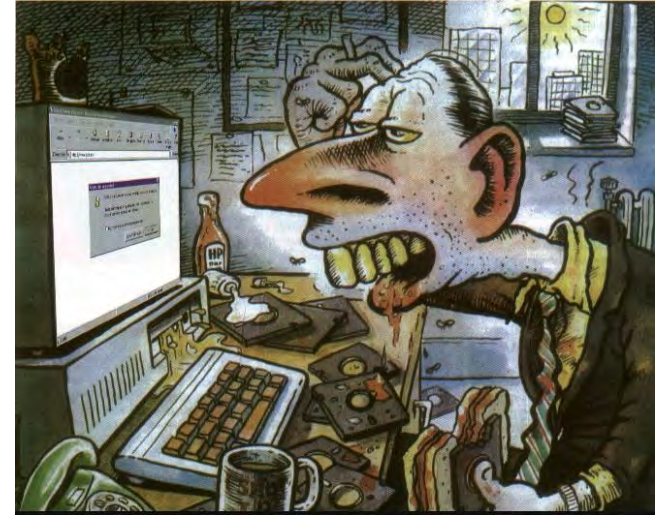


SOFTWARE



INGENIERÍA DE SOFTWARE I

2º DE GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
CURSO 2024/2025

Francisco José García-Peñalvo / fgarcia@usal.es

Alicia García-Holgado / aliciagh@usal.es

Andrea Vázquez-Ingelmo / andreavazquez@usal.es

Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca



MÁS INFORMACIÓN

A person wearing a white long-sleeved shirt and blue jeans is holding a large white megaphone over their face, completely obscuring it. The person is standing against a plain, light-colored background.

Tema 1 – Introducción a la Ingeniería del Software [1]

PÍLDORA DE VÍDEO RELACIONADA

¿Qué importancia tiene el software en la sociedad actual? [2]

El software tiene una importancia creciente en la sociedad

Importancia de mantener los costes y dar respuesta a su evolución y mantenimiento

Responsabilidad de quien desarrolla el software por su repercusión social

EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE

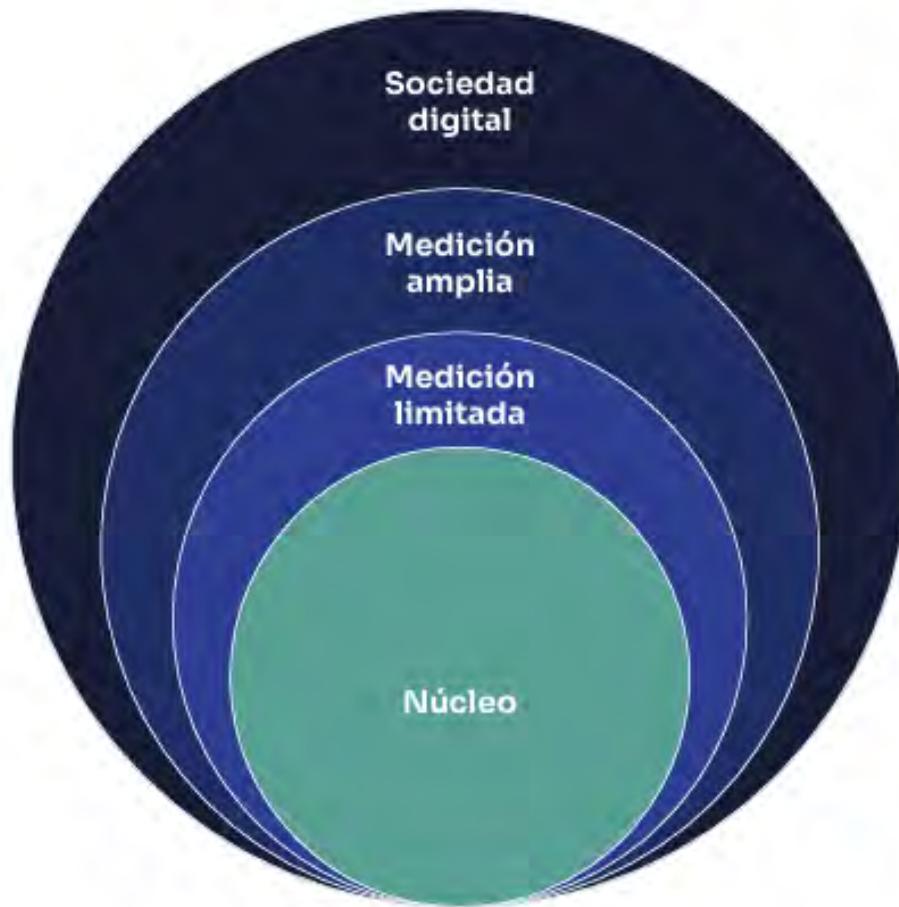
Las economías de todos los países desarrollados dependen del *software*

El gasto en *software* representa una parte significativa del PIB de los países desarrollados

El sector TIC y de los contenidos supone el 3,8% del PIB nacional en 2018 (Fuente: ONTSI Diciembre 2019 <http://bit.ly/37ZQ5SO>)

El *software* en el PNB de EEUU en 2019 representa 0,97 billones de dólares (5%) (Fuente: <http://goo.gl/2QLWyu>)

MODELO DE MEDICIÓN DE LA ECONOMÍA DIGITAL SEGÚN EL G20 [3]



Sociedad digitalizada

Economía mejorada digitalmente: industria 4.0, industria del algoritmo, etc.

