

El costo de la pobreza

Software de calidad en EE.UU.:

Un informe de 2018

Hierba Krasner

Miembro del Consejo Asesor

del Consorcio para la Calidad del Software de TI (CISQ)

www.it-cisq.org

Hkrasner@utexas.edu

Fecha: 26 de septiembre de 2018



Consortium for IT Software Quality

Contenido

1. Adelante.....	3
2. Resumen ejecutivo	4
3. Introducción	6
¿Cuánto gastamos hoy en software de TI en el mundo?	7
Iluminando un problema fundamental pero invisible en los sistemas de TI	4
El enfoque del coste de la calidad adaptado al software informático.....	9
El modelo del Iceberg.....	10
4. El panorama, una mirada hacia atrás, hacia adelante y al presente	11
Una mirada hacia atrás: los sistemas heredados nos mantienen cautivos	11
Mirando hacia el futuro: las innovaciones tecnológicas llegan cada vez más rápido.....	13
Mirando hacia el presente: sistemas de sistemas altamente vulnerables y deficientes.....	14
La era de los fallos y defectos de 9 dígitos.....	15
Proyectos problemáticos/desafiados.....	17
Deuda técnica.....	19
Resumen del panorama.....	
5. Perspectiva del talento humano en CPSQ.....	21
Definición de la fuerza laboral de tecnología de la información	22
Ocupaciones en informática y tecnología de la información en los EE. UU. hoy en día	23
Impacto de la economía gig de TI	24
Implicaciones.....	24
6. Coste de la calidad del software: definiciones y modelo	28
Definición de calidad del software	28
Software de buena calidad versus software de mala calidad	29
El modelo del coste de la calidad del software y su evolución	30
Categorías de CPSQ.....	31
Categorías de CGSQ.....	33
7. Conclusiones.....	36
Lo que han revelado las distintas fuentes: el costo del software de mala calidad.....	36
Resumen de los costos del software de mala calidad.....	38
Otras observaciones	39
Qué hacer	39
8. Agradecimientos.....	41
9. Referencias de la sección	42
Referencias de la sección de introducción	42
Referencias de la sección Paisaje.....	42
Referencias de la sección Talento humano.....	43
Referencias de la sección CoSQ.....	44
Referencias de la sección Conclusión.....	44

1. Adelante

Las siguientes abreviaturas se utilizan ampliamente en este informe. Aquí se proporcionan definiciones básicas y definiciones más detalladas de cada término que se encuentran en el cuerpo del informe.

Significado de la abreviatura	
ÉL	Tecnologías de la información
ESTADOS UNIDOS	Estados Unidos de América
CoSQ	Costo de la calidad del software
CPSQ	El costo de la mala calidad del software
CGSQ	Costo de una buena calidad de software
UBICACIÓN	Líneas de código (fuente)
CPDQ	El costo de la mala calidad de los datos

Este informe recopila material de fuentes de acceso público sobre el costo de la mala calidad del software en los Estados Unidos en la actualidad. El informe describe cómo estimular programas de mejora de la calidad del software en toda la industria y el gobierno.

Nuestras conclusiones se basan en el hecho de que la mayoría de las organizaciones de TI y software no recopilan actualmente datos sobre el costo de la calidad del software (CoSQ). Sin un modelo de CoSQ definido, la mayoría de los líderes de TI carecen de una base para estimar las respuestas a estas dos preguntas pertinentes:

1. ¿Cuál es el costo del software de mala calidad en nuestra organización?
2. ¿Cómo afectan nuestras inversiones en calidad de software nuestros costos generales de calidad y el costo de propiedad de los activos de software?

Estudios publicados anteriormente^{1,2,3,4} han destacado diversos aspectos del software de mala calidad. Estos estudios son insuficientes porque no tienen en cuenta el costo total del software de mala calidad en toda la industria del software de Estados Unidos.

Este estudio realiza una revisión sistemática de las fuentes públicas disponibles sobre el tema del costo del software de mala calidad en los EE. UU. en la actualidad. Una revisión sistemática, una evaluación crítica y una evaluación de todas las fuentes de datos encontradas proporcionan un método para localizar, reunir y evaluar el conjunto de fuentes públicas. Este estudio adopta una visión integral para aproximar el costo total de la mala calidad del software en los EE. UU. en la actualidad.

2. Resumen ejecutivo

Este proyecto realiza un estudio de investigación exhaustivo y evalúa el costo del software (específicamente el software de mala calidad) en la economía de Estados Unidos en su conjunto.

En este informe se utilizaron fuentes existentes de datos públicos y se citaron todas las fuentes.

Este informe llena un vacío que existía en nuestra comprensión de las implicaciones financieras que tiene el software de mala calidad para la sociedad actual y futura. Este informe está dirigido principalmente a ejecutivos de alto nivel, directores de tecnología, directores de informática y otros profesionales de TI que estén interesados en cuantificar los costos que les genera el software de mala calidad.

El cuerpo del informe describe las principales motivaciones para realizar este estudio, incluida la importancia crítica del software para la sociedad moderna y la exposición de los problemas fundamentales que lo provocan. El modelo del iceberg se utiliza para mostrar qué costos de calidad del software suelen estar ocultos a la vista.

A continuación, se describe el panorama de las áreas problemáticas de la calidad del software 1) mirando hacia atrás en el tiempo, 2) hacia el futuro y 3) identificando los problemas actuales a los que nos enfrentamos. Los problemas descritos incluyen:

1. Sistemas heredados que mantienen cautivos a nuestro personal y presupuestos;
2. Innovaciones técnicas que intentan hacernos avanzar a un ritmo cada vez más acelerado;
3. Los "sistemas de sistemas" altamente vulnerables de la actualidad;
4. La era actual de fallas y defectos de los sistemas de software de 9 dígitos; y
5. La creciente carga de la deuda técnica.

Una vez definido el paisaje, se abordan los impactos en la fuerza laboral cubriendo los siguientes temas:

1. Definición de la fuerza laboral de tecnología de la información; 2. Ocupaciones en informática y tecnología de la información en los EE. UU. hoy (BLS);
3. Impacto de la economía gig de TI; y
4. Implicaciones para la calidad y los costos.

Se introducen las definiciones formales de la calidad del software y el modelo de coste de la calidad del software definiendo:

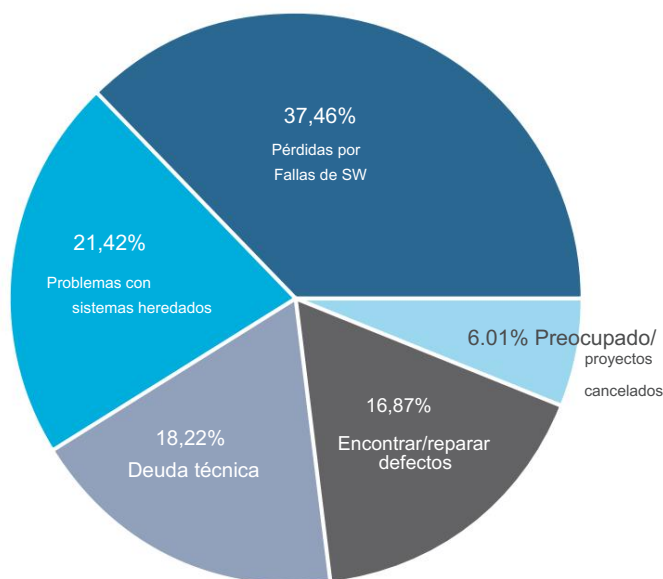
1. Calidad del software;
2. Software de buena y mala calidad;
3. El modelo de costes de calidad del software y su evolución;
4. Categorías de costos de mala calidad del software (CPSQ); y
5. Categorías de Costo de Buena Calidad de Software (CGSQ).

El modelo de Costo de la Calidad del Software (CoSQ) identifica los costos de los componentes de la calidad y cómo se suman para formar un total teórico. Se resumen las categorías de costos del software y los datos de mala calidad y lo que estos números nos indican para mejorar la situación. El informe concluye con las acciones de gestión necesarias para atacar los problemas y lograr una mejora significativa en varias situaciones organizacionales.

En resumen, el costo del software de mala calidad en los EE. UU. en 2018 es de aproximadamente 2,84 billones de dólares, cuyos principales componentes se ven en el siguiente gráfico. Si eliminamos el costo futuro de la deuda técnica, el total se convierte en 2,26 billones de dólares.

Para simplificar, en este momento se supone que las diversas categorías de costos son mutuamente excluyentes. Claramente, se justifica un nivel más profundo de análisis de intersecciones. Por lo tanto, consideramos esta cantidad como un posible límite superior. Nuestra intención era utilizar este resultado como punto de partida para el debate comunitario y futuros estudios de evaluación comparativa en profundidad.

FIGURA 1: ÁREAS DE COSTOS RELACIONADOS CON LA MALA CALIDAD DE TI Y SOFTWARE EN EE. UU.



Los métodos para llegar a estos montos de categorías y totales se presentan en las secciones del cuerpo de este informe.

Las recomendaciones generales para la mejora dependen del contexto situacional particular de cada organización. Estas recomendaciones incluyen:

1. Detectar y solucionar los problemas y deficiencias lo más cerca posible de su origen o, mejor aún, evitar que se produzcan. Esto está en línea con los movimientos de la industria, como las evaluaciones iniciales de los productos y las pruebas continuas.
2. Mida el CPSQ. Con estos números en la mano, tiene la base para un caso de negocios que le permitirá invertir inteligentemente en la mejora de la calidad del software.
3. Ataque el problema centrándose en los diferentes resultados de la buena y mala calidad del software en su tienda y en las organizaciones de referencia relevantes.
4. Las áreas económicas objetivo probablemente incluirán: costo de propiedad, rentabilidad, impacto en el desempeño humano, posibilitando la innovación y la eficacia de los sistemas de TI de misión crítica.

3. Introducción

EN ESTA SECCIÓN:

- La importancia de El software y su calidad en el mundo actual
- Gasto en software de TI en el mundo hoy
- Iluminando un fundamental pero Problema invisible en los sistemas de TI
- Introducción del enfoque del coste de la calidad adaptado al software
- El modelo Iceberg de calidad del software oculta costos

"El software se está comiendo al mundo" —Marc Andreessen, 20 de agosto de 2011, Wall Street Journal

Las principales motivaciones de este informe son:

- Definir la importancia crucial del software y su calidad en la sociedad moderna.
- Identificar las limitaciones de estudios previos sobre algunos de los costos del software de mala calidad.
- Iluminar los problemas fundamentales que están causando problemas de calidad con nuestros sistemas de TI y software habilitados.

Según Wikipedia, el término software es un término genérico que se refiere a una colección de datos o instrucciones informáticas que le indican a un dispositivo informático cómo debe funcionar. Un dispositivo informático incluye cualquier chip programable, conjunto de chips o colección de dichos dispositivos. Esto incluye tanto dispositivos informáticos de propósito general como de propósito especial, y todos los tipos de software que se ejecutan en ellos (por ejemplo, todo, desde firmware hasta software empresarial, servicios en la nube, software integrado, etc.).

El software en la sociedad moderna es omnipresente. Pensemos en nuestro teléfono inteligente. Es un dispositivo informático móvil con millones de líneas de código informático. Por ejemplo, la aplicación promedio de iPhone tiene alrededor de 10 a 50 mil líneas de código, mientras que la base de código completa de Google es de dos mil millones de líneas de código para todos sus servicios. El sistema operativo de los teléfonos inteligentes (por ejemplo, Android) por sí solo tiene aproximadamente 12 millones de líneas de código.

Una línea de código (LOC) es una única instrucción discreta para el dispositivo informático, por ejemplo, para realizar una operación o declarar un elemento de datos, en cualquier lenguaje que se utilice.

Para facilitar el recuento, a veces una línea de código fuente (SLOC) se define simplemente como una línea de texto en el listado de código fuente del programa. Existen muchas formas más específicas de definir una línea de código fuente.

En 2021, habrá casi 36 mil millones de dispositivos conectados a Internet¹⁶ y más del 54%³ de la población mundial serán usuarios de Internet; y el tráfico global de Internet alcanzará los 3,3 zettabytes¹⁵. Un zettabyte equivale a un sextillón (10²¹) o, estrictamente, a 270 bytes.

En los Estados Unidos, cuando se pregunta "¿en qué medida las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) permiten el acceso de todas las personas a servicios básicos (por ejemplo, salud, educación, servicios financieros, etc.)?" [1 = nada; 7 = en gran medida]; los Estados Unidos obtienen una puntuación de 5,7 en la escala de 7 puntos. Los países líderes obtienen una puntuación de 6,2. Esto cambia rápidamente a medida que las organizaciones se adaptan a un enfoque de "traiga su propio dispositivo" (BYOD). En muchos casos, su interfaz con los servicios habilitados por software es ahora su teléfono inteligente.

La encuesta más reciente sobre la posesión de ordenadores se realizó en 2012. Reveló que en las tres décadas transcurridas desde la primera encuesta, el porcentaje de hogares con ordenador se multiplicó casi por diez, hasta llegar a casi el 80%. Además, una encuesta realizada en febrero de 2018 por el Pew Research Center reveló que el 77% de todos los estadounidenses, y el 94% de todos los estadounidenses de entre 18 y 29 años, poseen un teléfono inteligente. Se prevé que el uso mundial de teléfonos inteligentes alcance los 2.530 millones este año.

Los dispositivos informáticos y el software son las principales herramientas que hacen posible nuestra vida personal, nuestra sociedad, la industria y el gobierno; por lo tanto, la calidad y la seguridad del software se encuentran entre los temas más importantes de esta década. La importancia tanto de la calidad como de la seguridad aumentará durante la próxima década. La tecnología informática es parte integral de todas las actividades actuales. La calidad del software es importante.

¿Cuánto gastamos hoy en software de TI en el mundo?

Según IDC⁹ El gasto mundial en tecnología de la información superará los 4,8 billones de dólares en 2018, y Estados Unidos representará aproximadamente 1,5 billones de dólares de ese mercado. Afirman que Estados Unidos es el mercado de tecnología más grande del mundo, representando el 31% del total mundial. En Estados Unidos, según CompTIA, el sector de TI está preparado para otro año fuerte, con un crecimiento proyectado del 5,0%. El pronóstico optimista de aumento está en el rango del 7,2%, con un piso a la baja del 2,8%.

