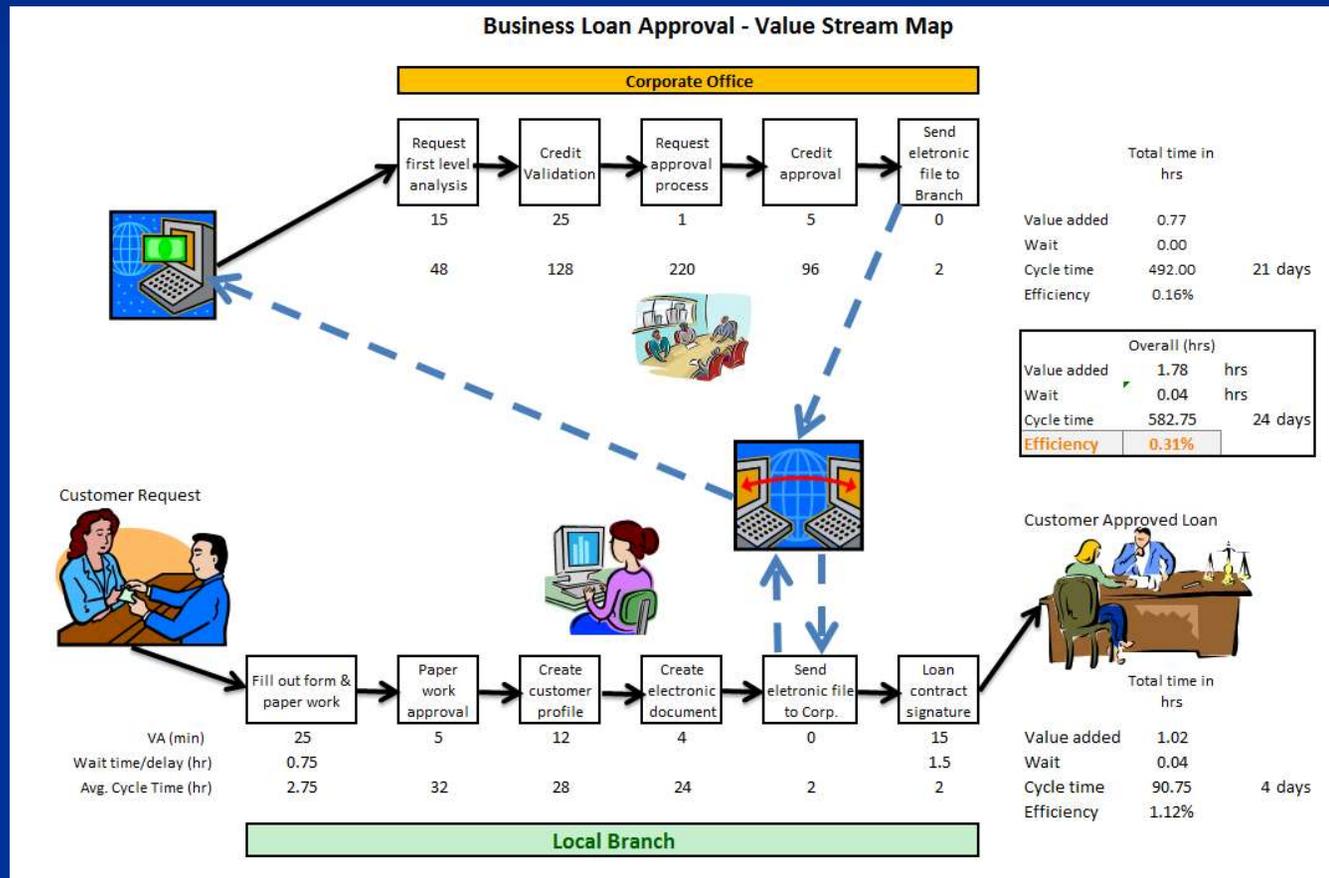
Mapas de flujo de valor

Algunas herramientas que reducen las actividades sin valor agregado...

- Mapa de flujo de valor: Crea un mapa de cada paso en el proceso para agregar valor, luego identifica si hay actividad inútil o redundante, tiempo de espera, trabajo sin valor añadido y oportunidades para mejorar el trabajo de valor agregado. Puedes utilizar un diagrama de bloques simple o símbolos especializados en su mapa de flujo de valor, sólo tiene que ser coherente en toda su organización