Economía habilitada digitalmente: servicios digitales y economías de plataformas

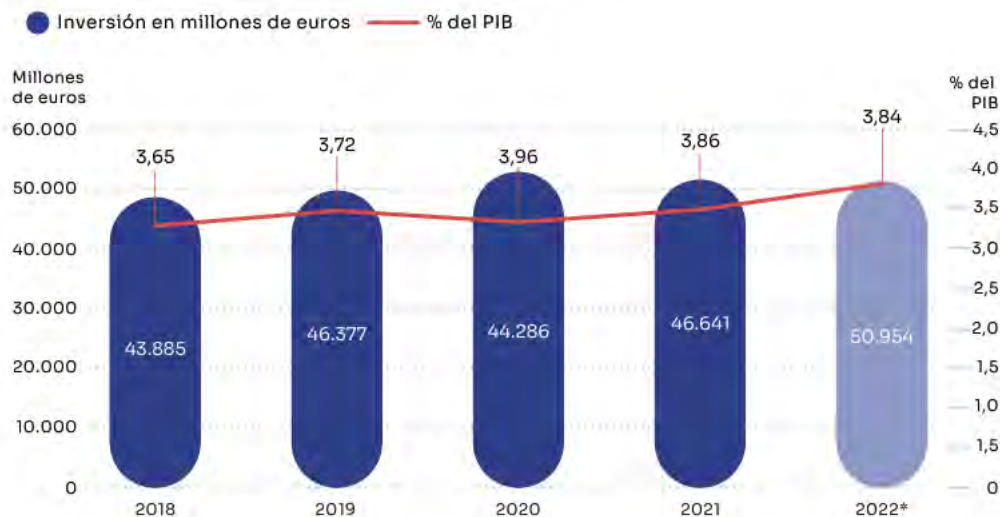
Producción de bienes y servicios digitales: fabricación HW, SW y servicios TI, servicios de información y telecomunicaciones

EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE

Principales indicadores del sector TIC, los medios y servicios audiovisuales

Empresas	Cifra de negocio (M€)	Empleo	Inversión (M€)	Aportación al PIB (M€)
35.333	120.338	764.128	17.137	50.954
(Año 2022)	(Año 2022)	(Año 2022)	(Año 2021)	(Año 2022)
% Var / año anterior	% Var / año anterior	% Var / año anterior	% Var / año anterior	% / PIB
3,5% ↑	6,0% ↑	9,4% ↑	-3,2% ↓	3,8%

Valor añadido bruto del sector de las TIC, los medios y servicios audiovisuales



Fuente: ONTSI a partir de Eurostat

* Los datos de 2022 son provisionales

Indicadores destacados del sector TIC y de los contenidos en España (Informe 2023) [3]
<https://d66z.short.gy/KVGf84>

EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE

Principales indicadores del sector TIC

Empresas	Cifra de negocio (M€)	Empleo	Inversión (M€)	Aportación al PIB (M€)
25.791	105.006	621.905	15.264	39.974
(Año 2022)	(Año 2022)	(Año 2022)	(Año 2021)	(Año 2022)
% Var / año anterior	% Var / año anterior	% Var / año anterior	% Var / año anterior	% / PIB
3,7% ↑	6,9% ↑	10,0% ↑	-3,1% ↓	3,3%

- Cifra de negocios del sector TIC (Millones de euros)



Fuente: ONTSI a partir de Sabi - Registro Mercantil e INE

* El valor de 2022 es provisional

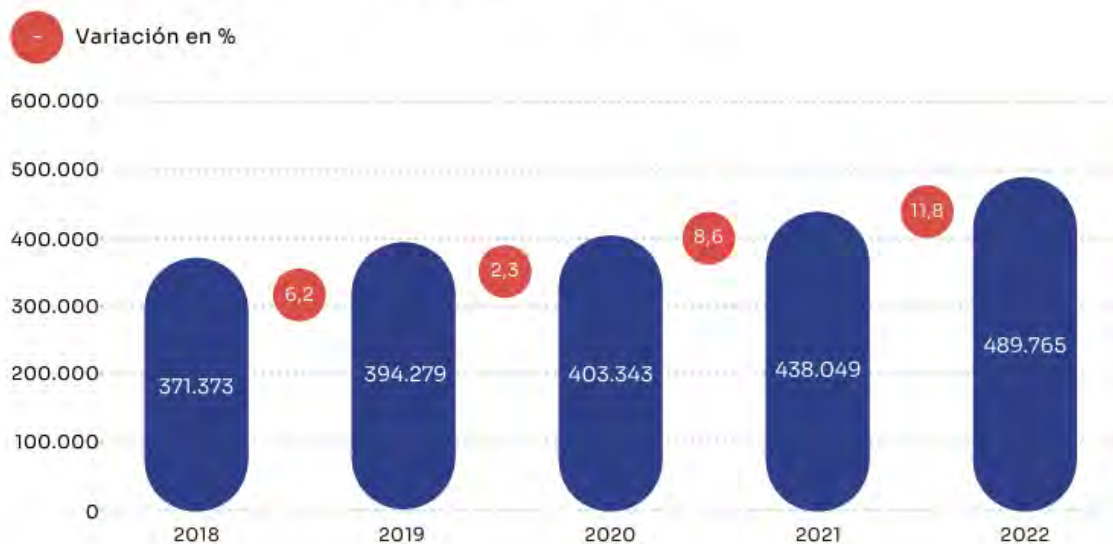
Indicadores destacados del sector TIC y de los contenidos en España (Informe 2023) [3]
<https://d66z.short.gy/KVGf84>

EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE

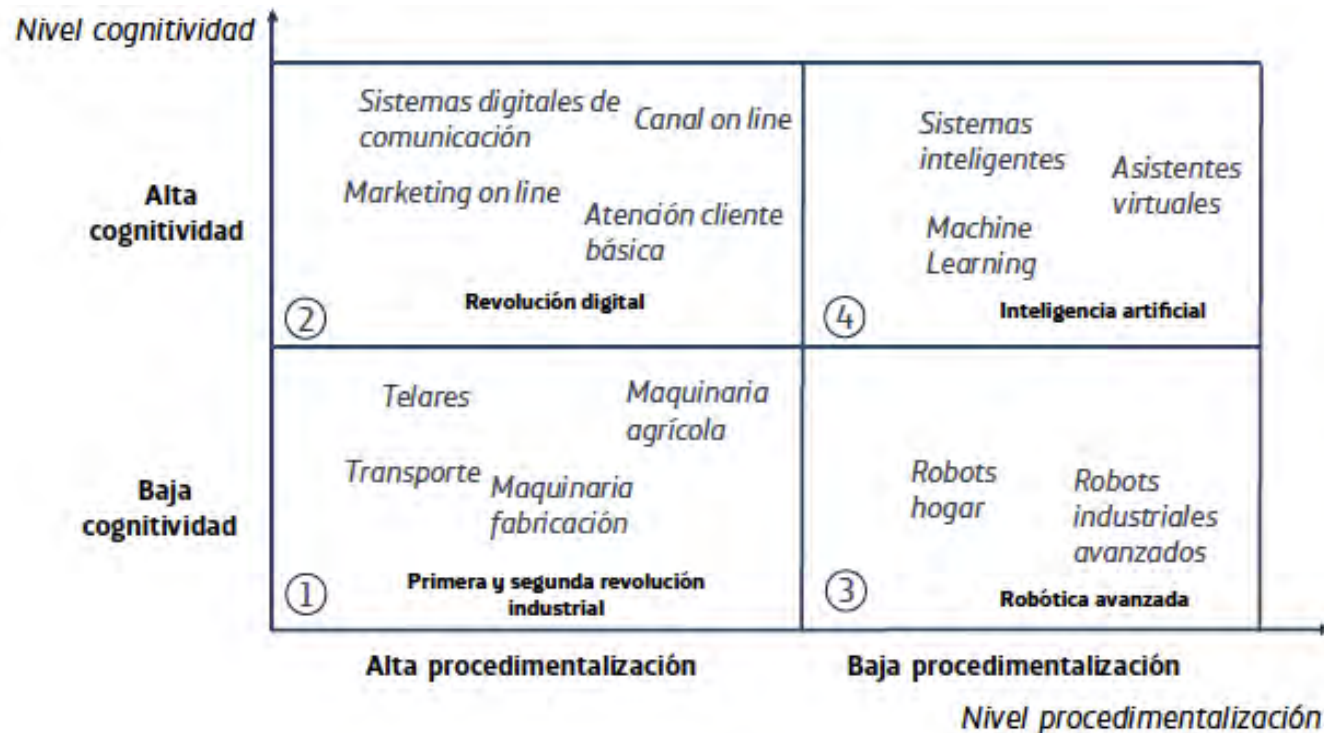
Principales indicadores de las empresas de actividades informáticas

Empresas	Cifra de negocio (M€)	Empleo	Inversión (M€)	Aportación al PIB (M€)
18.664	42.310	489.765	6.391	20.041
(Año 2022)	(Año 2022)	(Año 2022)	(Año 2021)	(Año 2020)
% Var / año anterior	% Var / año anterior	% Var / año anterior	% Var / año anterior	% / PIB
5,3% ↑	7,4% ↑	11,8% ↑	-2,8% ↓	1,8%

- Empleo en el sector de actividades informáticas (número de afiliados a la Seguridad Social)

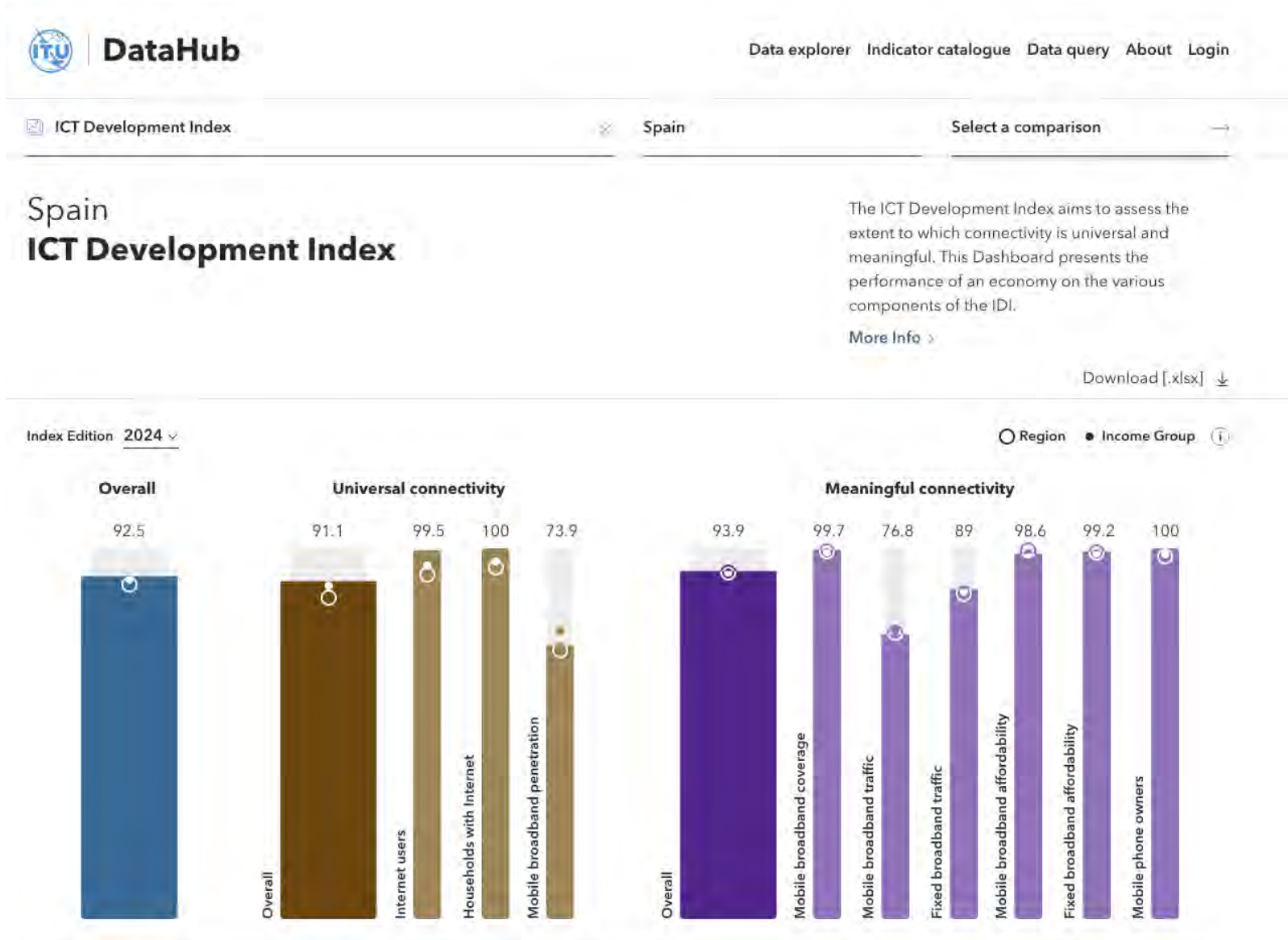


EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE



Fundación Telefónica, *El trabajo en un mundo de sistemas inteligentes*, Barcelona, España: Ariel, 2015. [Online]. Disponible en: <https://d66z.short.gy/2dapHr> [4]

EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE



EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE

- Los 10 perfiles emergentes con más futuro
 1. **Especialista en Inteligencia Artificial**
 2. **Especialista en sostenibilidad**
 3. **Experto en ciberseguridad**
 4. **Analista y detective de datos**
 5. **Ingeniero en robótica**
 6. **Arquitecto de inundaciones**
 7. **Operador de equipos agrícolas**
 8. **Especialista en transformación digital**
 9. **Desarrollador de blockchain**
 10. **Especialista en comercio electrónico**

Fuente: <https://d66z.short.gy/NTv63p> [10/6/2023]

TRABAJOS MÁS DEMANDADOS EN 2025

Fuente: <https://d66z.short.gy/CKB85r> [5/2/2025]

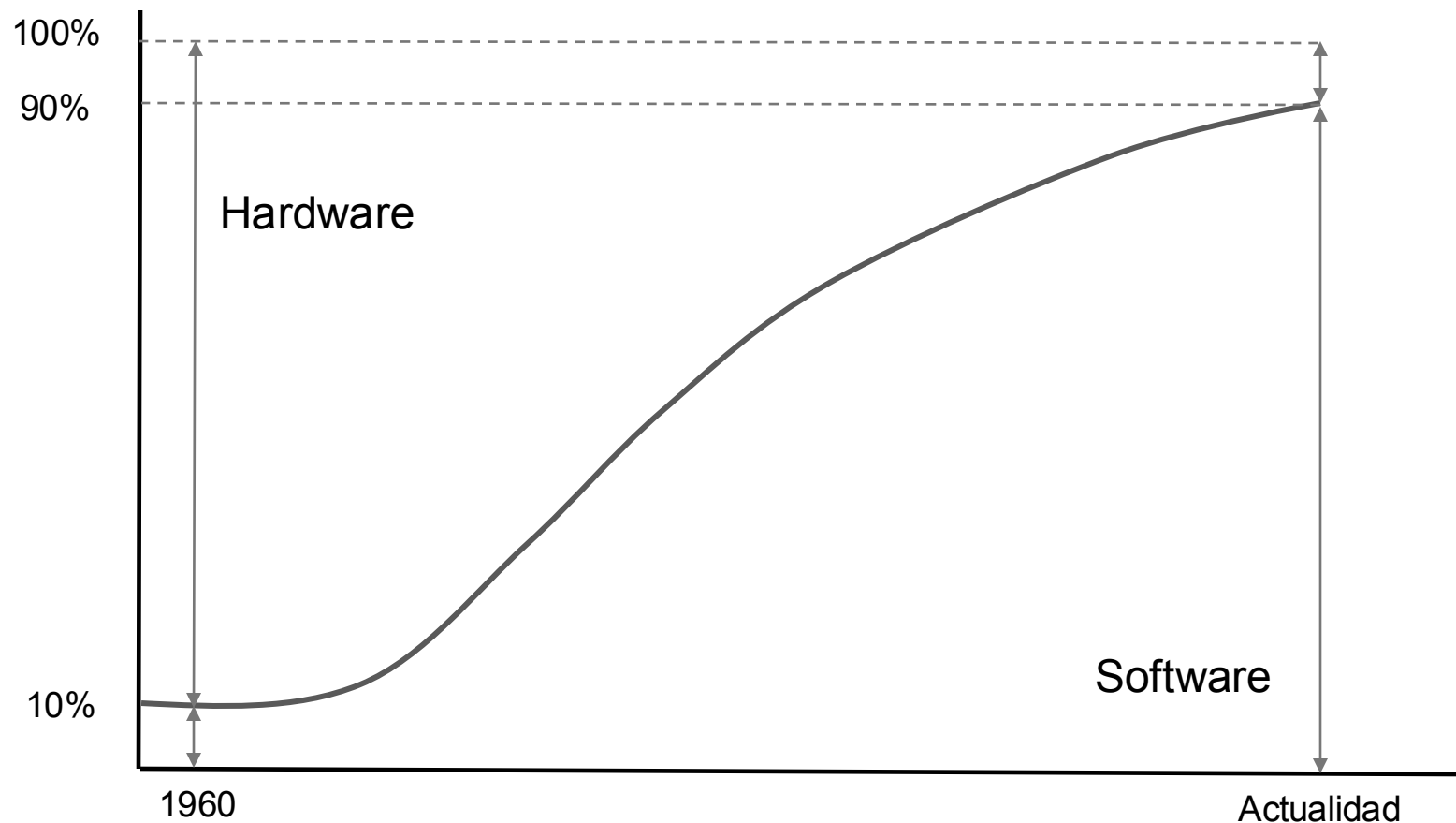
Trabajo	Sector	Demanda Esperada	Salario Anual Promedio (USD)
Desarrollador/a de Software	Tecnología	Muy alta	\$80,000 – \$150,000
Especialista en Ciberseguridad	Tecnología	Muy alta	\$90,000 – \$160,000
Ingeniero/a en IA y Machine Learning	Tecnología	Muy alta	\$100,000 – \$180,000
Analista de Datos	Tecnología	Alta	\$80,000 – \$140,000
Ingeniero/a en la Nube y DevOps	Tecnología	Alta	\$90,000 – \$160,000
Médico/a Especialista	Salud	Muy alta	\$70,000 – \$200,000
Enfermero/a	Salud	Muy alta	\$50,000 – \$90,000
Farmacéutico/a	Salud	Alta	\$60,000 – \$110,000
Consultor/a en Sostenibilidad	Sostenibilidad	Alta	\$60,000 – \$120,000
Ingeniero/a en Energías Renovables	Sostenibilidad	Alta	\$70,000 – \$130,000
Especialista en Blockchain	Finanzas/Tecnología	Alta	\$90,000 – \$170,000
Analista Financiero/a	Finanzas	Alta	\$80,000 – \$150,000
Gestor/a de Recursos Humanos	RRHH	Alta	\$60,000 – \$120,000
Especialista en Marketing Digital	Marketing	Alta	\$50,000 – \$110,000
Community Manager	Marketing	Media	\$40,000 – \$90,000
Ingeniero/a en Logística	Logística	Alta	\$60,000 – \$120,000
Especialista en e-Commerce	E-commerce	Alta	\$50,000 – \$100,000
Especialista en Atención al Cliente	Atención al Cliente	Media	\$40,000 – \$85,000
Chef/Gerente de Hostelería	Hostelería	Media	\$45,000 – \$100,000
Gestor/a de Construcción	Construcción	Alta	\$50,000 – \$120,000