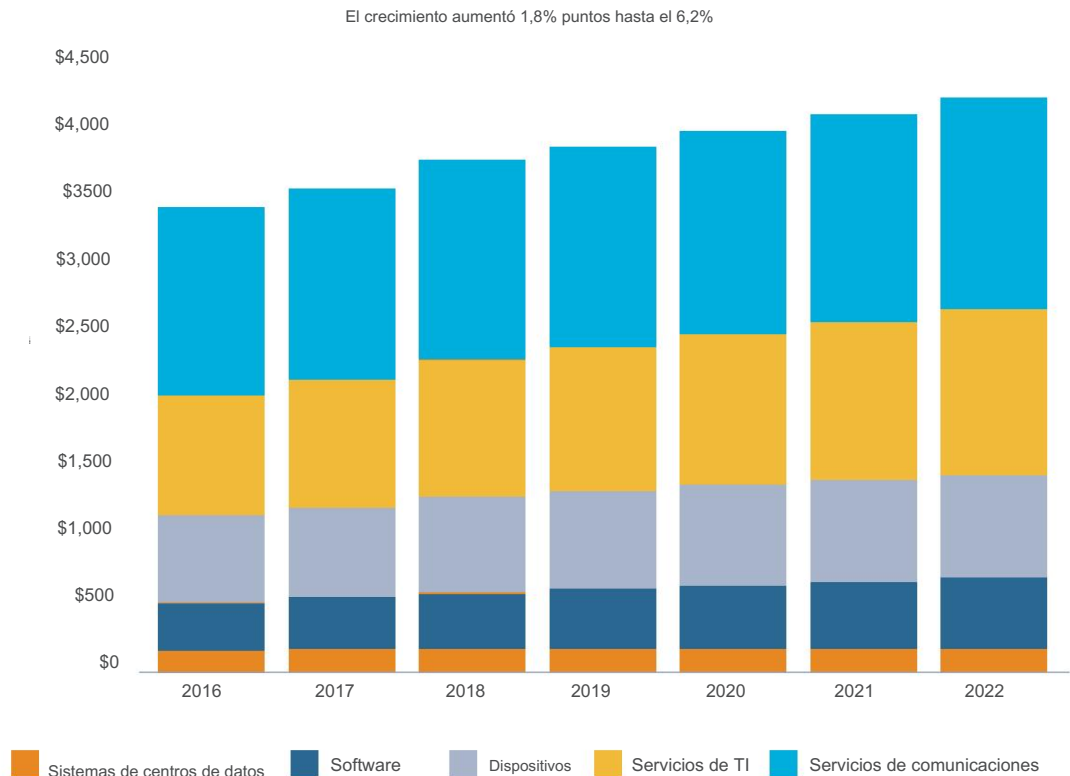
Según los datos más recientes disponibles, las exportaciones estadounidenses de productos y servicios tecnológicos se estimaron en 309 mil millones de dólares en 2016. Las exportaciones representan aproximadamente 1 de cada 4 dólares generados en la industria tecnológica estadounidense. Los pronósticos de crecimiento de TI de diversas fuentes incluyen:

- Previsión mundial del 4,5% según Gartner
- IDC Previsión mundial del 5,3%
- Previsión Forrester 5,8% para EE.UU.
- Pronóstico mundial de CompTIA del 5,0 %

Según Gartner⁵ , Se gastarán alrededor de 3,7 billones de dólares en TI en todo el mundo sistemas empresariales en 2018; un aumento del 6,2% con respecto al año pasado. Su estudio, centrado en productos y servicios adquiridos, cubre el costo de: sistemas de centros de datos, software empresarial, dispositivos informáticos, servicios de TI y servicios de comunicaciones. Se prevé que el gasto en software empresarial experimente el mayor crecimiento en 2018 con un aumento del 11,1 por ciento, aproximadamente 400 mil millones de dólares. Se espera que el gasto en software de aplicaciones continúe aumentando durante 2019, y el software de infraestructura también seguirá creciendo, impulsado por iniciativas de modernización. Al considerar los gastos adicionales de mano de obra y costos de soporte, Apptio⁷ afirma que el gasto global en TI en realidad está más cerca de los 6,3 mil millones de dólares. billones de dólares, porque en la mayoría de las empresas, el costo de la mano de obra representa cerca del 45% de su gasto en TI. Parecería que esta cifra cubre los productos, servicios y mano de obra de TI, pero probablemente no cubre aspectos como los sistemas integrados, la IoT, la pérdida de participación en el mercado, las caídas de las existencias, los costos legales, etc., y otros costos asociados con los sistemas y servicios de TI problemáticos.

La parte que corresponde a Estados Unidos de esos 6,3 billones de dólares sería de 1,953 billones de dólares, o aproximadamente el 9,56% del PIB de Estados Unidos (20,4 billones de dólares). No sería descabellado sugerir que el gasto total de Estados Unidos en TI en estos productos, servicios y mano de obra es de alrededor del 10% del PIB. El siguiente gráfico está disponible gratuitamente en el sitio web de Gartner⁵.

FIGURA 2: PRONÓSTICO DE GARTNER PARA EL GASTO MUNDIAL EN TI VALORADO EN DÓLARES PARA 2018



Si se acepta el informe de Gartner con la mejora de Apptio, una representación más correcta del gasto total mundial en TI es de 6,3 billones de dólares en 2018. La participación de los EE. UU. en ese gasto sería de 1,95 billones de dólares. Si se añaden las posibles categorías faltantes descritas anteriormente, el gasto en TI de los EE. UU. en productos, servicios y mano de obra probablemente sea de al menos 2 billones de dólares, o alrededor del 10% del PIB. El PIB de EE. UU. en 2018 es de 20,4 billones de dólares, o alrededor del 23,3% del PIB mundial. economía.

La calidad del software es importante: casi todos los altos ejecutivos lo saben ahora.

Pero reconocer ese concepto en abstracto es una cosa, mientras que invertir tiempo y recursos en la adquisición, desarrollo, lanzamiento y/o evolución de software de alta calidad es otra muy distinta. El hecho es que muchos ejecutivos no hacen de la calidad del software una meta prioritaria de primer nivel. Esto puede ser un grave error. ¡Pregúntenle a Equifax!

La realidad es que el software de mala calidad conlleva graves costes. No se trata solo de socavar la reputación de una empresa u organización (aunque eso tiene sus propios costes), sino que también es un asunto que se refleja directamente en el resultado final.

Según Curtis¹³, las aplicaciones de software actuales han entrado en la era de los fallos de software de 9 dígitos (≥ 100 millones de dólares). No sólo son cifras enormes, sino que representan dinero que, en un sentido muy real, se desperdicia por completo.

Iluminando un problema fundamental pero invisible en los sistemas de TI

Como producto puramente intelectual, el software es una de las tecnologías más laboriosas, complejas y propensas a errores de la historia de la humanidad. El software está tan extendido en la sociedad moderna que, a menudo, no nos damos cuenta de su presencia hasta que surgen los problemas. Aunque hoy en día existen muchos productos y sistemas de software de éxito, la falta generalizada de atención a la calidad también ha dado lugar a muchos sistemas problemáticos que no funcionan correctamente, así como a muchos proyectos de software que se retrasan, superan el presupuesto o se cancelan.

En general, se considera que una buena calidad del software significa que un producto (o sistema) de software proporciona valor (por ejemplo, satisfacción) a sus usuarios o partes interesadas, genera beneficios (si ese es el objetivo), genera pocas quejas o problemas graves y contribuye de algún modo a los objetivos de la humanidad (o al menos no hace daño). Por lo tanto, la mala calidad es lo opuesto. Otra definición popular del coste de la mala calidad del software (CPSQ) es la de los costes que desaparecerían si los sistemas de TI, los procesos relacionados y los productos o componentes incluidos fueran perfectos. Más adelante en este documento se analizan definiciones más específicas.

Cuando estas simples preguntas se formulan de manera rutinaria en los niveles superiores, es posible lograr transformaciones organizacionales sorprendentes.

Si mejorar el éxito empresarial a través de la calidad del software de TI es un objetivo organizacional, entonces se deben derivar respuestas a estas pequeñas preguntas:

- ¿Cuánto nos cuesta el software y cuáles son sus beneficios?
- ¿Cuánto nos cuesta la mala calidad del software?
- ¿Qué tan bueno es nuestro software?

Cuando estas simples preguntas se formulan de manera rutinaria en los niveles superiores, es posible lograr transformaciones organizacionales sorprendentes.

El enfoque del coste de la calidad adaptado al software de TI

Como producto, el software es diferente de cualquier tipo de objeto manufacturado. Algunas diferencias obvias son:

- Tiene costos fijos elevados y costos variables algo más bajos.
- No se desgasta pero requiere mantenimiento.
- Es más fácil agregar valor adicional en el futuro (es decir, en comparación con el hardware).
- Es inherentemente más complejo
- Es más intangible y menos visible porque no es físico.

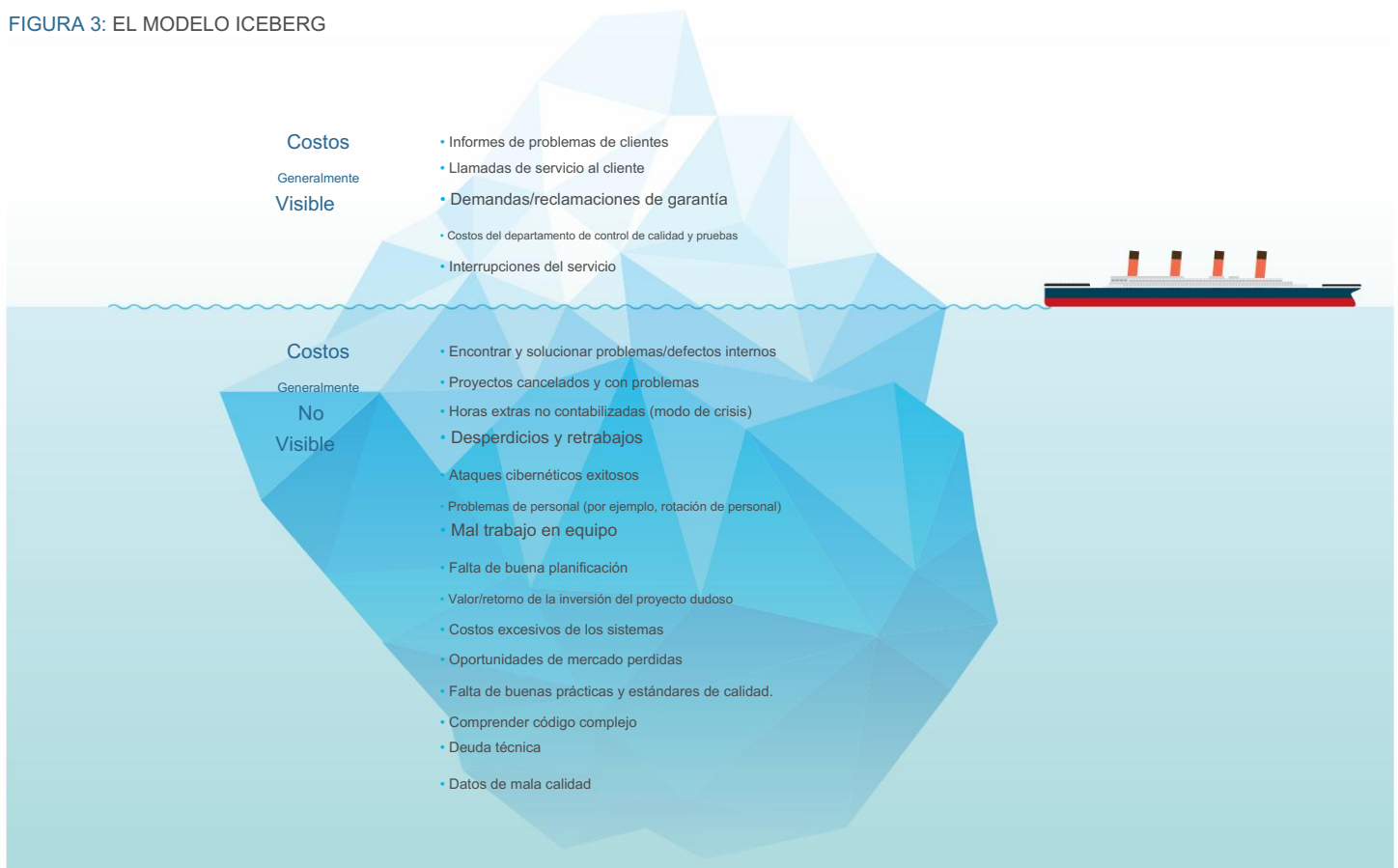
CoQ es una técnica comprobada en las industrias de fabricación y servicios, tanto para comunicar el valor de las iniciativas de calidad como para identificar candidatos a ellas. CoSQ ofrece la misma promesa para la industria del software, pero podría utilizarse más que en la actualidad.

Los usos iniciales de CoSQ indican que representa un porcentaje muy alto de los costos de desarrollo (60 por ciento o más para las organizaciones que no conocen las oportunidades de mejora)¹⁴. El uso de CoSQ demuestra un ahorro de costos significativo para las organizaciones de software dispuestas a emprender iniciativas de mejora de la calidad. Quizás lo más importante es que el uso de CoSQ permite comprender las compensaciones económicas que acompañan a las actividades y los gastos realizados para mejorar la calidad del software entregado.

El modelo del iceberg

Muchos de los costos de la mala calidad del software de TI están ocultos y son difíciles de identificar con sistemas de medición formales. El modelo del iceberg (figura siguiente) se utiliza muy a menudo para ilustrar este concepto: solo una minoría de los costos de la mala calidad del software son obvios, aparecen por encima de la superficie de la línea de flotación. Pero existe un enorme potencial para reducir los costos debajo de la línea de flotación. Identificar y mejorar estos costos reducirá significativamente los costos de operación de una empresa u organización.

FIGURA 3: EL MODELO ICEBERG



4. El paisaje:

Mirando hacia atrás, hacia adelante y al presente

EN ESTA SECCIÓN:

- Sistemas heredados que Mantener cautivo a nuestro personal y presupuestos
- Innovaciones técnicas Ese intento de hacernos avanzar en tasas de aceleración
- Los altamente vulnerables "sistemas de Sistemas"
- La era actual de fallas y defectos de los sistemas de software de 9 dígitos
- El creciente impacto de la deuda técnica

Mirando hacia atrás:

Los sistemas heredados nos mantienen cautivos

En 2002, el NIST informó que los costos económicos del software defectuoso en los Estados Unidos se estiman en decenas de miles de millones de dólares por año y que representan aproximadamente poco menos del 1 por ciento del producto interno bruto (PIB) del país. ¿Cómo ha cambiado eso en los 16 años transcurridos desde entonces?

En la mayoría de las empresas y organizaciones, la operación y el mantenimiento (O&M) de los sistemas de TI existentes consumen la mayor parte del presupuesto de TI, aproximadamente el 75% del gasto total de TI por año. Para un sistema en particular, los costos de mantenimiento de software²³ generalmente representan el 75-80% del costo total de propiedad (TCO). En cualquier caso, esto deja solo alrededor del 25% para el desarrollo de nuevas capacidades, productos y sistemas.

Los encuestados por Forrester Research en 2013 a líderes de TI de más de 3.700 empresas estimaron que gastaban un promedio del 72 % de sus presupuestos solo en funciones de mantenimiento. En 2016, la Oficina de Responsabilidad Gubernamental de los Estados Unidos descubrió que 5.233 de los casi 7.000 sistemas de proyectos de TI del gobierno gastaban "todos sus fondos en operaciones y mantenimiento".

Los sistemas de TI heredados reflejan el pasado y el presente de una organización; reflejan tanto la complejidad del mundo para el que fueron desarrollados como en el que operan actualmente. Si se eliminan las capas de un sistema, se ven flujos de código y datos que reflejan las reglas que gobiernan la organización (algunas con matices, otras olvidadas hace mucho tiempo) que determinan cómo el software debe procesar la información. A medida que la organización cambia, el código nuevo se superpone al código existente. Los sistemas integrados, empezando por los aviones militares, los barcos, los vehículos de motor, la señalización ferroviaria, las telecomunicaciones, la red eléctrica, el análisis de gas/petróleo e incluso los semáforos, contienen más software. Los sistemas heredados se vuelven difíciles de manejar debido al envejecimiento, y varían según el tipo particular de sistema.

Una de las razones es la propia tecnología. El resultado de diferentes enfoques departamentales y una estrategia y una gobernanza de TI inadecuadas conducen a una variedad de mainframes, servidores, bases de datos, lenguajes informáticos y paquetes de distintos proveedores. La arquitectura fragmentada resultante (con miles de subsistemas interconectados) resulta costosa de mantener y, a medida que envejece, cada vez menos personas saben cómo trabajar en ella.

Los sistemas heredados pueden causar daños reales a una empresa u organización:

- Las estrategias de TI heredadas no están preparadas para el cambio continuo
- Los sistemas heredados empeoran la seguridad, no la mejoran
- Satisfacer a los clientes en sus términos se vuelve imposible
- Los sistemas heredados no son rentables de administrar
- Los problemas de compatibilidad amenazan las interacciones comerciales
- No es saludable para la capacitación de los empleados
- La tecnología patentada y arcaica genera fatiga del personal

Para determinar el costo de un software de mala calidad en sistemas heredados es necesario analizar en profundidad qué actividades consumen realmente el mayor esfuerzo durante la fase de operación y mantenimiento de la vida útil prolongada de un sistema de TI. Los costos de mantenimiento de software⁴¹ incluyen las siguientes categorías básicas:

- **Mantenimiento correctivo:** costos debidos a la modificación del software para corregir problemas descubiertos después de la implementación inicial (generalmente el 20% de los costos de mantenimiento del software)
- **Mantenimiento adaptativo:** costos debidos a la modificación de una solución de software permitir que siga siendo eficaz en un entorno empresarial cambiante (generalmente hasta el 50% de los costos de mantenimiento del software)
- **Mantenimiento perfecto:** costos debidos a la mejora o perfeccionamiento de una solución de software para mejorar el rendimiento general o la capacidad de mantenimiento (generalmente el 25% de los costos de mantenimiento del software)
- **Mantenimiento preventivo:** costos debidos a la modificación de un producto de software después de la entrega para detectar y corregir fallas latentes en el producto de software antes de que se conviertan en fallas efectivas (generalmente el 5% de los costos de mantenimiento del software).