Mapas de flujo de valor

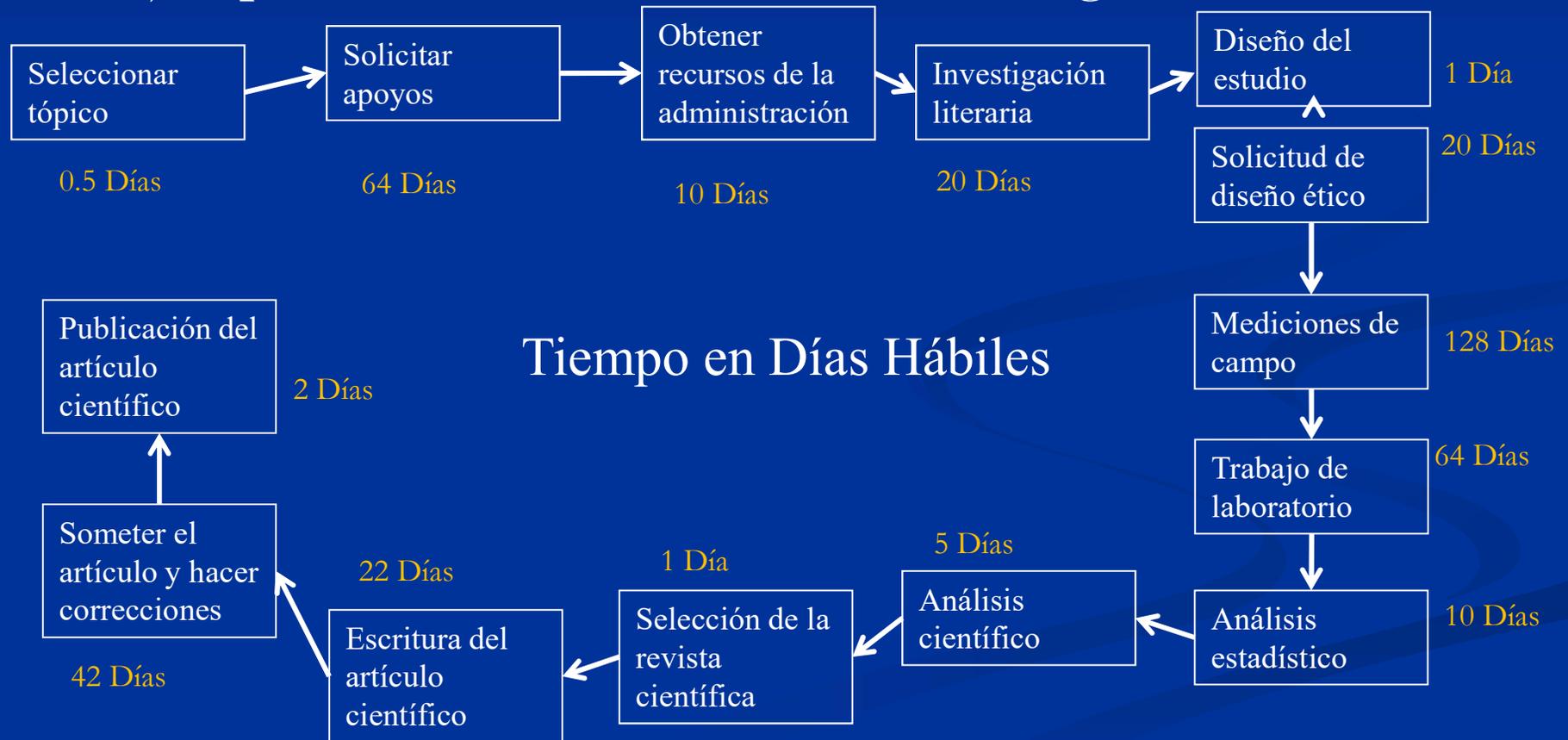
- Mapa de flujo de valor



Mapas de flujo de valor

- Mapa de flujo de valor

■ Ejemplo: Escribir un artículo de investigación



Mapas de flujo de valor

- Mapa de flujo de valor

■ Ejemplo: Escribir un artículo de investigación

| Ejemplos de actividades sin valor agregado o innecesarias | Ejemplos de actividades sin valor agregado que son necesarias | Ejemplos de actividades con valor agregado |
|---|---|--|
| Looking for lost or misplaced records | Filling forms (grant applications, human subjects, etc.) | Performing field measurements |
| Waiting for someone to come back to deliver a form | Writing status reports | Running statistical models |
| Tracking lost package in mail room | Classifying and selecting research sources | Analysis of results |
| Re-writing memorandum due to misspellings | Traveling to do field measurements | Writing research paper |
| Gossiping | Calibrating instruments | Submitting research paper |