LAS COMPETENCIAS ESTÁN CAMBIANDO POR LA INFLUENCIA DE LA IA [5]

- Cinco competencias emergentes están transformando todos los sectores y todas las funciones
- IA/ML, computación en la nube, gestión de productos, redes sociales y análisis de datos: definen la frontera de la disrupción
- La demanda de estas competencias está aumentando: 1 de cada 8 vacantes en el mercado las requiere, incluidas 1 de cada 5 en el sector industrial y 1 de cada 10 en el sector público
- Quienes cuentan con estas capacidades ganan más independientemente de su nivel de experiencia

EL VALOR ECONÓMICO DEL SOFTWARE

Los costes del *software* superan, por lo general, a los costes del *hardware*



LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL

La transformación digital implica una serie de **cambios profundos** y **coordinados** en la **cultura**, la **fuerza de trabajo** y la **tecnología** que permiten **nuevos modelos** educativos y operativos para **transformar** las **operaciones**, las **direcciones estratégicas** y la **propuesta de valor de una institución** [Grajek y Reinitz] [6]

WHAT'S WORTH
STANDING
UP FOR?

¿QUÉ ES LO VERDADERAMENTE IMPORTANTE DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL?

EL RETO TRAS LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL [7]

“Estamos respondiendo a un reto: una transformación digital que no es solo de equipamiento y destrezas, también es de cambios de mentalidad”



Antonio Rodríguez de las Heras

REALIDADES DEL SOFTWARE

Los sistemas *software* cuestan más de lo esperado

Los sistemas *software* se entregan más tarde de la fecha prevista

Los sistemas *software* requieren de un gran esfuerzo de mantenimiento

Los proyectos *software* se cancelan

LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE SE CENTRA EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE RENTABLE

REALIDADES DEL SOFTWARE

El *software* falla

El *software* cuando falla causa problemas que pueden tener repercusiones económicas y humanas ¿dónde está la responsabilidad?

“The most likely way for the world to be destroyed, most experts agree, is by accident. That’s where we come in. We’re computer professionals. We cause accidents”

Nathaniel Borenstein, inventor of MIME, in: *Programming as if People Mattered: Friendly Programs, Software Engineering and Other Noble Delusions*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1991 [8]

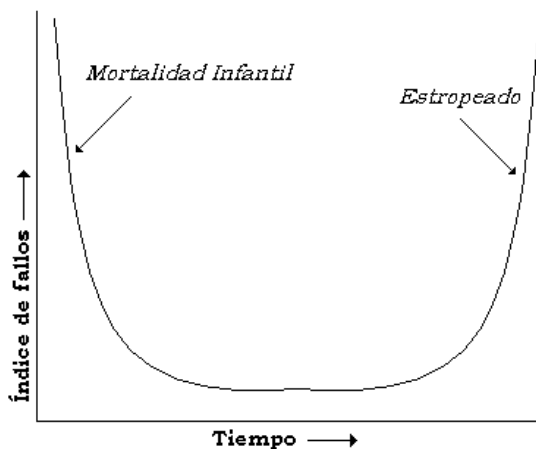
LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE SE CENTRA EN EL DESARROLLO DE SOFTWARE DE CALIDAD

DEFINICIÓN DE SOFTWARE

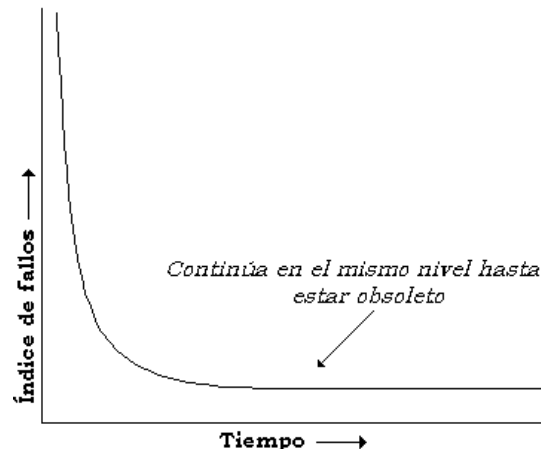
Una colección organizada de programas de ordenador, procedimientos, documentación asociada y datos referidos a un ordenador que realiza una función específica o un conjunto de funciones (IEEE) [9]

CARACTERÍSTICAS DE UN PRODUCTO SOFTWARE [10]