Según Curtis²⁴, la corrección de defectos con frecuencia representa hasta un tercio de todo el trabajo de operación y mantenimiento posterior al lanzamiento, y se ha demostrado que el tiempo dedicado a comprender el código representa hasta la mitad de todo el esfuerzo realizado por el personal de mantenimiento.

Cuando se elimina la superposición entre estas dos actividades, hasta dos tercios de todo el esfuerzo de mantenimiento puede clasificarse como desperdicio.

Los factores anteriores se pueden utilizar para proporcionar una estimación del costo total del software heredado de mala calidad en operaciones y mantenimiento en los EE. UU. en la actualidad. Si el 75 % de todos los dólares de TI se gastan en operaciones y mantenimiento, y si hasta 2/3 de esa cantidad se puede clasificar como "desperdicio", eso nos da un límite superior aproximado de \$980 mil millones en el costo del software de mala calidad en operaciones y mantenimiento desde una perspectiva de mantenimiento. Desperdicio es un término simplificado que se refiere a todas las actividades que no agregan valor. Este desperdicio no incluye aquellos costos adicionales incurridos fuera de la organización de TI. El límite inferior utilizando solo el mantenimiento correctivo en el cálculo sería de \$290 mil millones. El punto medio entre el límite superior e inferior sería de \$635 mil millones.

Los enfoques para atacar esta parte del problema serán diferentes a los enfoques necesarios para la adquisición y desarrollo de nuevos sistemas de TI.

Pensando en el futuro:

Las innovaciones tecnológicas llegan cada vez más rápido

La Cuarta Revolución Industrial, que representa una transición hacia un nuevo conjunto de sistemas que aúna tecnologías digitales, biológicas y físicas en combinaciones nuevas y poderosas, ya está aquí. El término “Cuarta Revolución Industrial” se utilizó por primera vez en 2016 en el Foro Económico Mundial. Se están construyendo nuevos sistemas sobre la infraestructura de la revolución digital (3.^a). Así como la revolución digital se construyó sobre el corazón de la segunda revolución industrial (electricidad, sistemas de comunicación masiva y manufactura moderna), los nuevos sistemas que marcan la Cuarta Revolución Industrial se están construyendo sobre la infraestructura de la tercera revolución digital (la disponibilidad de comunicaciones digitales globales, procesamiento de bajo costo y almacenamiento de datos de alta densidad, y una población cada vez más conectada de usuarios activos de tecnologías digitales).

La Cuarta Revolución Industrial representa nuevas formas en las que la tecnología se integra en las sociedades e incluso en el cuerpo humano. Está marcada por avances tecnológicos emergentes en diversos campos, entre ellos:

- Robótica
- Nanotecnología
- Computación cuántica
- Inteligencia artificial (IA)/Aprendizaje automático (ML)
- biotecnología
- blockchain/cryptomonedas
- plataformas basadas en la
- ubicación • Internet de las cosas
- (IoT) • realidad virtual/aumentada/mixta •
- aprendizaje electrónico
- BYOD (Traiga su propio dispositivo) •
- computación móvil
- dispositivos portátiles/implantables
- sistemas de pago
- electrónico • vehículos autónomos
- tecnologías de seguridad digital (especialmente autenticación multicapa)

Estas tecnologías, que se posibilitan directamente con el uso de nuevos programas informáticos, desafían los sistemas del pasado. Tienen un gran potencial para conectar miles de millones de objetos y personas a Internet, mejorar drásticamente la eficiencia de las empresas y las organizaciones y ayudar a regenerar el medio ambiente natural mediante una mejor gestión de los activos. Ofrecen oportunidades únicas para mejorar la comunicación humana y la resolución de conflictos, al mismo tiempo que pueden causar grandes trastornos en nuestras sociedades modernas, especialmente cuando fallan estrepitosamente. Por ejemplo, ¿qué ocurre cuando un automóvil autónomo mata a un peatón sin detenerse? ¿Se trata de un fallo de software? Es muy probable que sí, probablemente por omisión, y ya ha ocurrido.

Las características inherentes de estos nuevos sistemas de software habrán aumentado: complejidad, conformidad, capacidad de cambio y conectividad; lo que nos obliga a analizar con nuevos ojos cómo el software de mala calidad afecta a los escenarios futuros de desarrollo e implementación de estas nuevas tecnologías. Estas nuevas tecnologías se encuentran principalmente en la etapa de investigación y desarrollo (I+D) de su ciclo de vida. Los problemas de calidad del software ocurren con frecuencia cuando los prototipos de investigación se introducen prematuramente en el flujo de desarrollo de productos.

Mirando hacia el día de hoy:

Sistemas de sistemas altamente vulnerables y deficientes

En promedio, los desarrolladores de software cometen entre 100 y 150 errores por cada mil líneas de código²³. Por supuesto, esta cifra varía de un desarrollador a otro y de un proyecto a otro. Incluso si solo una pequeña fracción (digamos el 10 por ciento) de estos errores son graves, una aplicación relativamente pequeña de 20.000 líneas de código tendrá aproximadamente 200 errores de codificación graves. Sin culpar únicamente a los desarrolladores de software, el Meta Group informa que hasta el 80 por ciento de los problemas que conducen a la insatisfacción del cliente se pueden atribuir a una mala comprensión de los requisitos. Una arquitectura deficiente causa una amplia gama de problemas de calidad, entre ellos fragilidad, falta de escalabilidad y resistencia a la modificación. En resumen, todo el proceso de desarrollo de software está plagado de oportunidades para introducir problemas y deficiencias.

Los principales culpables de la mayoría de los sistemas informáticos problemáticos de la actualidad son el tamaño y la complejidad. Por ejemplo⁴³, la base de código de Google incluye aproximadamente mil millones de archivos y tiene un historial de aproximadamente 35 millones de confirmaciones que abarcan los 18 años de existencia de Google. El repositorio contiene 86 terabytes de datos, incluidos aproximadamente dos mil millones de líneas de código en nueve millones de archivos fuente únicos. En términos del producto individual más grande, probablemente sea Microsoft Windows con 500 millones de LOC. En 2017, Microsoft anunció lo que cree que es el repositorio Git más grande del mundo⁴⁴:

- aproximadamente 3,5 millones de archivos que
 - dar como resultado un repositorio Git de aproximadamente 300 gigabytes de tamaño
 - con 4.000 ingenieros que producen 1.760 "construcciones de laboratorio" diarias en 440 sucursales,
- Además de miles de compilaciones de validación de solicitudes de extracción.

Incluso su teléfono inteligente tiene millones de LOC, por no hablar de su nuevo automóvil, que tiene docenas de sistemas integrados que interactúan entre sí.

La era de los fallos y defectos de 9 dígitos⁴⁷

Los fallos y el mal rendimiento del software son costosos. Los medios de comunicación están llenos de informes sobre el impacto catastrófico de los fallos de software. En un informe reciente⁴⁶, la empresa de pruebas de software Tricentis analizó 606 fallos de software de 314 empresas para comprender mejor el impacto empresarial y financiero de los fallos de software. El informe reveló que estos fallos de software afectaron a 3.600 millones de personas y causaron 1,7 billones de dólares en pérdidas financieras y un total acumulado de 268 años de inactividad. Los errores de software fueron la razón más común detrás de estos fallos. Sus historias provienen de medios de comunicación en idioma inglés. Su informe no asignó fallos a países específicos, pero en términos de PIB relativo, EE. UU. domina el grupo de hablantes de idioma inglés (75% del total). Por lo tanto, suponemos que el 75% de estos totales de fallos son atribuibles a EE. UU. Por lo tanto, el total de EE. UU. para fallos de software en las noticias es de 1,275 billones de dólares.

¿Y qué pasa con todas esas historias de fracaso que no aparecen en las noticias?

Según Curtis⁴⁶, cuando las pérdidas por fallas de TI alcanzan los 5 o 6 dígitos, los gerentes de TI están en riesgo. Cuando las pérdidas alcanzan los 7 u 8 dígitos, los ejecutivos de TI y de la línea de negocios están en riesgo. Cuando las pérdidas alcanzan los 9 dígitos, los puestos de trabajo de nivel C están en riesgo. La mayoría de las veces, estos fiascos de 9 dígitos son resultado de fallas de software dentro de un sistema. Tres tendencias magnifican el impacto de las fallas de software, lo que lleva las responsabilidades empresariales a 9 dígitos.

- Con la creciente transformación digital, una porción mucho mayor de las operaciones comerciales, desde las ventas hasta la entrega, está integrada y controlada por software, lo que propaga rápidamente los efectos de un mal funcionamiento a lo largo de la cadena de valor.
- Las empresas ahora están habilitadas por sistemas de sistemas, lo que expande la complejidad. exponencialmente y ocultando los factores desencadenantes de pérdidas de 9 dígitos en una maraña de interacciones entre sistemas.
- La creciente competencia, especialmente en línea, ha priorizado la velocidad de llegada al negocio por sobre el riesgo operativo y los costos de mantenimiento correctivo, una apuesta enorme para sistemas que no están diseñados para esperar y gestionar fallas.

...mejor arquitectura
y las prácticas de codificación
pueden implementar las
salvaguardas del
sistema interno que
limitan el daño de
defectos potencialmente
devastadores...

Si la tendencia hacia defectos multimillonarios, algunos de los cuales alcanzan los 9 dígitos, continúa o incluso se acelera, el status quo en TI cambiará, y no desde dentro de la comunidad de TI. Si no se ha superado el punto de inflexión hacia una mayor regulación y control centralizado, evitarlo requerirá una mayor adhesión a las mejores prácticas de software que hagan que el desarrollo de software se convierta en una verdadera disciplina de ingeniería. Por ejemplo, mejores prácticas de arquitectura y codificación pueden implementar las salvaguardas internas del sistema que limitan el daño de defectos potencialmente devastadores mucho antes de que alcancen los 9 dígitos y más.

La tabla de la página siguiente enumera las 2018 principales fallas de TI en las noticias hasta el momento, que representan solo la punta del iceberg del costo del software de mala calidad.

TABLA 1: TOP 2018 FALLAS DE TI EN LAS NOTICIAS

Wells Fargo Banco	A principios de agosto de 2018, Wells Fargo admitió que hasta 400 propietarios de viviendas habían sufrido una ejecución hipotecaria accidental después de que un "error de cálculo" en su software de contabilidad les negara una modificación de su préstamo hipotecario. En su última presentación ante la SEC, el banco prometió seguir evaluando cualquier daño a los clientes y proporcionar las medidas correctivas adecuadas. Para ello, ha reservado 8 millones de dólares para los clientes afectados.
Aerolíneas PSA	En junio de 2018, en PSA Airlines, problemas con un programa de programación de la tripulación provocaron que miles de vuelos se cancelaran durante días la semana pasada. El problema informático estaba relacionado con el sistema de programación y seguimiento de la tripulación de PSA Airlines, una subsidiaria de propiedad absoluta que opera vuelos bajo la marca American Eagle. Esos vuelos transportan pasajeros desde y hacia aeropuertos regionales hasta importantes centros de operaciones como Charlotte, Carolina del Norte. Este fue un problema importante en los sistemas de TI que provocó que tanto los sistemas principales de PSA como los sistemas de respaldo se ralentizaran hasta un estado que los hacía inutilizables. Durante el apagón, American Airlines canceló unos 3.000 vuelos, 2.500 de ellos con destino o origen en el aeropuerto de Charlotte. Esas cancelaciones dejaron a los pasajeros varados en Charlotte y en otros lugares, al tiempo que provocaron la ira generalizada de los viajeros, incluso en las redes sociales. La industria de las aerolíneas se ha visto especialmente afectada por numerosos fallos informáticos el año pasado.
Tecnologías Uber, Inc.	En marzo de 2018, un todoterreno autónomo de Uber atropelló y mató a un peatón en un suburbio de Phoenix, Arizona, en la primera muerte que involucra a un vehículo de prueba completamente autónomo. Uber determinó que la causa probable de la colisión fatal fue un problema con el software que decide cómo debe reaccionar el automóvil ante los objetos que detecta. Los sensores del automóvil aparentemente detectaron al peatón, pero el software decidió que no necesitaba reaccionar de inmediato. Los ejecutivos de Uber creen que el sistema fue ajustado para que fuera menos sensible a los objetos en su camino, como las bolsas de plástico. Aún está por determinar cuánto le costará esto a Uber interna y externamente. Otro choque el 23 de marzo de 2018 de un Tesla Model X en Mountain View, California, hizo que el precio de las acciones de esa compañía cayera un 3,3% al día siguiente.
Banco TSB	Millones de clientes de TSB quedaron sin acceso a sus cuentas después de que una actualización de TI provocara una interrupción del servicio bancario en línea. Se esperaba que una actualización del sistema planificada cerrara los servicios bancarios por Internet y por móvil durante un fin de semana en abril de 2018, pero terminó causando semanas de interrupción. Los problemas surgieron a raíz de la transición de TSB a una nueva plataforma bancaria tras su separación de Lloyds Banking Group. Inmediatamente después de que se pusiera en marcha el nuevo sistema, muchos clientes experimentaron problemas para iniciar sesión, mientras que a otros se les mostraron detalles de las cuentas de otras personas o créditos y débitos inexactos en las suyas. Los clientes permanecieron sin acceso a sus cuentas dos semanas después de la interrupción inicial. TSB dijo que estaba manejando sus quejas caso por caso.
Fallo informático del Sistema Nacional de Salud de Gales	Los médicos y el personal hospitalario del Servicio Nacional de Salud de Gales sufrieron una falla informática generalizada que les impidió acceder a los archivos de los pacientes. Según el Centro Nacional de Seguridad Cibernética, la falla se debió a problemas técnicos y no a un ciberataque, pero aun así causó una gran interrupción, ya que los médicos de cabecera no pudieron acceder a los resultados de análisis de sangre y radiografías. También provocó un retraso, ya que no se pudo contactar a los pacientes para cancelar citas y no se pudieron escribir notas y guardarlas en los sistemas del NHS.