Mapas de flujo de valor

- Mapa de flujo de valor

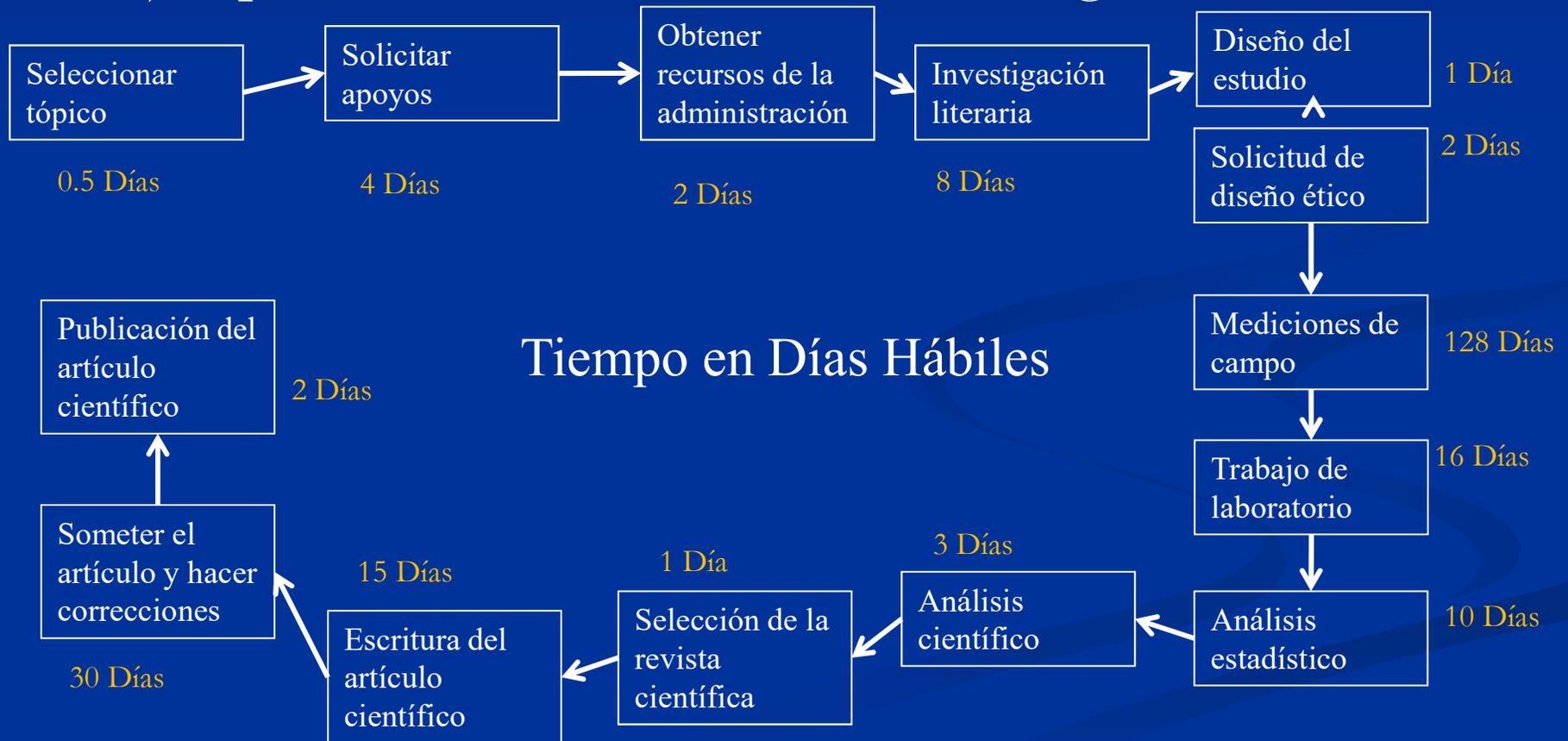
- Ejemplo: Escribir un artículo de investigación

| Item | Time (working Días) | Percentage |
|---|--|-------------|
| Non-value added and un-necessary work (Waste) | 196.5 | 50.45% |
| Non-value added but necessary work | 172.3 | 44.25% |
| Value-added work | 20.6 | 5.30% |
| Total | 389.5 (equivalent to roughly a year and a half in natural Días) | 100% |

Mapas de flujo de valor

- Mapa de flujo de valor

■ Ejemplo: Escribir un artículo de investigación



Mapas de flujo de valor

- Mapa de flujo de valor

■ Ejemplo: Escribir un artículo de investigación

| Item | Time (working Días) | Percentage |
|---|---|-------------|
| Non-value added and un-necessary work (Waste) | 30 | 13.5% |
| Non-value added but necessary work | 174.5 | 78.4% |
| Value-added work | 18 | 8.1% |
| Total | 222.5 (equivalent to roughly 7.5 months, a 42.8 % reduction!!!) | 100% |

Mapas de flujo de valor

- **Ejercicio personal o en equipos de 2.** Por favor seleccione UNO de los siguientes procesos y realice un mapa de flujo de valor:
 - Ir al supermercado
 - Ir al trabajo y la primera hora de trabajo de cada día
 - Ir a conseguir una licencia de conducir

¿Preguntas?

<http://www.chgearvard.org/category/sustainable-technologies-and-health>

Dr. Ramon Sanchez. E-mail: rsanchez@hsph.harvard.edu



HARVARD
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH

Center for Health
and the Global Environment

Donate Now
Get Involved
For Educators

Events
Contact Us



Programs

About Us

Resource Library

Newsroom

Get News

Sustainable Technologies and Health