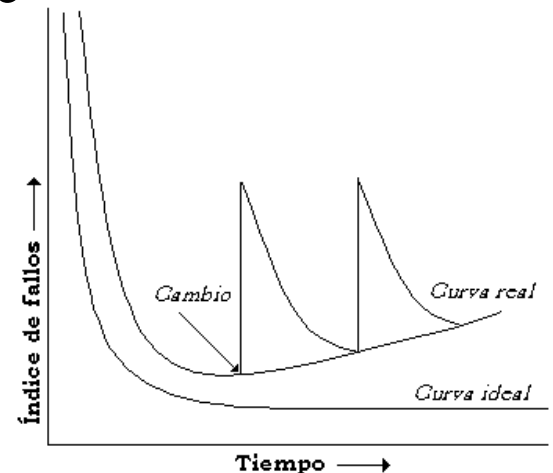
- El *software* se desarrolla, no se fabrica en el sentido clásico
 - Los costes del *software* se encuentran en la ingeniería
- El *software* no se estropea, se deteriora
 - Cambios en las fases de mantenimiento
 - No hay piezas de repuesto para el *software*



Curva de fallos del *hardware*



Curva de fallos del *software*



Curva real de fallos del *software*

- A pesar de las últimas tendencias, el *software* se sigue construyendo a medida

LOS SISTEMAS SOFTWARE SON PRODUCTOS COMPLEJOS

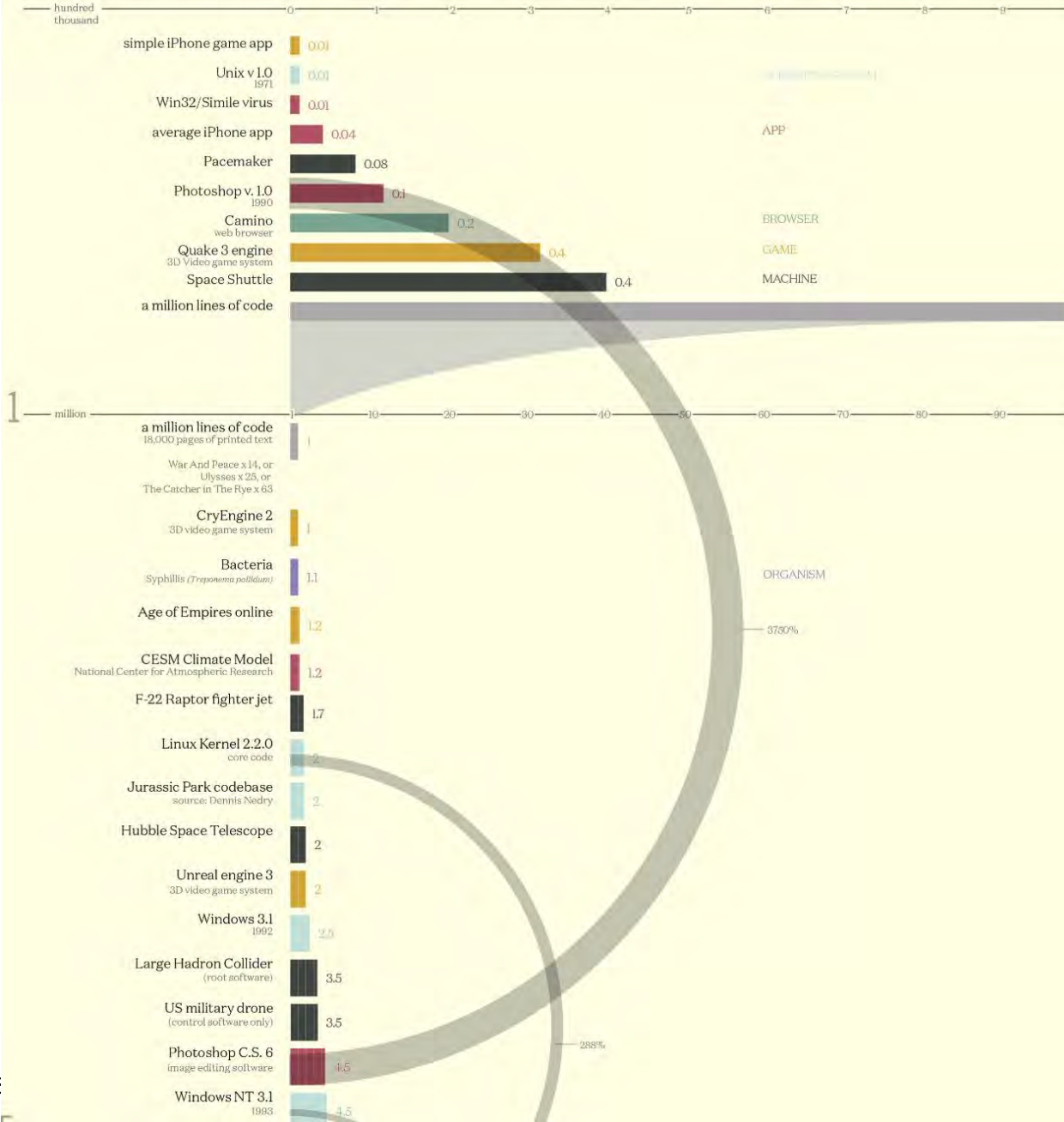
- Gran funcionalidad
- Objetivos diferentes y en ocasiones conflictivos
- En su concepción, desarrollo y mantenimiento interviene un gran número de personas con diferentes perfiles
- Elevado tamaño
 - Windows 98 – 18 millones de líneas de código
 - Windows 2000 (2001) – 35 millones de líneas de código
 - Windows XP (2002) – 40 millones de líneas de código
 - Windows 10 (2015) – 80 millones de líneas de código
 - Linux (Debian) – 55 millones de líneas de código – 14.000 personas/año – 1900 millones de dólares
 - Rotor (2002) – 3,6 millones de líneas de código
 - El software del Telescopio Espacial Hubble – 2 millones de líneas de código
 - Un dron militar del ejército de EEUU – 3.5 millones de líneas de código
 - Un avión Boeing 787 – 6.5 millones de línea de código
 - Todos los sistemas que componen el Gran Colisionador de Hadrones (*Large Hadron Collider*, LHC) – 50 millones de líneas de código
 - Servicios Google – 2.000 millones de líneas de código
- Sujeto a cambios continuos
- Requisitos, tecnología...