Colapso y Espectro	<p>A principios de 2018, los investigadores de Google revelaron vulnerabilidades de hardware de CPU llamadas Meltdown y Spectre, que afectaron a casi todos los ordenadores del mercado. Meltdown afecta principalmente a los procesadores Intel, mientras que Spectre afecta a los procesadores Intel, AMD y ARM.</p> <p>Aunque ambas son vulnerabilidades principalmente de hardware, se comunican con el sistema operativo para acceder a ubicaciones en su espacio de memoria. Meltdown rompe el aislamiento más fundamental entre las aplicaciones del usuario y el sistema operativo. Esto permite que un programa acceda a la memoria, y también a los secretos, de otros programas y del sistema operativo. Spectre, por su parte, rompe el aislamiento entre diferentes aplicaciones: permite a un atacante engañar a programas libres de errores, que siguen las mejores prácticas, para que filtren sus secretos.</p> <p>Todavía se están descubriendo nuevos fallos en Spectre.</p>
Hawai Envía A nivel estatal Falsa alarma Acerca de un Ataque con misiles	<p>El 13 de enero de 2018, se notificó a los ciudadanos de Hawái que debían ponerse a cubierto de inmediato ante el ataque de un misil balístico. Resultó ser una falsa alarma, aunque pasaron más de 30 minutos (y, presumiblemente, varios miles de ataques cardíacos) antes de que se revocara la alerta.</p> <p>Las investigaciones descubrieron que, si bien el problema se debía en gran medida a un error humano, había fallas de diseño "preocupantes" en el software de generación de alertas de la Agencia de Gestión de Emergencias de Hawái.</p>
CBP de EE. UU.	<p>Por segundo año consecutivo, los sistemas informáticos de la Oficina de Aduanas y Protección Fronteriza (CBP) de Estados Unidos sufrieron una interrupción que dejó a miles de pasajeros en todo Estados Unidos esperando en largas filas para pasar la aduana. Esta vez, la interrupción duró solo unas dos horas, mientras que el incidente del año pasado duró cuatro horas y afectó a más de 13.000 pasajeros en 109 vuelos, según un informe del Inspector General del Departamento de Seguridad Nacional. El problema de Año Nuevo de 2017 fue causado por un cambio de software probado de manera inadecuada relacionado con el esfuerzo de modernización de TI de la CBP que lleva mucho tiempo en marcha. Otro informe indicó que el principal sistema informático de la CPB utilizado para controlar a los pasajeros internacionales ha visto su rendimiento "muy disminuido durante el año pasado como resultado de los esfuerzos en curso para modernizar (su) arquitectura de sistema subyacente". Antes de esta última interrupción, hubo otras tres interrupciones del servicio en 2017, según el informe del Inspector General del DHS.</p>

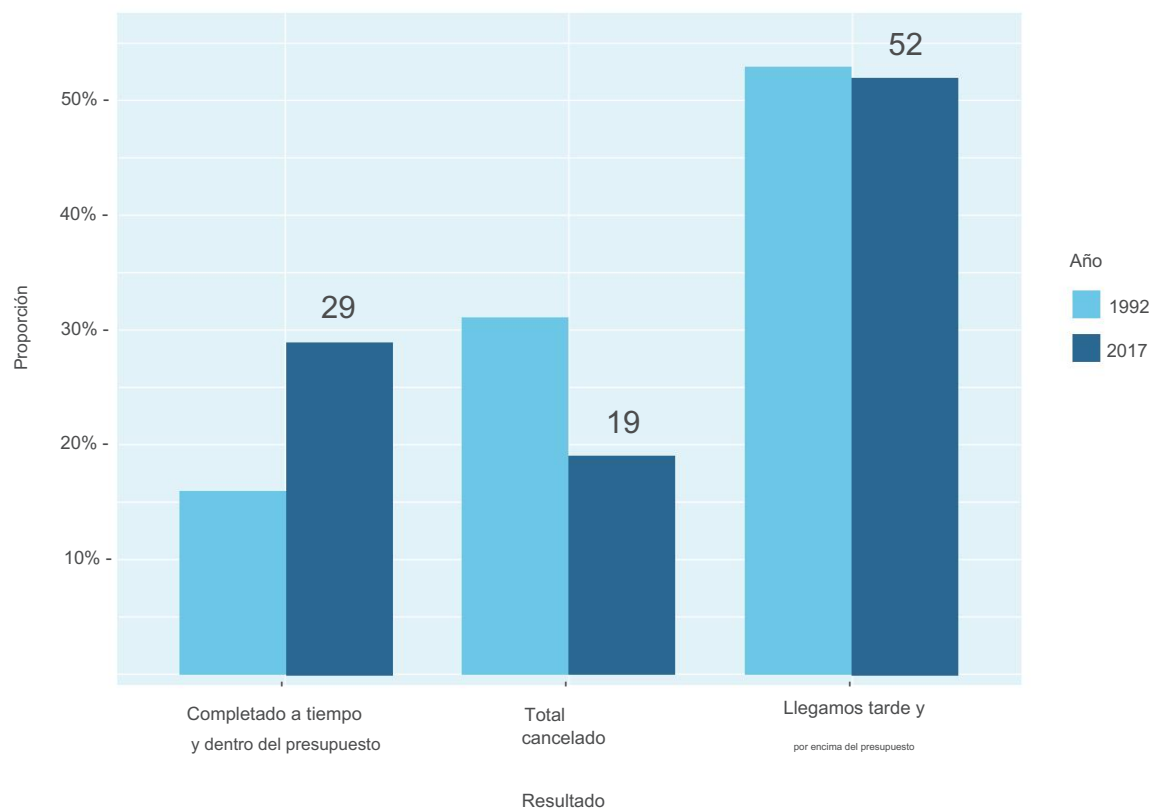
Proyectos problemáticos/desafiantes³⁰

También hay miles de proyectos con problemas dentro de organizaciones que rara vez aparecen en las noticias.

En 2017, la base de datos de Standish analizó 25 años de proyectos históricos y reveló que solo el 29 % tuvo un éxito total en términos de tiempo y presupuesto. Sus datos no dicen nada sobre la calidad del resultado; se supone que aquellos tuvieron resultados exitosos. La investigación de Standish Group muestra que un asombroso 19 % de los proyectos se cancelarán antes de completarse. Otros resultados indican que el 52 % de los proyectos costarán el 189 % de sus estimaciones originales.

La cantidad y el porcentaje de proyectos con problemas (por exceso de presupuesto, retrasos en los plazos, entregas de baja calidad) apenas ha cambiado en 25 años. El costo de estas cancelaciones y excesos de presupuesto suele estar oculto justo debajo de la punta del iceberg.

FIGURA 3: INFORMES DEL GRUPO STANDISH SOBRE EL CAOS: 25 AÑOS



Si analizamos el gasto total de TI en mano de obra y suponemos que el 25 % del total se aplica a proyectos de desarrollo, podemos estimar el monto total en dólares afectado.

Si utilizamos los porcentajes anteriores para medir el impacto en los costos y suponemos que todos los proyectos reciben la misma financiación (en promedio), llegamos a la cifra en dólares. La base laboral estadounidense es de aproximadamente 1 billón de dólares, de los cuales 250.000 millones se destinan a proyectos de desarrollo. Por lo tanto, se pierden 130.000 millones en proyectos con problemas y 47.500 millones en proyectos cancelados.

Un buen ejemplo de un proyecto tan problemático es el del estado de Rhode Island, que ha tenido problemas con el programa de asistencia pública del Proyecto de Infraestructura Sanitaria Unificada (UHIP) de 364 millones de dólares que puso en marcha en septiembre de 2016 con gran fanfarria.

Al igual que Phoenix, el UHIP tenía como objetivo ahorrar al estado millones de dólares al año mediante la reducción de los costos de procesamiento y de personal. Debido a una gran cantidad de problemas operativos, el costo del UHIP ahora se estima en \$492 millones, sin contar los \$85,6 millones que el contratista principal Deloitte le acreditó al estado. Como punto de referencia, originalmente se programó que el UHIP costara entre \$110 millones y \$135 millones y que estuviera listo para entrar en funcionamiento en abril de 2015. Desde su debut, la avalancha de errores significativos en el UHIP ha significado que miles de las familias más necesitadas de Rhode Island no hayan recibido los pagos de asistencia pública a los que tenían derecho. Los fallos en el sistema siguen apareciendo. El pasado mes de octubre, por ejemplo, se descubrió que miles de solicitudes de beneficios nunca fueron procesadas.

Es probable que haya proyectos similares en marcha en todos los estados (por ejemplo, el proyecto T2 de la Procuraduría General de Texas³²). **Se informó que este proyecto³³ superó el presupuesto en 200 millones de dólares y se retrasó varios años en 2016. Todavía no entregarán un sistema en funcionamiento este año, como prometieron en su plan de medidas correctivas.**

Deuda técnica

La deuda técnica es una métrica prospectiva que representa el esfuerzo necesario para solucionar los problemas que permanecen en el código cuando se lanza una aplicación. El repositorio de evaluación comparativa CAST Appmarq29 se utilizó para comparar la deuda técnica en diferentes tecnologías, en función de la cantidad de fallas de ingeniería y violaciones de las buenas prácticas arquitectónicas y de codificación en esa base de código. CAST basa el cálculo de la deuda técnica en una aplicación como el costo de solucionar los problemas de calidad estructural en una aplicación que, si no se solucionan, ponen al negocio en grave riesgo. La deuda técnica incluye solo aquellos problemas que tienen una alta probabilidad de causar una interrupción grave del negocio; no incluye todos los problemas, solo los más graves. Con base en esta definición y el análisis de 2011 de 1400 aplicaciones que contienen 550 millones de líneas de código enviadas por 160 organizaciones, CAST estima que la deuda técnica de una aplicación de tamaño promedio de 300,000 líneas de código (LOC) es de \$1,083,000. Esto representa una deuda técnica promedio de \$3.61 por LOC; y eso es sólo el capital adeudado. Las aplicaciones Java fueron más caras, a \$5,45 por LOC.

Suponiendo que esta deuda es generalmente cierta para todos los sistemas y aplicaciones de software, entonces estimar la LOC existente en los EE. UU. hoy identifica la contribución de esta área al CPSQ total.

Según Grady Booch³⁰, en 2005, cuando se le preguntó “¿cuántas líneas de código se escriben cada año en todo el mundo?”, afirmó que se escriben alrededor de 35 mil millones de líneas de código cada año. Esto se basa en unos 15 millones de profesionales del software en todo el mundo, de los cuales aproximadamente el 30% realmente escribe código. Cada desarrollador contribuye con alrededor de 7000 líneas de código al año. A lo largo de la historia, ¡hasta 2005 se han escrito alrededor de un billón de líneas de código!

¿Cuánto ha crecido este número de LOC y deuda técnica en los últimos 13 años?

Si asumimos, de manera conservadora, que la tasa de crecimiento mundial del código se mantiene estable en 35 mil millones de nuevas LOC por año, entonces en 2018 habría 1,455 billones de LOC en todo el mundo. Y suponiendo que hay \$4 de deuda técnica por LOC, entonces la deuda en 2018 sería de \$5,82 billones; y en 2020, de \$6,1 billones. Y si la participación de EE. UU. en esa deuda es de aproximadamente el 31% (ver la sección sobre gasto en TI), las cifras de deuda de EE. UU. serían de \$1,8 billones y \$1,9 billones respectivamente.

El importe total
del código fuente y
El número total
El número de proyectos se
duplica
aproximadamente cada 14 meses.

Si analizamos el área de código abierto como un ejemplo de dónde tenemos buenos datos sobre código fuente en repositorios disponibles, vemos que el crecimiento del código sigue un patrón de crecimiento exponencial. Las investigaciones realizadas en 2008¹⁴ muestran que las incorporaciones a proyectos de código abierto, el tamaño total de los proyectos (medido en LOC), la cantidad de nuevos proyectos de código abierto y la cantidad total de proyectos de código abierto están creciendo a un ritmo exponencial. La cantidad total de código fuente y la cantidad total de proyectos se duplican aproximadamente cada 14 meses. Esta tasa de crecimiento puede no ser indicativa de proyectos que no son de código abierto, ya que tienen muchos colaboradores.

En otras palabras, en 2011 CAST Software⁴² estimó que la deuda técnica mundial en TI era de 500.000 millones de dólares y que aumentaría a 1 billón en 2015. Si el período de duplicación es de cuatro años, la deuda en 2019 sería de 2 billones de dólares y en 2018 de 1,75 billones de dólares. La parte que correspondería a Estados Unidos sería de 0,54 billones de dólares, una cifra inferior a la que indicaban nuestros cálculos anteriores.

Decidiendo que la última técnica es probablemente más cercana a la verdad, concluimos que la cantidad de deuda técnica de TI en los EE. UU. en 2018 es de aproximadamente \$0,54 billones.

Esto representa sólo el capital de la deuda.

Resumen del paisaje

Otras áreas importantes que contribuyen con grandes problemas al panorama antes mencionado son:

- Vulnerabilidades de ciberseguridad y rápido aumento de los delitos cibernéticos
- Defectos de software de código abierto de uso común
- Deficiencias en productos de software adquiridos y paquetes de múltiples productos.
- Grandes sistemas de sistemas compuestos por código personalizado mezclado con COTS y Código abierto

Estas cuestiones no se explican aquí por consideraciones del tamaño del informe.

...el CPSQ que cubre el paisaje en 2018 trata sobre

2,4 billones de dólares.

En mayo de 2017, la firma de analistas Forrester elaboró un pronóstico detallado para el mercado tecnológico estadounidense, titulado Perspectivas del mercado tecnológico estadounidense para 2017 y 2018: mayormente soleado, con nubes y probabilidad de lluvia. Las conclusiones clave del informe son que el gasto en software crecerá casi un 10 por ciento en 2017 y 2018, gracias principalmente a una mayor adopción de la nube, mientras que los presupuestos para servicios de consultoría y personal aumentarán entre un 6 y un 7 por ciento. Sin embargo, el crecimiento total del gasto tecnológico estadounidense solo será de alrededor del 5 por ciento, gracias a que los presupuestos para externalización, hardware y servicios de telecomunicaciones apenas aumentarán. La perspectiva es que el software es actualmente el principal área de crecimiento en el gasto en TI empresarial, mientras que la seguridad y la privacidad siguen siendo una prioridad importante.

¿Cuál es el costo del software de mala calidad en estos grandes grupos del panorama de áreas problemáticas que enfrentamos en este momento? En resumen, son:

- CPSQ del sistema heredado: 635 billones de dólares
- Fallas masivas y defectos de 9 dígitos: 1,275 billones de dólares
- Proyectos con problemas y cancelados: 178 billones de dólares
- Deuda técnica: 0,54 billones de dólares

Todavía no está claro cómo se cruzan las categorías anteriores, lo que implica la necesidad de una investigación más profunda.

Suponiendo que las categorías anteriores son mutuamente excluyentes, el CPSQ que cubre el panorama en 2018 es de aproximadamente \$4,234 billones.

5. Perspectiva del talento humano en CPSQ

EN ESTA SECCIÓN:

- Definición de la Información Fuerza laboral tecnológica
- Computadora y Información Tecnología Ocupaciones en el Estados Unidos hoy (BLS)
- Impacto del trabajo en TI economía
- Implicaciones para la calidad del software y sus costos

Como la demanda de talentos en TI por parte de los empleadores supera sistemáticamente la oferta, el año que viene obligará a más organizaciones a repensar sus estrategias de contratación, capacitación y gestión de talentos. Además, las cuestiones relacionadas con las brechas de habilidades, la diversidad, las trayectorias profesionales y educativas alternativas y el futuro del trabajo exigirán una atención y unos recursos más significativos.

¿Cuántos profesionales de TI y software hay en Estados Unidos? ¿Cuánto ganan? ¿Y cómo contribuye eso a los posibles costos de la mala calidad del software?

Obtener buenas respuestas depende de a quién le preguntes y de cómo definan las categorías laborales de los profesionales de TI y software.

Los siguientes informes de 2017-2018 han intentado cuantificar la población de Profesionales de TI y software en los EE. UU. hoy:

1. Evans Data ha informado que hay 4,4 millones de profesionales de software en EE. UU. Evans Corporation, por ejemplo, cuenta a todos los que participan activamente en la creación de software, desde los programadores de base hasta los líderes y gerentes de equipo, pasando por los directores de tecnología. En 2016, estimaron que había 21 millones de desarrolladores de software profesionales en todo el mundo.
2. Don't Quit Your Day Job ha informado de 4,2 millones. Vale la pena señalar que los 4,2 millones incluyen redactores técnicos, ingenieros eléctricos y de hardware, programadores CAD, actuarios, estadísticos, economistas, matemáticos y, en general, todos los que escriben o leen códigos a diario, además de los desarrolladores de software.
3. StackOverflow ha informado de 4,1 millones
4. Wikipedia informa que hay 3,87 millones

Todos estos valores están más o menos en el mismo rango y dependen en cierta medida de cómo se defina a un profesional del software. En realidad, todos estos números son bastante bajos.

IDC publicó el documento "2014 Worldwide Software Developer and ICT-Skilled Worker Estimates", un estudio que estima el número de desarrolladores de software profesionales, desarrolladores aficionados y trabajadores calificados en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el mundo a principios de 2014. Los 90 países cubiertos por el estudio representan el 97% del PIB mundial.

Según IDC, en 2014 hay en el mundo unos "29 millones de trabajadores cualificados en TIC, incluidos 11 millones de desarrolladores profesionales". Además de ellos, se calcula que hay otros 7,5 millones de desarrolladores de software aficionados en todo el mundo. Según IDC, en todo el mundo Estados Unidos representa el 19% de los desarrolladores de software (tanto profesionales como aficionados), seguido de China con el 10% y la potencia de la externalización en el extranjero, India, con el 9,8%. Estados Unidos representa el 22% de los trabajadores cualificados en TI en todo el mundo, seguido de India con el 10,4% y China con el 7,6%. Eso situaría el número de trabajadores de TIC en Estados Unidos en 6,4 millones.

Definición de la fuerza laboral de tecnología de la información

Según CompTIA64, un análisis de la fuerza laboral tecnológica comienza con una distinción importante: la fuerza laboral tecnológica tiene dos componentes.

Todos los trabajadores empleados por empresas tecnológicas estadounidenses representan el empleo en la industria tecnológica. En 2017, se estima que 6,1 millones de trabajadores estaban empleados en esta categoría, un aumento del 2,0% con respecto a 2016. Para 2018, las perspectivas de crecimiento deberían reflejar aproximadamente las del año anterior, alcanzando los 6,22 millones.

- El empleo en la industria tecnológica incluye puestos técnicos, como software desarrolladores o administradores de red, así como puestos no técnicos, como ventas, marketing y recursos humanos. Nota: La perspectiva de la industria de TI de CompTIA incluye a los trabajadores empleados por empresas con nómina, conocidas como empresas empleadoras, además de los trabajadores tecnológicos autónomos.
- El otro componente de la fuerza laboral tecnológica está formado por los profesionales de la tecnología que trabajan fuera de la industria tecnológica. Si bien la industria tecnológica es el mayor empleador de profesionales de la tecnología (el 44 por ciento de su fuerza laboral cumple con este criterio), la mayoría de los profesionales de la tecnología trabajan en otros sectores industriales, como la atención médica, las finanzas, los medios de comunicación o el gobierno.

En 2017, casi 5,4 millones

Los individuos trabajaron como profesionales de la tecnología en todo Estados Unidos economía.

En 2017, casi 5,4 millones de personas trabajaron como profesionales tecnológicos en toda la economía estadounidense. Esto representa un aumento del 2,1 %, o casi 110 000 nuevos empleos netos.

Se espera que el crecimiento en la categoría de ocupación tecnológica se mantenga estable durante el próximo año.

Como la tecnología permea ahora todos los sectores industriales y una cantidad cada vez mayor de puestos de trabajo, las líneas divisorias se han desdibujado notablemente, lo que dificulta la cuantificación precisa de la fuerza laboral tecnológica. Las esferas expandidas que rodean el diagrama de Venn son una forma de pensar en los nuevos segmentos de trabajadores que no se pueden contabilizar adecuadamente debido a las limitaciones de las fuentes de datos gubernamentales.

El software ha sido una fuerza impulsora en el sector tecnológico y en la economía en general; una tendencia que se ha acelerado en los últimos años. Desde aplicaciones móviles y SaaS hasta lenguajes y plataformas de código abierto, el software sigue "devorando el mundo", como señaló Marc Andreessen. Como tal, la demanda de habilidades de desarrollo de software lo convierte en la categoría más grande de ocupación tecnológica y una de las que crece más rápido. Podría decirse que categorías como desarrolladores web y científicos de datos podrían incluirse bajo el paraguas del desarrollo de software, lo que lo haría aún más grande. Más allá del software, categorías como soporte de TI, CIO y analistas de ciberseguridad están creciendo a un ritmo acelerado, lo que refleja las necesidades de las organizaciones que buscan la transformación digital.

En resumen, no hay forma real de comprobar la precisión de los números anteriores.

El problema está en las definiciones de trabajo inconsistentes.

Ocupaciones en informática y tecnología de la información en Estados Unidos hoy en día

El análisis de la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos para su informe más reciente (2016) muestra que el empleo en Estados Unidos en general aumentó en 11,5 millones durante la década 2016-26. Esto es un aumento de 156,1 millones a 167,6 millones, informó la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos el 24 de octubre de 2017. Este crecimiento (0,7 por ciento anual) es más rápido que la tasa de crecimiento del 0,5 por ciento durante la década anterior. Se proyecta que aproximadamente 9 de cada 10 nuevos empleos se agregarán en el sector de prestación de servicios. Se proyecta que las ocupaciones de apoyo a la atención médica (23,6 por ciento) y los profesionales de la salud y las ocupaciones técnicas (15,3 por ciento) estarán entre los grupos ocupacionales de más rápido crecimiento durante la década de proyecciones 2016-26. Se prevé que otros grupos ocupacionales experimenten un crecimiento del empleo más rápido que el promedio, incluidas las ocupaciones de servicios y cuidados personales (19,1 por ciento), las ocupaciones de servicios comunitarios y sociales (14,5 por ciento) y las ocupaciones informáticas y matemáticas (13,7 por ciento). Entre las diez ocupaciones de más rápido crecimiento, se encuentra la de desarrolladores de software de aplicaciones, que crecerá a una tasa del 30,7 por ciento.

La siguiente tabla muestra el número de empleos de TI en EE. UU., sus niveles salariales relacionados y los salarios totales proyectados hasta 2018.

TABLA 2: RESUMEN DE LOS EMPLEOS EN EL SECTOR DE TI EN EE. UU. EN 2018

Ocupación de TI	Mediana Salario anual (Mayo de 2017)	Población (2016)	10 años Crecimiento salarial tasa (%)	Mediana Salarios (2018)	Salarios totales 2018 (por categoría)	Población #2020	Salarios medios 2020 por categoría	Salarios totales 2020 (por categoría)
Desarrolladores web	67.990	162.900	15 3,40	167.787 70.301	11.795.704.626	172.821	75.082	12.975.746.917
Arquitectos de red	104.650	162.700	6 3,70	164.652 108.522	17.868.415.985	166.628 116.552		19.420.966.913
Programadores (código/prueba)	82.240 294.900		-7 2,75 290.771 84.501		24.570.648.534	286.701	89.149	25.559.125.724
Analistas de sistemas	88.270 600.500		9 3,50	611.309 91.359	55.848.854.020	622.313	97.754	60.833.922.729
Administradores de bases de datos	87.020	119.500	11 3,50	122.129 90.065	10.999.633.875	124.816 96.370		12.028.539.628
Información Analistas de	95.510	100.000 28 3,50		105.600 98.852	10.438.860.960	111.514 105.772		11.795.077.775
seguridad Administradores de redes y sistemas	81.100	391.300	6 3,50	395.996 83.938	33.239.276.670	400.748	89.814	35.992.818.349
Especialista en soporte de red	52.810	835.300	11 3,50	853.677 54.658 46.660 554.389 872.457 58.484				51.025.182.647
Especialista en soporte al	52.810	835.300	11 3,50	853.677 54.658 46.660 554.389 872.457 58.484				51.025.182.647
usuario Desarrolladores de software de aplicación (ingenieros)	103.560 1.256.200		30 3,50 1.331.572 107.184 142.724.012.191 1.411.466 114.687					161.877.574.627
Desarrolladores de software de sistemas (ingenieros)	103.560 1.256.200 24 3,50		1.316.498 107.184 141.108.268.656 1.379.689 114.687					158.233.168.141
Computadora e información. Científicos investigadores	114.520	27.900	19 3,50	28.960 118.528	3.432.600.377	30.061 126.825		3.812.451.935
Computadora e información. Administradores de sistemas	139.200	367.600	12 3,50	376.422 144.072	54.231.928.012 385.457 154.157			59.420.838.885
		6.410.300		6.619.050	599.579.312.689 6.837.127			664.000.596.922
					Salarios totales de TI en EE. UU. en 2018			Salarios totales de TI en EE. UU. en 2020

Notas:

Uso de la base de datos de la Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU. para obtener información base por ocupación; consultado el 28/5/2018.

Crecimiento salarial por año a partir de fuentes conservadoras de salarios y reclutamiento en línea.

Extrapolación a valores de 2018 y 2020 por fórmula.

Utilizando los datos básicos de la Oficina de Estadísticas Laborales (BLS, por sus siglas en inglés), se puede hacer una proyección a futuro para observar el crecimiento de la población y el crecimiento salarial durante la próxima década (2016-2026). Esto nos permitió calcular la población de profesionales de TI de los EE. UU. y sus salarios totales aproximados en todas las categorías laborales de TI para llegar a un nivel total de gasto salarial de TI en los EE. UU. para 2018 de \$600 mil millones para las categorías definidas por la BLS.

Estas cifras parecen bastante bajas si se tienen en cuenta las numerosas categorías de profesionales de TI que no están representadas en la base de datos de la BLS. Por ejemplo, las categorías que faltan incluyen: ejecutivos de TI de nivel C, especialistas en control de calidad, científicos de datos y trabajadores a tiempo parcial, etc.

El impacto de la economía de TI en pequeñas empresas⁶⁵

Se predice
que los autónomos
Comprenderán la
mayoría de la fuerza
laboral de EE. UU.
dentro de una década.

La economía informal ha explotado en los últimos cinco años, con más de 57 millones de estadounidenses trabajando actualmente en empleos independientes (alrededor del 36 por ciento de la fuerza laboral de Estados Unidos). Según el estudio "Freelancing in America" realizado el año pasado por Edelman Intelligence, se prevé que los trabajadores autónomos constituirán la mayoría de la fuerza laboral estadounidense dentro de una década. Resulta que los puestos mejor pagados por hora en la economía informal están en el sector de TI. Los principales trabajos de desarrollo de software son: IA/ML, arquitecto de cadenas de bloques, piratería ética, realidad aumentada y virtual y servicios web de Amazon.

"Se estima que la economía informal (gig economy) representa actualmente alrededor del 34 % de la fuerza laboral y se espera que alcance el 43 % para el año 2020", dijo Brad Smith, director ejecutivo de Intuit, en mayo de 2017. Si se calcula de manera conservadora que el 33 % de la fuerza laboral de TI son trabajadores informales, a lo que se suman aproximadamente otros 300 000 millones de dólares en salarios derivados de la base de datos de la BLS, se obtiene una fuerza laboral de TI de 900 000 millones de dólares al año. Si se suman las categorías que faltan en la base de datos de la BLS, se alcanza fácilmente la marca de 1 billón de dólares.

Trascendencia

En 2018, aproximadamente 6,6 millones de estadounidenses trabajaban en el campo de la informática o la tecnología de la información. La mayoría de estos empleos están bien remunerados y muchos de ellos incluyen beneficios. Los profesionales de TI también suelen disfrutar de una buena seguridad laboral. Esta cifra no incluye a los trabajadores de TI de la "economía gig" ni a las categorías laborales de TI que no pertenecen a la Oficina de Estadísticas Laborales.

Según la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos, se prevé que el empleo en ocupaciones relacionadas con la informática y la tecnología de la información crezca un 13 por ciento entre 2016 y 2026, más rápido que el promedio de todas las ocupaciones. Se prevé que estas ocupaciones sumen alrededor de 832.000 nuevos puestos de trabajo. La demanda de estos trabajadores se derivará de un mayor énfasis en las tecnologías emergentes como la computación en la nube, el análisis de big data y la seguridad de la información. Según la investigación de CompTIA, casi 4 de cada 10 empresas de TI de Estados Unidos informan que tienen vacantes de empleo y están reclutando activamente candidatos para puestos técnicos. La intención de contratación se concentra más entre las empresas grandes y medianas. Entre los empleadores que contratan, más de la mitad indica que se debe a la expansión, mientras que un porcentaje similar indica que la necesidad de nuevas habilidades en áreas como el desarrollo de software, la IoT o los datos está impulsando la contratación en su empresa. La demanda de talento de TI sigue superando la oferta de dicho talento.

Los profesionales de TI también están experimentando un crecimiento salarial anual de alrededor del 3,4-4,0 %¹⁰.

Por ejemplo, un arquitecto de soluciones de TI obtiene un 3,7% y un diseñador web, un 3,4%.

Y con todos los trabajos en otros campos que requieren cierto nivel de destreza en el desarrollo de software, parece que algún día el desarrollo de software puede convertirse en la nueva alfabetización.

Con una estimación de la población total de TI y software y sus gastos salariales totales para 2018 y más allá, nuestra atención se centra en la pregunta central de este estudio: "¿Qué porcentaje del esfuerzo laboral total y de esos dólares salariales totales se están perdiendo en software de mala calidad?"

En 2018, la base salarial total de los profesionales de TI en Estados Unidos es de aproximadamente un billón de dólares. Si les pedimos a todos esos profesionales de TI que escriban en qué actividades realmente dedican su tiempo, obtenemos una respuesta sorprendente. Solo se han realizado unos pocos estudios empíricos para determinarlo, ya que la suposición generalizada es que las actividades realizadas deben estar en línea con la EDT del plan del proyecto o el proceso SDLC definido del proyecto. Pero ¿y si eso no fuera cierto?

Varias investigaciones empíricas han sugerido que los desarrolladores de software en realidad pasan la mayor parte de su tiempo en las siguientes actividades:

1. Adquisición de conocimientos (especialmente sobre el dominio del problema y las nuevas tecnologías)
2. Detección y solución de problemas y deficiencias
3. Reelaboración
4. Comunicarse con los demás
5. Cómo afrontar los cambios en las expectativas y los requisitos
6. Otros desperdicios debidos a proyectos cancelados o impugnados

Es evidente que los puntos 2, 3 y 6 de la lista anterior son partes importantes del costo de la mala calidad en el desarrollo de software. Estos se reflejan en nuestro modelo del costo de la calidad del software en la siguiente sección.

Según Jones⁶², la cantidad de esfuerzo de software que se invierte en proyectos de software que se cancelarán debido a un contenido excesivo de errores parece absorber más del 20% de la fuerza laboral de software de EE. UU. Además, aproximadamente el 60% del tiempo de trabajo de ingeniería de software de EE. UU. se centra en encontrar y corregir errores que podrían haberse evitado. Por último, los cronogramas de software para aplicaciones importantes son aproximadamente un 25% más largos de lo que deberían ser debido a la mala calidad que amplía los intervalos de prueba. Ha llamado a esto "desperdicio".

Desafortunadamente, las organizaciones de TI y software no recopilan datos de esfuerzo de esta manera.

La mayoría de ellos tampoco recopilan datos sobre el coste de la calidad del software. Hay algunos que lo han hecho con éxito, pero sólo unos pocos. La mayoría de los sistemas de seguimiento de costes para proyectos de desarrollo de software omiten hasta el 50% del esfuerzo total⁹.

Por ejemplo, las horas extras no remuneradas rara vez se registran en los sistemas formales de seguimiento de costos, y sin embargo, los ingenieros de software trabajan habitualmente entre 50 y 60 horas semanales. Otras omisiones incluyen el esfuerzo de gestión y el trabajo de especialistas a tiempo parcial, como los analistas de control de calidad y de negocios.

Al exponer el estado actual de la recopilación de datos de esfuerzo en proyectos de TI, se centra en la cantidad de tiempo que el personal técnico dedica a lidiar con software de mala calidad.

En mi experiencia ayudando a organizaciones a establecer una iniciativa de CoSQ desde un punto de partida inmaduro, a menudo sucede que inicialmente dedican entre el 50 y el 80 % de su tiempo a CoSQ; y a nivel de proyecto, esto varía bastante según el tipo y el tamaño del proyecto. Y la mayor parte de ese tiempo se dedica a cuestiones de mala calidad.

La relación entre la madurez del proceso, la calidad del producto y el costo de la mala calidad (específicamente el retrabajo) se puede ver en la siguiente tabla. 58, 59

CUADRO 3: MADUREZ DEL PROCESO, CALIDAD DEL PRODUCTO Y COSTO DE CALIDAD

Madurez del proceso (característica)	Retrabajo (% del esfuerzo total de desarrollo)	Calidad del producto (densidad de defectos)
Inmaduro	$\geq .50$	dos dígitos
Proyecto controlado	.25 – .50	un solo dígito
Proceso organizacional definido	.15 – .25	
Gestión por hechos	.05 – .15	.BUEY
Aprendizaje continuo & Mejora	$\leq .05$	$< .00X$

Existe una correlación entre los niveles de seis sigma y CoSQ60 como se ve en la siguiente tabla.