Conclusión final: *La producción de software ha de estar regida por los principios de la **INGENIERÍA***

TAMAÑO DEL SOFTWARE

Codebases

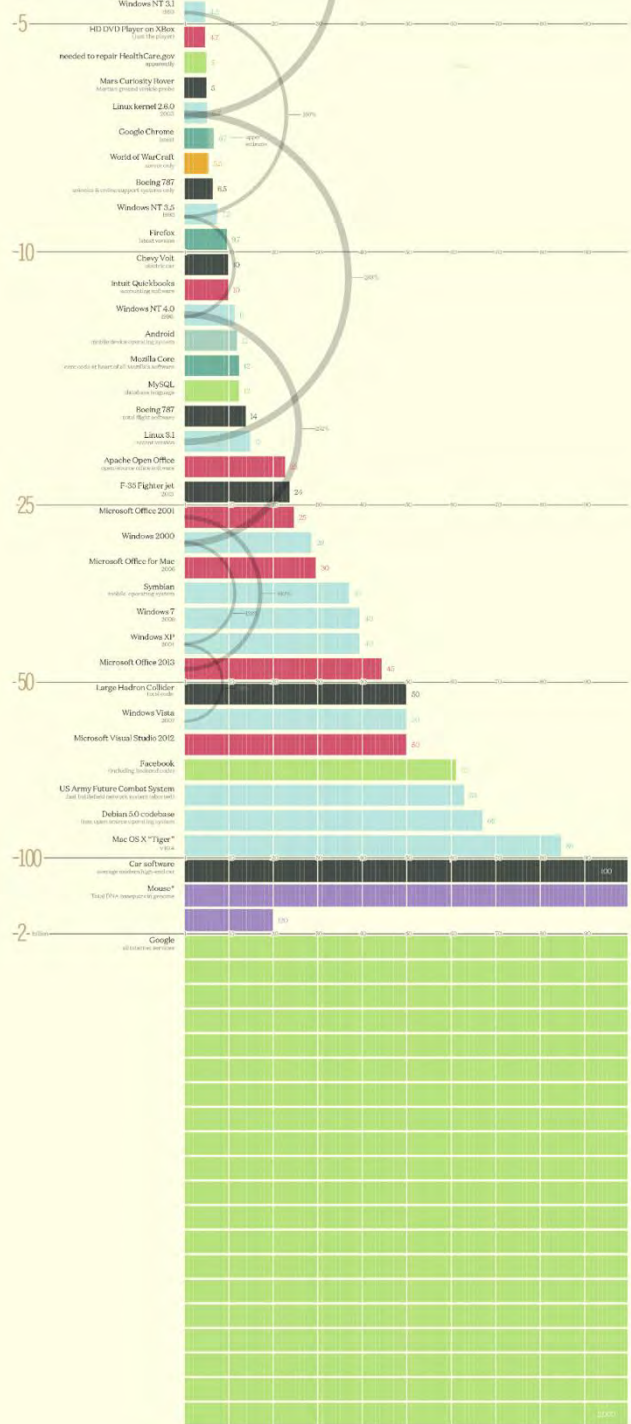
Millions of lines of code



<https://www.informationbeautiful.net/visualizations/million-lines-of-code/>

TAMAÑO DEL SOFTWARE

Software



<https://www.informationbeautiful.net/visualizations/million-lines-of-code/>

CRISIS DEL SOFTWARE

Problemas del *software*

- Calidad cuestionable
 - Mal funcionamiento
 - Insatisfacción de los clientes
- Cómo desarrollar *software*
 - Imprecisión en la planificación y la estimación
 - Baja productividad
- Cómo mantener el volumen creciente de *software* existente
- Cómo afrontar la incesante demanda de *software*
- Barrera del mantenimiento

CRISIS DEL SOFTWARE

Problemas del *software*

- Dificultad inherente
- Gran complejidad
 - Número de estados posibles es muy elevado
 - Conexiones entre entidades
 - Complejidad arbitraria que surge de instituciones humanas
- Sujeto a continuos cambios
- Especificación de requisitos
- Comunicación del equipo

“La construcción de *software* siempre será una tarea difícil. No hay bala de plata”

Frederick P. Brooks, Jr. (1987) [11]

ALGUNAS CAUSAS

Responsables no cualificados

Falta de comunicación entre las partes

Desconocimiento de las nuevas tendencias

Resistencia al cambio

Falta de reconocimiento de la figura del informático

Una amplia mitología y falta de “cultura informática” de la sociedad

- Mitos de gestión
 - Resistencia al cambio en la gestión de proyectos
 - Concepto de la horda mongoliana
 - ...
- Mitos del cliente
 - Ideas genéricas al principio, detalles al final
 - Requisitos en continua evolución
 - ...
- Mitos del desarrollador
 - El trabajo acaba cuando se ha escrito el programa y funciona
 - Solo se entrega un programa funcionando
 - Lo que uno crea solo debe entenderlo él
 - ...



CALIDAD DEL SOFTWARE

La calidad se percibe desde diferentes puntos de vista [12]

- Vista trascendental o ideal
- Vista del usuario
- Vista de la construcción o de proceso
- Vista del producto
- Vista basada en el valor

Vista externa

Vista interna

CALIDAD DEL SOFTWARE

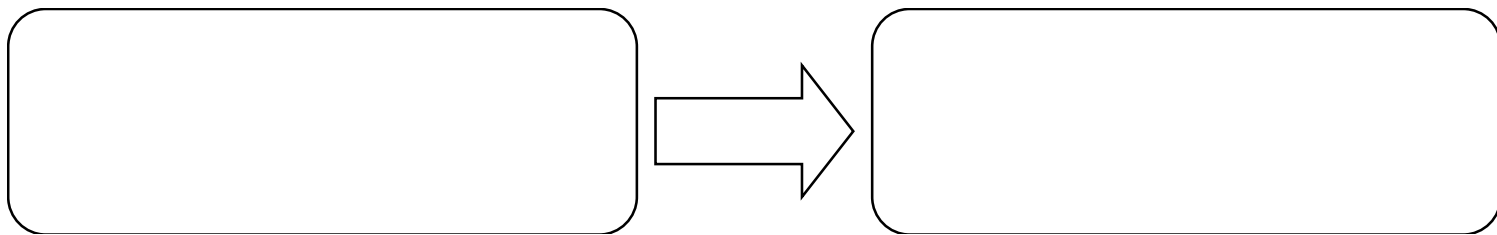
Factores externos

- Pueden ser detectados por los usuarios
- Es de suma importancia

Factores internos

- Solo los perciben los ingenieros del *software*
- Es el medio de conseguir la calidad externa