TABLA 4: NIVEL SIGMA Y COSQ

Nivel Sigma	DPMO	CoSQ como % de las ventas
2	289.000	>40
3	67.000	24–40
4	6.000	15–25
5	233	5–15
6	3.4	< 1

Suponiendo que el rendimiento promedio de una empresa es de 2,5 sigma (10 % de código con errores), aproximadamente el 40 % de sus ingresos anuales se pierde por el costo de la calidad.

iSixSigma.com

Suponiendo que el desempeño promedio de una empresa es 3 sigma, entre el 25 y el 40 por ciento de sus ingresos anuales se reducen debido al costo de la calidad, más de la mitad del cual es CPSQ.

La siguiente tabla indica el rango de desempeño de CoSQ entre las mejores y peores empresas con las que me he topado personalmente.

FIGURA 4: Objetivos y puntos de referencia de CoSQ

Advertencia: esto no se basa en un estudio científico; es mi hipótesis.

Basado en algunas observaciones de mis clientes

CoSQ Indicador	Empresas Observado	
	El peor	Mejor
% de desarrollo recursos	> 70%	< = 30%
% del neto Ventas de SW*	> 15%	< 1%

*especulativo y altamente dependiente del tipo de negocio

Dada la amplia gama de desempeño organizacional, es difícil estimar un promedio. Suponiendo que la mediana se acerca más al mejor desempeño, una estimación optimista del costo del software de mala calidad se aproxima al 35% de todo el gasto en mano de obra de TI.

Esto significa que el CPSQ en Estados Unidos para 2018 (desde una perspectiva de gasto laboral técnico) es de al menos 319 mil millones de dólares.

6. Costo de la calidad del software: Definiciones y modelos

EN ESTA SECCIÓN:

- Definición de software calidad
- Software de buena y mala calidad
- El costo del software
El modelo de calidad y su evolución
- Categorías de CPSQ
- Categorías de CGSQ

Definición de calidad del software

¡Lo que se mide, se mejora!

"Calidad" puede significar cosas diferentes para distintas personas. El concepto y el vocabulario de calidad son elusivos. El significado difiere según las circunstancias y las percepciones. La definición de calidad del diccionario (en general)

1. el estándar de algo medido en comparación con otras cosas de tipo similar; el grado de excelencia de algo.
2. un atributo o característica distintiva que posee algo.

La norma ISO 8402 define la calidad como "la totalidad de características y prestaciones de un producto o servicio que influyen en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas o implícitas [ahora]". La calidad es un concepto diferente cuando se centra en un producto de software tangible en lugar de en la percepción de un servicio de calidad que permite el software. El significado de calidad se basa en el tiempo o en la situación.

Los consumidores ahora consideran la calidad como una medida fundamental de su percepción total/ experiencia con un producto o servicio, así como de la empresa y la red de entrega y mantenimiento que lo proporciona y lo respalda: una especie de métrica unificada de "calidad-valor".

En la introducción de este artículo se ofrece una definición general de la calidad del software. Aunque basta para debates generales, es necesario que cada proyecto tenga su propia definición más específica. La calidad del software se define con mayor precisión como una combinación de los cuatro aspectos siguientes:

1. Conformidad con los requisitos • Los

requisitos están claramente establecidos y el producto debe cumplirlos.

- Cualquier desviación de los requisitos se considera un defecto.
- Un producto de buena calidad contiene menos defectos.

2. Aptitud para el uso/propósito

- Adaptarse a las expectativas del usuario: satisfacer las necesidades del usuario
- Un producto de buena calidad proporciona una mayor satisfacción del usuario.

3. Cumplimiento de normas

- En muchas industrias y organizaciones se deben cumplir ciertas normas externas e internas.
- Un producto de buena calidad cumple con los estándares requeridos de calidad/proceso.
(por ejemplo, ISO 25000, nivel CMMI)

4. Aspectos subyacentes, que incluyen

- Calidad estructural (por ejemplo, complejidad)
- Calidad estética (por ejemplo, apariencia)

Cada aplicación o dominio empresarial se enfrenta a un conjunto específico de problemas de calidad del software, y la calidad del software debe definirse en consecuencia. Se debe crear una definición elaborada a partir de los aspectos anteriores y/o de las normas aplicables para su organización y para cada proyecto. La serie de normas ISO/IEC 25000, conocida como SQuaRE (Requisitos y evaluación de la calidad del sistema y del software), crea un marco para la evaluación de la calidad del producto de software. Si lo solicita, puede proporcionar un ejemplo de cómo utilizar el marco ISO 25000 para establecer objetivos de calidad del software.

El punto clave es tener una definición de calidad del software para su proyecto que sea medible.

Software de buena calidad versus software de mala calidad

Si existiera una medida sencilla para determinar qué es un software "bueno", todos lo usaríamos y todo el mundo lo exigiría.

En la práctica se utilizan varias métricas como indicadores, normalmente en combinación. Por ejemplo:

- La tendencia de defectos a lo largo del tiempo se utiliza a menudo para diferenciar: lo bueno es una curva decreciente, pobre es una curva creciente.
- La cobertura del código de prueba se ha utilizado como sustituto, pero no responde a la calidad de las pruebas en sí.
- Complejidad ciclomática, profundidad de herencia, grado de acoplamiento de clases y algunas Otras métricas estructurales son indicadores de un código deficiente.
- La cantidad de esfuerzo que se necesita para comprender lo que hace un fragmento de código es otro buen indicador.

La mala calidad no es un atributo inevitable del software, sino que es consecuencia de causas conocidas. Se puede predecir y controlar, pero sólo si se comprenden y abordan sus causas.

Como lo explica Curtis2 y lo amplía este autor, las principales causas de la mala calidad del software son:

- Falta de conocimiento del dominio (lo que resulta en requisitos deficientes)
- Falta de conocimiento de la tecnología (lo que resulta en incertidumbre sobre la calidad de los componentes)
- Cronogramas poco realistas (debido a malas prácticas de estimación)

- Software mal diseñado (resultado de prácticas inmaduras e indisciplinadas; y utilizando ingenieros de software menos calificados)
- Malas prácticas de adquisición
- Fallas de comunicación y coordinación en los equipos.
- Falta de datos útiles sobre el estado de la calidad del software

Las dos primeras causas distinguen entre problemas de calidad funcionales y no funcionales, una distinción fundamental ya que los defectos no funcionales no se detectan tan fácilmente durante las pruebas y sus efectos suelen ser más devastadores durante las operaciones.

Las causas tercera y cuarta han sido perennes, aunque el cuarto problema se ve exacerbado por el aumento de tecnologías integradas en las aplicaciones modernas. El quinto problema no es completamente nuevo, pero ha crecido en efecto con el crecimiento de la subcontratación y el software empaquetado. El sexto problema es uno que crece a medida que el equipo se hace más grande y más disperso. El séptimo problema se aplica a aquellas organizaciones que no recopilan ni informan datos útiles sobre la calidad del software (por ejemplo, el seguimiento de los defectos).

Al comprender y abordar estas causas principales, la calidad se puede diseñar desde el principio, reduciendo sustancialmente tanto el 40% del esfuerzo del proyecto que normalmente se destina a la repetición del trabajo como los riesgos a los que el software expone a la organización.

Ahora dirigimos nuestra atención al costo de la calidad del software, y especialmente al costo del software de mala calidad, que incluye cosas como los costos de pérdida de prestigio y los gastos incurridos en retiradas de productos, reembolsos, reemplazos, reelaboraciones, desperdicios, reparación de deficiencias, proyectos cancelados, etc.

El modelo de costes de calidad del software y su evolución

En agosto de 2013, Amazon perdió 4,8 millones de dólares tras una interrupción de 40 minutos debido a un "error" de software; eso equivale a unos 120.000 dólares por minuto. Esa cifra es sin duda mucho mayor hoy en día. Y es seguro que los ejecutivos de Amazon conocen su cifra exacta de CPSQ. Como resultado, los ejecutivos de Amazon ponen en primer plano las prácticas de gestión de calidad proactivas y predictivas.

El costo de calidad es una metodología que permite a una organización determinar en qué medida sus recursos se utilizan para actividades que afectan directamente la calidad de los productos o servicios de la organización, y que resultan de fallas y deficiencias.

Disponer de dicha información permite a una organización determinar los ahorros potenciales que se pueden obtener al implementar mejoras en los procesos y productos.

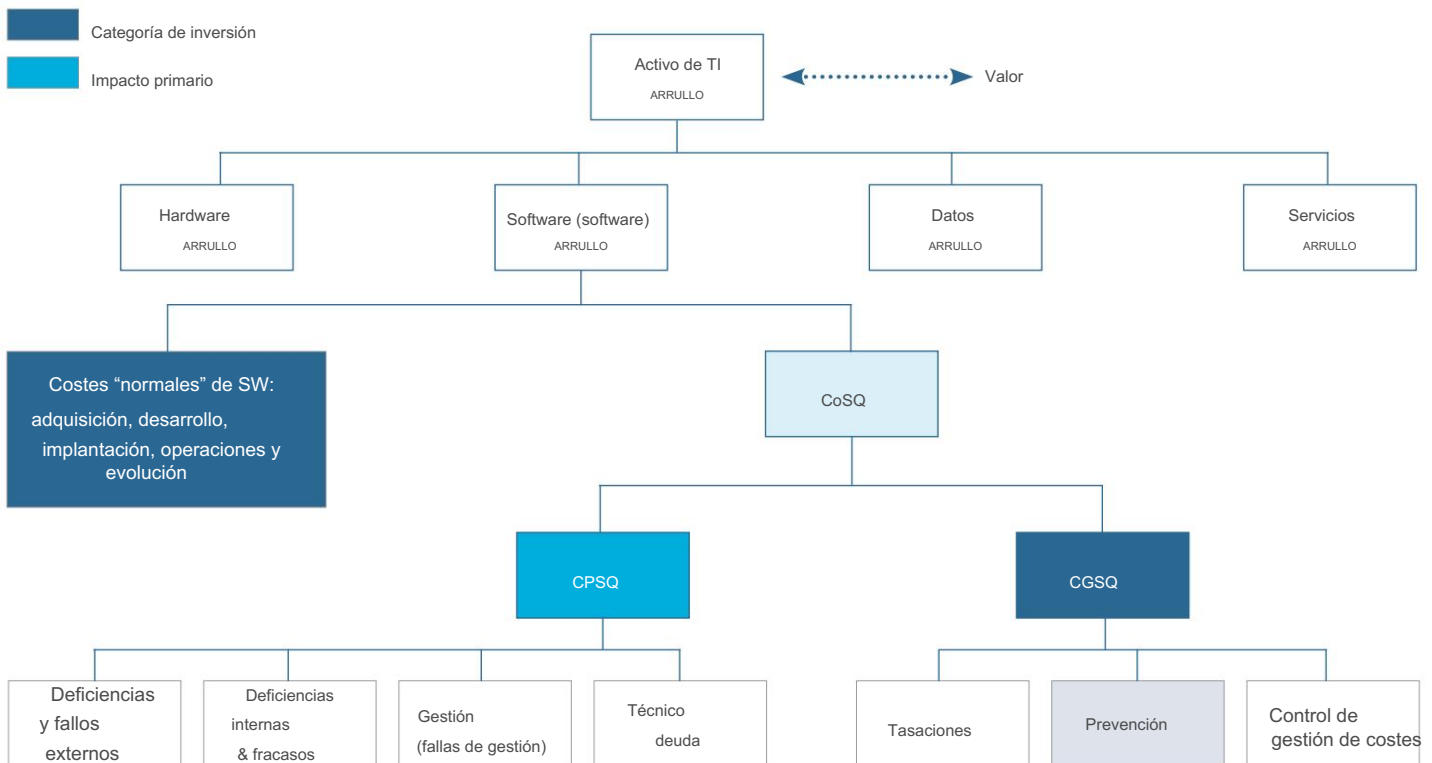
El modelo original de costos de calidad se dividió en cuatro categorías:

1. Costo de falla externa
2. Costo de falla interna
3. Costo de inspección (tasación)
4. Costo de prevención

Este modelo se aplicó principalmente a situaciones de fabricación. En ese contexto, el enfoque se centró en el incumplimiento de especificaciones y normas. Se consideró que esto era insuficiente para el software. En la década de 1990, este autor y varios otros adaptaron y aplicaron el modelo al software de computadora^{63, 67, 68}.

En nuestro nuevo modelo ilustrado del coste de la calidad del software hemos dividido las categorías antiguas y añadido varias categorías nuevas para reflejar la diferente naturaleza del software. La razón de ser de este nuevo modelo es que hace mucho más evidente la disyuntiva entre un software de mala calidad y uno de buena calidad, y añade nuevas categorías, como la deuda técnica y los fallos de gestión, que no estaban en el modelo original¹.

FIGURA 5: MODELO DE CONTEXTO DE COSQ Y ACTIVOS DE TI



Legenda: COO = costo de propiedad CoSQ = costo de calidad del software CPSQ = costo de mala calidad de SW CGSQ = costo de buena calidad de SW

Como podemos ver en la figura anterior, el Costo de la Calidad del Software (CoSQ) es una parte del Costo de Propiedad (COO) para el componente de software de un sistema, que es una parte del COO total para un activo de TI que contiene software. Cuando analizamos las mejoras de procesos y productos, la cuantificación de los costos de "calidad" para la organización se define como el Costo de la Calidad (COQ). ¿Por qué cuantificar los datos de calidad? El COQ categoriza estos costos, de modo que la organización pueda ver cómo pasar de un enfoque de garantía de calidad (control y corrección) a un enfoque en la prevención ayuda a reducir el costo de fallas y deficiencias. La Sociedad Estadounidense de Calidad (ASQ) utiliza la siguiente fórmula para calcular el Costo de la Calidad (COQ), y la hemos adaptado al software como:

Costo de la calidad del software (CoSQ) =

Costo de la mala calidad del software (CPSQ) + Costo de la buena calidad del software (CGSQ)

Como se destaca en la figura de la página anterior, mostramos que invertir en la **disciplina de ingeniería de software y en el costo de la buena calidad del software (CGSQ)** reducirá drásticamente el costo de la **mala calidad del software (CPSQ)**.

Categorías de CPSQ

Costos de mala calidad (COPQ): Son los costos asociados con la provisión de productos, sistemas o servicios de mala calidad. Existen cuatro categorías: costos de fallas internas (por ejemplo, costos asociados con defectos encontrados antes de que el cliente reciba el producto o servicio), costos de fallas externas (por ejemplo, costos asociados con defectos encontrados después de que el cliente reciba el producto o servicio), costos de evaluación (costos incurridos para determinar el grado de conformidad con los requisitos y estándares de calidad) y fallas de gestión (costos incurridos por ejecutivos y subordinados para lidiar con las ramificaciones del software de mala calidad).

Costos de fallas y deficiencias internas

Estos costos están asociados con fallas y deficiencias del sistema descubiertas antes de que el sistema abandone la organización de desarrollo y se implemente en el entorno operativo. Estas deficiencias ocurren cuando un sistema no cumple con un requisito determinado, lo que da como resultado desperdicio o repetición del trabajo. Las deficiencias pueden estar en los productos de trabajo del desarrollo, el proceso de desarrollo y/o los componentes si no cumplen con los estándares y requisitos de calidad. La categoría de costos más grande aquí es el esfuerzo profesional para encontrar y reparar todos los defectos. El impacto de los proyectos cancelados y retrasados también se incluye aquí. Desafortunadamente, muy pocas organizaciones realizan un seguimiento de esta categoría antes del comienzo de las pruebas. Se incluyen:

- Desperdicio: realización de trabajo innecesario o retención de productos de trabajo como si fueran resultado de errores, mala organización o comunicación, proyectos cancelados y desafiados
- Chatarra: producto o material defectuoso que no se puede reparar, usar o vender.
- Reelaboración o rectificación: corrección de material defectuoso o errores, de manera ágil. refactorización
- Análisis de fallas : **actividad necesaria para establecer las causas de las fallas internas.**

Costos de fallas y deficiencias externas

Estos costos se producen cuando los productos o servicios que no alcanzan los estándares de calidad no se detectan hasta después de su puesta en funcionamiento o entrega al cliente. Falla externa/
Los costos por deficiencias se generan durante el uso por parte del cliente y pueden incluir productos defectuosos, cargos por garantía, quejas de clientes, rechazos, retiradas, devoluciones, parches y reparaciones. Si bien los costos externos son los más evidentes, a veces pueden ser difíciles de cuantificar. Por lo tanto, las empresas no los incluyen en los costos generales de calidad porque los clientes no siempre informan de fallas como una mala instalación y problemas de uso. Una gran categoría de costos aquí son las fallas masivas y los defectos latentes en el software cuando se entrega. La categoría más grande de costos aquí son

Esfuerzo profesional para replicar, encontrar y reparar todos los defectos detectados y nuevas evaluaciones para verificar las correcciones. La pérdida de ventas, la reputación dañada, los litigios y la gestión excesiva de las quejas de los clientes son costos importantes en esta categoría. Se incluyen: costos de marketing desperdiciados, daño a la marca y esfuerzo del equipo de soporte técnico.

Deuda técnica

La deuda técnica en el ámbito del software es un concepto relativamente nuevo. El término fue acuñado por Ward Cunningham para describir la obligación que contrae una organización de software cuando elige un enfoque de diseño o construcción que es conveniente a corto plazo pero que aumenta la complejidad y es más costoso a largo plazo. Existen dos tipos básicos de deuda técnica: intencional y no intencional. Una de las implicaciones importantes de la deuda técnica es que debe ser atendida, es decir, una vez que se incurre en una deuda habrá cargos por intereses. Un buen ejemplo de esto es la futura refactorización que se debe realizar.

La deuda técnica es medible. Por ejemplo, una organización de la que hemos oído hablar mantiene una lista de deudas dentro de su sistema de seguimiento de defectos. Cada vez que se incurre en una deuda, las tareas necesarias para saldarla se introducen en el sistema de seguimiento junto con un esfuerzo estimado y un cronograma. A continuación, se realiza un seguimiento de la deuda pendiente y cualquier deuda no resuelta con más de 90 días de antigüedad se trata como crítica. Dado que se trata de un concepto bastante nuevo, todavía se plantean preguntas sobre qué tipos de defectos deberían o no clasificarse como deuda técnica. Hay otros que la definen con mayor precisión para cuantificar el nivel de problemas de calidad estructural en el sistema operativo. Las métricas de calidad estructural miden lo bien que está diseñado y construido un sistema con respecto a las mejores prácticas.

Fallas de gestión

Se trata de los costos no técnicos en los que incurre una organización que padece prácticas de gestión de software de mala calidad en los niveles ejecutivos y de niveles inferiores. Esto incluye:

- Costos no planificados de recursos profesionales y de otro tipo, resultantes de subestimación de los recursos en la etapa de planificación.
- Daños pagados a clientes como compensación por la finalización tardía del proyecto, como resultado de un cronograma poco realista en la propuesta/plan del proyecto.
- Daños pagados a los clientes como compensación por la finalización tardía del proyecto, un resultado del fracaso de la gerencia en reclutar miembros calificados para el equipo.
- Daños a otros proyectos que estaban previstos que realizaran los mismos equipos que participaron en los proyectos retrasados. El efecto dominó puede inducir costos ocultos considerables por fallas.
- Comportamientos excesivos de gestión en modo crisis, como muchas reuniones para resolver problemas urgentes.
- Costos ocultos de fallas externas, es decir, reducción de ventas como resultado de daño a la reputación, mayores inversiones en promoción de ventas, fijación de precios inferiores en las licitaciones para contrarrestar los efectos de importantes demoras pasadas en la finalización de proyectos debido a fallas gerenciales en las tareas de evaluación y/o control de progreso.

Categorías del CGSQ

El coste de una buena calidad de software es tan variable como las organizaciones representadas. Algunos grupos invierten mucho en la gestión y planificación proactiva de la calidad, mientras que otros se conforman con sistemas fragmentados y programas reactivos destinados a resolver los problemas una vez que ocurren. Los costes de una buena calidad se dividen, en líneas generales, en costes de control de gestión, costes de prevención y costes de evaluación.

Costos de tasación

Los costos de evaluación son aquellos asociados con las acciones diseñadas para encontrar problemas de calidad mediante la medición, evaluación, inspección, prueba y auditoría de sistemas y productos de trabajo para garantizar que se adhieran a los estándares de calidad y requisitos de desempeño. Invertir en recursos para identificar y, en última instancia, diagnosticar la mala calidad ayuda a una organización a alcanzar sus objetivos estratégicos y aumentar el valor del sistema y la satisfacción general del cliente. Los mayores costos aquí generalmente son las pruebas y el control de calidad. Se incluyen: V&V, auditorías de calidad, inspecciones, revisiones de pares, proveedores evaluaciones, etc.

Costos de prevención

Los costos de prevención se incurren para prevenir o evitar problemas de calidad. Estas inversiones mantienen los costos de fallas o deficiencias del producto al mínimo y pueden ayudar a reducir los costos de evaluación. La eliminación de defectos antes de que comience la implementación reduce los costos de calidad y puede ayudar a las empresas a aumentar las ganancias. Los costos de prevención incluyen la planificación de procesos, la revisión y el análisis de auditorías de calidad y la capacitación de los empleados para prevenir fallas futuras. Los principales rubros son la gestión de calidad proactiva, la planificación de calidad, la capacitación y los programas de mejora.

Control de Gestión de Costos

La dirección puede llevar a cabo diversas actividades para prevenir o reducir los costes que resultan de los tipos de fallos propios de sus funciones: revisión de contratos, planificación, establecimiento de objetivos y revisión y control del avance del proyecto de software. Esto incluye:

- Costos de realización de revisiones de contratos
- Establecer metas de calidad, objetivos, criterios de control/liberación y calidad.
Normas
- Costos de preparación de planes de proyecto, incluidos planes de gestión de calidad.
- Costos de actualización periódica de planes de proyectos y de calidad.
- Costos de realizar una revisión y control regular del progreso • Costos de
realizar un control regular del progreso de los participantes externos
Contribuciones a proyectos

Un plan de cuentas detallado para nuestro modelo CoSQ está fuera del alcance de este informe. Se puede contactar al autor para obtener ejemplos de estos.

Comprender el costo de la mala calidad del software en su organización es el primer paso para lograr la aceptación de los ejecutivos de las operaciones orientadas a la calidad. Esto es fundamental para la gestión de la calidad proactiva y predictiva, así como para la metodología ágil y DevOps. Con un número de CPSQ en la mano, tiene la base para un caso de negocios para invertir inteligentemente en calidad. Determinar el CPSQ puede parecer abrumador, pero, de hecho, es muy alcanzable y simplemente requiere algunos métodos probados y verdaderos junto con un equipo multifuncional para plasmar la lluvia de ideas en el papel. Este autor ha desarrollado un instrumento de encuesta para ayudar a las organizaciones a comenzar. Puede obtener una comprensión del verdadero impacto de los problemas, errores, fallas, defectos, brechas de seguridad y descuido general.

Un buen ejemplo de lo que se puede aprender midiendo el costo de la calidad del software se puede leer⁶⁵, que mostró que el CoSQ representaba el 33 por ciento del costo total del proyecto y estaba en el nivel 3 de CMMI. El CoSQ es mucho más alto en organizaciones inmaduras, quizás alcanzando el 66%.

7. Conclusiones

Este informe no constituye un nuevo estudio científico, sino una recopilación de material de fuentes disponibles públicamente que se consideró pertinente para la aproximación de primer orden del costo de la mala calidad del software en los Estados Unidos en la actualidad y, luego, para determinar cómo se podría aprovechar mejor ese conocimiento para estimular programas de mejora de la calidad del software en toda la industria y el gobierno.

Presentamos nuestras conclusiones, con la salvedad de que la mayoría de las organizaciones de TI y software no recopilan actualmente datos de CoSQ. Creemos que esto puede ser cierto porque sin una comprensión de un modelo definido de CoSQ la mayoría de los líderes de TI no tendrían una base para estimar las respuestas a nuestras preguntas, por ejemplo:

- ¿Cuánto gasta hoy en el costo de software de mala calidad en su empresa?
¿organización?
- ¿Cómo afectan sus inversiones en software de buena calidad a sus costos generales de calidad y al costo de propiedad de los activos de software?

Lo que han revelado las distintas fuentes: el costo del software de mala calidad

Utilizando nuestro modelo de costo de calidad del software presentado en la sección anterior, hemos dividido el costo de la mala calidad del software en estos cuatro grupos principales:

1. Deficiencias y fallas externas : las partes más importantes son: detección y reparación de deficiencias operativas y consecuencias de fallas masivas.
2. Deficiencias y fallas internas : las partes más importantes son: encontrar y corregir deficiencias no publicadas, reelaboraciones, proyectos cancelados y proyectos problemáticos.
3. Deuda técnica : la mayor parte de la cual son violaciones de buenas prácticas y la solución de problemas que pueden causar interrupciones futuras.
4. Fallas de gestión : la mayor parte de las cuales son costos imprevistos, daños a los clientes y conductas de gestión reactiva en modo crisis.

En el área de deficiencias y fallas externas encontramos que:

- Desde la perspectiva de lo que sabemos sobre las necesidades de los sistemas heredados y el papel dominante que desempeñan en la mayoría de las áreas de TI, hemos estimado que el costo del software de mala calidad en esta área es de aproximadamente \$635 mil millones este año.

• Desde la perspectiva de los fracasos actuales que estamos viendo en el campo En los sistemas controlados por software, podemos observar que se producen fallas masivas a un ritmo cada vez mayor y que las vulnerabilidades de ciberseguridad son rampantes en todas las infraestructuras de sistemas de software y pilas de tecnología.

- a. Los costos de estas infracciones cibernéticas no son baratos, tanto en dólares como en **Reputación. Las estadísticas publicadas a fines de febrero a partir de un** informe del Consejo de Asesores Económicos sobre el impacto de los ataques cibernéticos en el gobierno y la industria de los EE. UU. establecen el costo agregado de la actividad cibernética maliciosa entre \$ 57 mil millones y \$ 109 mil millones en 2016. En 2018, se estima que estos ataques cibernéticos costaron \$ 126 mil millones.
- b. En 2012, Gene Kim y Mike Orzen (Lean IT) calcularon el
El impacto de los fallos de TI asciende a 3 billones de dólares anuales. Si Estados Unidos representa aproximadamente el 31% de ese gasto mundial en TI, podríamos suponer que también sufre el 31% de los costos de los fallos, lo que elevaría las pérdidas de Estados Unidos a unos 0,93 billones de dólares. Si extrapolamos ese dato a lo largo de seis años a una tasa de crecimiento conservadora del 3% anual, significaría que el costo de los fallos de TI en Estados Unidos en 2018 sería de aproximadamente 1,11 billones de dólares.

La suma total de deficiencias y fallas externas sería de 1,76 billones de dólares si no hubiera superposición en las categorías anteriores, o de 1,1 billones de dólares si hubiera una superposición completa. Nosotros optamos por creer que la verdad está en algún punto intermedio y, por lo tanto, elegimos el punto medio como nuestra estimación: 1,43 billones de dólares.

En el ámbito de deficiencias y fallas internas, encontramos que:

- Desde la perspectiva de la cartera total de proyectos de TI actuales, sabemos que aproximadamente 1/3 de ellos se cancelarán o fracasarán de manera significativa. Eso pone en riesgo alrededor de 300 mil millones de dólares de la base laboral total de TI de EE. UU. Los proyectos cancelados debido a retrasos en el cronograma o sobrecostos se deben con mayor frecuencia a la mala calidad del software. Calculamos que se pierden 130 mil millones de dólares en proyectos con problemas y 47,5 mil millones en proyectos cancelados.
- Encontrar y solucionar problemas y deficiencias internas: suponiendo que aproximadamente el 50% del esfuerzo de desarrollo de TI de EE. UU. se gasta en esta área, el costo sería de aproximadamente 500 mil millones de dólares.

En el área de deuda técnica, encontramos que:

- Los trozos más grandes son las violaciones de las buenas prácticas y la reparación de los problemas conocidos. Problemas postergados que pueden causar importantes trastornos. Calculamos que el CPSQ en esta área es de 0,54 billones de dólares en deuda técnica en 2018; una cifra enorme. Esto representa un posible costo futuro, y puede haber muchas situaciones en las que esta deuda no se pague o se condone.

En el área de fallas de gestión, encontramos que:

Según un estudio⁸⁸ de IBM y Ponemon Institute sobre los riesgos para la continuidad o seguridad del negocio debido a riesgos de TI, estimaron que el costo de las interrupciones del negocio sería:

Tipo de evento	Duración de la interrupción (minutos)	Costo (por minuto)	Probabilidad de evento durante los próximos 2 años
Menor	20 minutos	\$53,210	69%
Moderado	112 minutos	\$38,065	37%
Sustancial	442 minutos	\$32,229	23%

La estadística más reveladora del estudio fue que el 75% de los costos de los eventos se destinan a daños a la reputación y al resultado final. Como no tenemos una manera sencilla de convertir esto directamente en un costo de software de mala calidad, lo dejaremos fuera de nuestros totales.

Resumen de los costos de la mala calidad del software

Si tomamos en cuenta todas estas diferentes perspectivas, podemos obtener una estimación aproximada del CPSQ total en EE. UU. este año.

Utilizando el modelo CoSQ de la sección 6, los componentes principales de nuestra estimación inicial son por tanto:

1. Fallas y deficiencias externas: 1,43 billones de dólares
2. Fallas y deficiencias internas: 0,8 billones de dólares
3. Deuda técnica: 0,54 billones de dólares
4. Fallos de gestión: contribución desconocida en este momento

En resumen, el costo del software de mala calidad en EE. UU. en 2018 es de aproximadamente 2,84 billones de dólares, cuyos componentes se ven en la Figura 1 de la página 5.

Se podría argumentar que la deuda técnica no debería incluirse, ya que representa un costo futuro que puede o no ser reembolsado. Muchas veces, los sistemas antiguos cargados de deuda técnica simplemente se reemplazan, en cuyo caso los costos se trasladan al nuevo desarrollo.

No pudimos encontrar datos concretos sobre qué porcentaje de deuda técnica se paga y qué porcentaje se condona. Si eliminamos el costo futuro de la deuda técnica, el CPSQ total asciende a 2,26 billones de dólares. Nuestra intención era utilizar este resultado como punto de partida para el debate comunitario y futuros estudios comparativos.

Si intentamos proyectar estos costos hacia el futuro, debemos hacer suposiciones adicionales sobre los factores de crecimiento y la tasa de crecimiento en cada área. Como mostramos en la sección del panorama, si utilizamos una tasa de crecimiento de código conservadora de 35 mil millones de nuevas líneas de código por año en todo el mundo, y si atribuimos el 31% de esa cifra a los EE. UU., podemos estimar el CPSQ y la deuda técnica en años futuros.

Si la fuerza laboral de TI sigue creciendo a un ritmo de aproximadamente el 2% anual, y si las tasas de productividad han mejorado, y si los salarios de los profesionales de TI de Estados Unidos están aumentando a un ritmo de aproximadamente el 3,5% anual, entonces debe revisarse el supuesto sobre tasas de crecimiento de código estables en los cálculos anteriores. En consecuencia, las cifras de CPSQ y de deuda técnica serían más altas. Dadas estas consideraciones sería razonable aumentar el coste mencionado en aproximadamente un 10%.

Otras observaciones

Hemos observado que el término "costos de calidad" significa cosas diferentes para distintas organizaciones. Ya sean los costos de encontrar y corregir problemas de calidad o los costos para alcanzar la calidad, pueden ser significativos (por ejemplo, casi entre el 20 y el 40 por ciento de las ventas de una empresa, según el Manual de control de calidad de Juran⁷⁰). En el software, la diferencia entre mala calidad y buena calidad se percibe de manera diferente para diferentes tipos de situaciones de uso del software y tamaños de sistemas.

La mala calidad es una oportunidad perdida. Comprender dónde y por qué existen estas oportunidades es una oportunidad de mejorar el resultado final. Si bien se puede obtener un buen valor reduciendo el desperdicio, el retrabajo y los costos de garantía, hay un valor aún mayor en buscar las causas fundamentales de estos problemas, porque el retorno suele ser mucho mayor.