OBJETIVO



ATRIBUTOS DE UN PRODUCTO SOFTWARE

- Factores externos
 - Facilidad de mantenimiento
 - Ha de poder evolucionar para adaptarse a las necesidades de cambio de los clientes
 - Confiabilidad
 - No debe causar daños físicos o económicos en el caso de fallo del sistema
 - Fiabilidad, seguridad y protección
 - Eficacia
 - Hacer efectivo el propósito del *software*
 - Usabilidad
 - Fácil de utilizar
 - Debe tener una interfaz de usuario apropiada y una documentación adecuada
 - Reusabilidad
 - Capacidad de que un *software* pueda utilizarse en un contexto diferente al de su creación
 - Portabilidad
 - Facilidad de transferir productos *software* a diferentes plataformas
 - ...

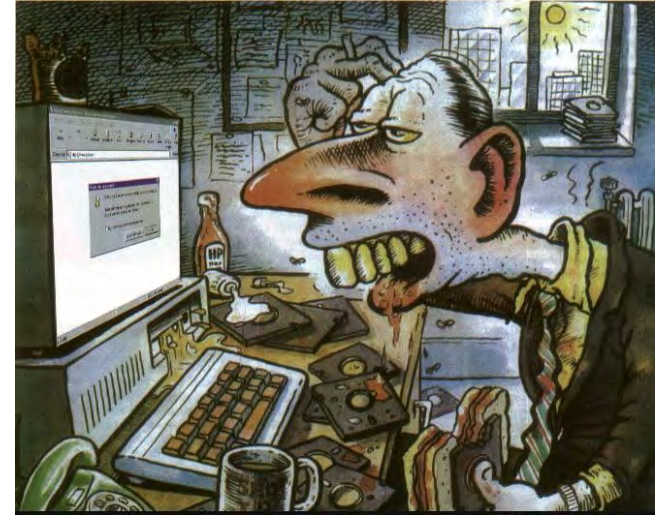
ATRIBUTOS DE UN PRODUCTO SOFTWARE

- Factores internos
 - Facilidad de traza
 - Modularidad
 - Tolerancia a fallos
 - Eficiencia de ejecución
 - Eficiencia de almacenamiento
 - Autodescripción
 - Legibilidad
 - Facilidad de expansión
 - Independencia del sistema
 - Independencia del *hardware*
 - Estandarización de datos
 - Estandarización de comunicaciones
 - ...

REFERENCIAS

1. F. J. García-Peñalvo, A. García-Holgado y A. Vázquez-Ingelmo, "Introducción a la Ingeniería del Software," Recursos docentes de la asignatura Ingeniería de Software I. Grado en Ingeniería Informática. Curso 2024-2025, F. J. García-Peñalvo, A. García-Holgado y A. Vázquez-Ingelmo, Eds., Salamanca, España: Grupo GRIAL, Universidad de Salamanca, 2025. [Online]. Disponible en. doi: 10.5281/zenodo.14837567.
2. F. J. García-Peñalvo, A. García-Holgado y A. Vázquez-Ingelmo, "Qué importancia tiene el software en la sociedad actual," Recursos docentes de la asignatura Ingeniería de Software I. Grado en Ingeniería Informática. Curso 2020-2021, F. J. García-Peñalvo, A. García-Holgado y A. Vázquez-Ingelmo, Eds., Salamanca, España: Grupo GRIAL, Universidad de Salamanca, 2021. [Online]. Disponible en: <https://bit.ly/3dRDG7W>. doi: 10.5281/zenodo.5777026.
3. Observatorio Nacional de Tecnología y Sociedad, *Sector TIC, los medios y los servicios audiovisuales. Edición 2023 - Datos 2022*. España: Red.es, 2023. doi: 10.30923/SCTR.
4. Fundación Telefónica, *El trabajo en un mundo de sistemas inteligentes*. Barcelona, España: Ariel, 2015. Disponible en: <https://d66z.short.gy/2dapHr>.
5. M. Sigelman, "Education & the human economy," presentado en IFE Conference 2025, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México, January 28, 2025.
6. S. Grajek y B. Reinitz. (2019, July 8) Getting Ready for Digital Transformation: Change Your Culture, Workforce, and Technology. *Educase Review*. Disponible en: <https://bit.ly/2TrIurJ>
7. A. Rodríguez de las Heras, "Con las smart cities estamos ante una revolución cultural," A. Pérez, Cuatroochenta, 2020. <https://bit.ly/2PYU8Yu>
8. N. S. Borenstein, *Programming as if People Mattered: Friendly Programs, Software Engineering and Other Noble Delusions*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1991.
9. IEEE. *IEEE Software Engineering Standards Collection 1999 Edition. Volume 1: Customer and Terminology Standards*. USA: IEEE Computer Society Press, 1999.
10. R. S. Pressman, *Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico*, 7ª ed. México D. F., México: McGraw-Hill, 2010.
11. F. P. J. Brooks, "No silver bullet. Essence and accidents of software engineering," *Computer*, vol. 20, no. 4, pp. 10-19, 1987. doi: 10.1109/MC.1987.1663532.
12. D. A. Garvin, "What Does "Product Quality" Really Mean," *Sloan Management Review*, vol. 26, no. 1, pp. 25-45, 1984.

SOFTWARE



INGENIERÍA DE SOFTWARE I

2º DE GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
CURSO 2024/2025

Francisco José García-Peñalvo / fgarcia@usal.es

Alicia García-Holgado / aliciagh@usal.es

Andrea Vázquez-Ingelmo / andreavazquez@usal.es

Departamento de Informática y Automática
Universidad de Salamanca