En definitiva, según Capers Jones⁶⁹, el software de mala calidad cuesta más de crear y mantener que el de buena calidad, y puede degradar el rendimiento operativo, aumentar las tasas de error de los usuarios y reducir los ingresos al disminuir la capacidad de los empleados para gestionar las transacciones de los clientes o atraer nuevos clientes. Para la industria del software, la calidad no sólo es gratuita, sino que beneficia a toda la situación económica tanto de los desarrolladores como de los clientes. Los detalles de cuánto se puede ahorrar exactamente centrándose en la buena calidad se ven en los resultados de los programas de mejora del software en toda la industria.

¿Qué hacer?

Cuando la gente piensa en lo que se necesita para crear software de misión crítica y de seguridad crítica, generalmente considera la complejidad de la tarea. Existe la creencia de que para tener calidad, una organización necesita tener un proceso engorroso con supervisión, estándares, formalidad y documentación. Pero tales suposiciones no son correctas. Hay muchas maneras de lograr una mejor calidad del software. Si bien algunas empresas pueden requerir Gestión de Calidad Total, o Six Sigma, o lean and agility, o buscar la certificación del Modelo de Madurez de Capacidad, la mayoría de las organizaciones no necesitan adoptar programas tan rigurosos como sus primeros pasos.

Es importante reconocer que la mejora de la calidad del software, al igual que el desarrollo de software, es un proceso iterativo. No es necesario lograr todo en un solo paso; la mejora se puede lograr en pasos incrementales. Incluso los cambios pequeños pueden marcar una diferencia tangible, incluido el ajuste de la organización.

La estrategia clave para reducir el costo de la mala calidad del software es encontrar y solucionar los problemas y las deficiencias lo más cerca posible de la fuente o, mejor aún, evitar que ocurran.

Actitud hacia la calidad. La mejora de la calidad del software requiere un compromiso de la dirección empresarial y un cambio de mentalidad que comienza desde arriba.

Los beneficios comerciales de una buena calidad del software son amplios y profundos. La calidad no solo facilita la innovación al aumentar la previsibilidad, reducir el riesgo y reducir la repetición del trabajo, sino que también actúa como un factor diferenciador, ya que permite a una empresa diferenciarse de sus competidores. Lo más importante es que garantizar la calidad de forma continua siempre costará menos que ignorarla. La calidad es más que gratuita cuando se hace bien.

La estrategia clave para reducir el costo de la mala calidad del software es encontrar y solucionar los problemas y deficiencias lo más cerca posible de la fuente, o mejor aún, evitar que ocurran. Esta estrategia implica que las inversiones inteligentes en la disciplina de ingeniería de software y el costo de una buena calidad de software reducirán drásticamente el costo de la mala calidad, como se ve en nuestro modelo de costo de calidad en la sección anterior de este informe. El concepto de pruebas continuas está ganando terreno en la industria exactamente por esta razón. Las pruebas continuas se definen generalmente como hacer que las pruebas sean una parte continua, automatizada y constante del ciclo de vida del desarrollo de software, de modo que los defectos se puedan encontrar y corregir tan pronto como se introduzcan. Medir el costo de la calidad del software en su organización es un primer paso recomendado.

8. Agradecimientos

El autor desea agradecer a las siguientes personas, cuyas contribuciones a este trabajo, ya sea directa o indirectamente, me han inspirado a lo largo de mi carrera profesional.

Cabe destacar especialmente a los líderes de opinión de la industria en materia de estudios empíricos de ingeniería de software, Bill Curtis y Capers Jones. El trabajo fundacional de Caper sobre la economía de la calidad del software fue muy influyente y se citó ampliamente en este informe. El trabajo de Bill sobre las mediciones estándar de la calidad del software y la deuda técnica fue muy influyente y se citó con frecuencia. Valoro las cuatro décadas de interacción con Bill sobre temas importantes en el campo de la disciplina de la ingeniería de software. Gracias, Tex.

Agradezco profundamente a mi equipo de profesionales por sus aportes a mi reflexión sobre estos temas, especialmente a Don y Linda Shafer, por sus útiles comentarios de revisión de los borradores de este informe. También agradezco a nuestra administradora de proyectos, Tracie Berardi, y a nuestra diseñadora profesional, Cathleen Schaad.

De especial importancia es el patrocinador corporativo de este trabajo, Brendan Hayes de CA Technologies, por su liderazgo para hacer posible este informe.

Acerca del autor

Herb Krasner es profesor jubilado de Ingeniería de Software en la Universidad de Texas en Austin. Es consultor de la industria desde hace 5 décadas y ayuda a las organizaciones a establecer y mejorar sus capacidades de desarrollo de software. Más recientemente, ha participado en el establecimiento de las mediciones necesarias para grandes proyectos de TI en el estado de Texas. Es miembro activo del Consejo Asesor de CISQ y es muy conocido por sus investigaciones anteriores en los estudios empíricos de profesionales de software, el ROI de la mejora de procesos de software y el costo de la calidad del software. Puede contactarlo en hkrasner@utexas.edu. Para obtener más información, busque su nombre en Google o visite: <http://www.ece.utexas.edu/people/Facultad/herb-krasner>

9. Referencias de la sección

Referencias de la sección anterior

1. <https://www.standishgroup.com/outline>
2. <https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/director/planning/report02-3.pdf>
3. <https://www.castsoftware.com/research-labs/crash-reports>
4. <https://www.tricentis.com/software-fail-watch/>

Sección de Introducción Referencias

5. <https://www.gartner.com/technology/research/it-spending-forecast/>
6. <https://www.apptio.com/emerge/trends/gartners-2018-it-spend-prediction>
7. <https://www.apptio.com/thankyou/resources/research-reports/2018-state-global-technology-economy?alid=13732465>
8. <https://www.comptia.org/resources/it-industry-trends-analysis>
9. <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS42833317>
10. La economía de la calidad del software, Capers Jones y Oliver Bonsignour, Addison Wesley, 2012
11. Productividad de programación, Capers Jones, 1986, Tabla 3-25, pág. 179.
12. <https://www.infoworld.com/article/3130217/software/the-era-of-nine-digit-defects>.
13. ¿Por qué el software cuesta tanto? Resultados iniciales de una búsqueda causal de conjuntos de datos de proyectos, Konrad, et al., 2018, CMU SEI Tech Report que se publicará en 2018
14. Utilización del enfoque del costo de la calidad para el software, Krasner, H. y D. Houston, revista CrossTalk, The War on Bugs, noviembre de 1998
15. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/vni-hyperconnectivity-wp.html>
16. Base instalada de dispositivos conectados a Internet de las cosas (IoT) en todo el mundo de 2015 a 2025 (en miles de millones), <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
17. Penetración de usuarios de Internet a nivel mundial de 2014 a 2021, <https://www.statista.com/estadísticas/325706/penetración-global-de-usuarios-en-internet/>

Referencias de la sección de paisaje

18. 2018 Análisis de riesgos y seguridad de código abierto; Synopsys Center for Open Source Research & Innovación
19. Amy DeMartine, The Forrester Wave™: Análisis de composición de software, primer trimestre de 2017, Forrester, 2017.
20. El retorno de la inversión de la calidad del software, Emam, K. E., Auerbach Publications, 2005
21. <http://pcdgroup.com/the-pros-and-cons-of-custom-software-vs-off-the-shelf-solutions/>
22. Bill Curtis, 14 de octubre de 2016 - <https://www.infoworld.com/article/3130217/software/the-era-of-defectos-de-nueve-dígitos.html>
23. Watts S. Humphrey, Una disciplina para la ingeniería de software, Addison Wesley, 1996
24. Introducción a los estándares automatizables para la medición de software, Dr. Bill Curtis, junio 19 de octubre de 2018, Cumbre CISQ de Texas
25. <https://www.statesman.com/news/state--regional-govt--politics/attorney-general-tech-project-200-million-over-budget/PVxJjXzobcGk9cZyL4EVEN/>
26. <https://www.tricentis.com/software-fail-watch/>

27. Enlace a la noticia de la OAG T2
 28. LOC (líneas de código), también conocidas como líneas de código fuente (SLOC), es una métrica de software utilizada para medir el tamaño de un programa de computadora contando la cantidad de líneas en el texto del código fuente de un programa. – Wikipedia.
 29. <https://www.castsoftware.com/research-labs/technical-debt-estimation>
 30. http://www.aspectprogrammer.org/blogs/adrian/2005/03/grady_boochs_ke.html
 31. Deshpande, A. y Riehle, D., 2008, en IFIP Federación Internacional para la Información Procesamiento, volumen 275; Desarrollo de código abierto, comunidades y calidad; Barbara Russo, Ernesto Damiani, Scott Hissam, Björn Lundell, Giancarlo Succi; (Boston: Springer), págs. 197–209. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-09684-1_16.pdf
 32. <https://www.forbes.com/sites/forbespr/2017/05/31/poor-quality-data-imposes-costs-and-Los-riesgos-para-las-empresas-según-el-nuevo-informe-de-Forbes-Insights/#7d05734d452b>
 33. <https://insidebigdata.com/2017/05/05/hidden-costs-bad-data/>
 34. <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>
 35. https://thehackernews.com/2018/07/samsam-ransomware-attacks.html?mkt_tok=eyJpIjoiTmPsa05EZGhNREEyTnpCbCIsInQiOiIzQzFJbUJXY2k0Q1B0V1BBi4REt4c21OZDdx1RoeGplUGFsQ0hFT2xcLzF5TkI2UGJHZ2tpZ3FSaVRYcVVPaGRDUnlNYWZIN0YycThRVzFmNlWd4aXF5aDdBSmw5cW5ZWXg1ek9xS1NEWCIHeTZXbG9GOG9QSTJKaDNYdEJZbjQifQ%3D%3D
 36. <https://zephoria.com/top-15-valuable-facebook-statistics/>
 37. <https://www.tricentis.com/software-fail-watch/>
 38. <https://www.activestate.com/sites/default/files/pdfwp/whitepaper-true-cost-opensource.pdf>
 39. Marco de ciberseguridad del NIST: <https://www.nist.gov/cyberframework>
 40. 5. "Las mayores violaciones de datos del mundo", Information Is Beautiful, blog, julio de 2018; <http://informationisbeautiful.net/visualizations/worlds-biggest-data-breaches-hacks>.
 41. Mantenimiento práctico de software, Pigowski, TM, Wiley, 1997
 42. Cómo monetizar la deuda técnica de las aplicaciones, Informe de analistas de software de CAST, 2011
 43. Por qué Google almacena miles de millones de líneas de código en un solo repositorio, <https://cacm.acm.org/magazines/2016/7/204032-por-que-google-almacena-miles-de-millones-de-lineas-de-codigo-en-un-solo-repositorio/fulltext> 44.
- <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/devops/git/git-at-scale>
45. Bill Curtis, 14 de octubre de 2016 - <https://www.infoworld.com/article/3130217/software/the-era-of-defectos-de-nueve-dígitos.html>
 46. <https://www.tricentis.com/software-fail-watch/>
 47. Bill Curtis, 14 de octubre de 2016 - <https://www.infoworld.com/article/3130217/software/the-era-of-defectos-de-nueve-dígitos.html>

Referencias de la Sección de Talento Humano

48. "Estudio demográfico y de población de desarrolladores globales 2016 V2". Evans Data Corporation. Recuperado el 19 de enero de 2017.
49. "Estadísticas de la fuerza laboral de Estados Unidos ajustadas estacionalmente". Información sobre el mercado laboral. Rhode Island Departamento de Trabajo y Capacitación de la Isla. Octubre de 2016
50. Oficina del Censo de EE. UU., DataFerrett, Encuesta de población actual, microdatos mensuales básicos, Marzo de 2015
51. Estadísticas de desarrolladores de software: ¿cuántos ingenieros de software hay en Estados Unidos y en el mundo? 31 de octubre de 2017.
52. <https://www.daxx.com/article/software-developer-statistics-2017-programmers>
53. <https://www.bls.gov/ooh/occupation-finder.htm>
54. <https://www.bls.gov/ooh/computer-and-information-technology/home.htm>
55. Otros sitios web tienen un análisis mucho más detallado de los salarios de los profesionales de TI en los EE. UU. Ver por ejemplo <https://www1.salary.com/IT-salaries.html>

56. La historia técnica y social de la ingeniería de software, Capers Jones, Addison Wesley para ser publicado en otoño de 2013
57. Guía de salarios de Modis Technology 2018, <http://www.modis.com/clients/salary-guide>
58. Utilizando el enfoque del costo de calidad para el software, Krasner, H. y D. Houston, 1998, CrossTalk Magazine, la guerra contra los errores
59. Krasner, H., 1990, Self Assessment Experiences at Lockheed, Actas del taller de mejora de procesos de software SEI/ AIAA, 8 de noviembre de 1990, Chantilly, VA
60. <https://www.isixsigma.com/implementation/financial-analysis/cost-quality-not-only-costos-de-falla>
61. <http://theinstitute.ieee.org/ieee-roundup/blogs/blog/toppaying-jobs-in-the-gig-economy-están-en-tecnología>
62. Capers Jones, DESPERDICIO: EL IMPACTO DE LA MALA CALIDAD EN EL SOFTWARE ECONOMÍA, Versión 8:0 3 de septiembre de 2017

Referencias de la sección CoSQ

63. Utilización del enfoque del costo de la calidad para el software, Krasner, H. y D. Houston, revista CrossTalk, The War on Bugs, noviembre de 1998
64. Curtis, Bill, 1 de julio de 2009 - <https://www.datamation.com/entdev/article.php/3827841/Top-Five-Causes-of-Poor-Software-Quality.htm>
65. Medición del costo de la calidad del software de un gran proyecto de software en Bombardier Transporte: un estudio de caso, Claude Y. Laporte et al, Revista Software Quality Professional, VOL. 14, N.º 3/© 2012, ASQ
66. <http://it-cisq.org/wp-content/uploads/2017/11/IT-Quality-Measurement-Implications-for-Large-IT-Projects-in-Texas-Nov-2017.pdf>
67. http://sunset.usc.edu/cse/pub/event/archives/pdfs/Herb_pt2.pdf
68. <ftp://tin.sei.cmu.edu/pub/documents/95.reports/pdf/tr017.95.pdf>

Sección de Conclusión Referencias

69. La economía de la calidad del software, C. Jones y O. Bonsignour, Addison Wesley, 2012
70. Manual de calidad de Juran: La guía completa para la excelencia en el desempeño 6/e 6.ª edición Por Joseph A. Defeo (Autor), JM Juran (Autor)
71. <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>
72. <https://www.zdnet.com/article/worldwide-cost-of-it-failure-revisited-3-trillion/>
73. <https://raygun.com/blog/cost-of-software-errors/>
74. <https://hbr.org/2016/09/bad-data-costs-the-us-3-trillion-per-year>
75. <https://www.forbes.com/sites/forbespr/2017/05/31/poor-quality-data-imposes-costs-and-Los-riesgos-para-las-empresas-según-el-nuevo-informe-de-Forbes-Insights/#7d05734d452b>
76. <https://insidebigdata.com/2017/05/05/hidden-costs-bad-data/>
77. <http://www.ibmbigdatahub.com/infographic/four-vs-big-data>
78. <https://www.statista.com/statistics/263591/gross-domestic-product-gdp-of-the-united-states/>
79. Escalada de costos de error a lo largo del ciclo de vida del proyecto, Stecklein, et al, 2004 <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20100036670>
80. Krasner, H. Cómo garantizar el éxito del comercio electrónico aprendiendo de los errores de ERP, IT Professional Magazine, enero/febrero de 2000
81. https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1330462
82. <https://www.bernsteincrisismanagement.com/hard-stats-on-the-cost-of-information-crises/>
83. El proyecto T2 de la Procuraduría General de Texas en las noticias: <https://www.statesman.com/news/state--gobierno-regional-politica/fiscal-general-proyecto-tecnologico-200-millones-por-encima-del-presupuesto/PVxJjXzobcGk9cZyL4PAR/>