

ANÁLISIS DE COSTE DE CICLO DE VIDA DE DIFERENTES RECUBRIMIENTOS DE SUELO COMERCIALES

Grant Davidson

Tile Council of North America (TCNA), EE. UU.

RESUMEN

Un análisis de coste de ciclo de vida (ACCV) mide la suma de todos los costes pertinentes asociados a la propiedad y operación de un sistema de construcción durante un período de tiempo específico. En abril de 2023, Emily Lorenz, ingeniera y miembro del *American Concrete Institute (ACI)*, presentó un informe de análisis de coste de ciclo de vida que comparaba 18 tipos de recubrimiento de suelo (presentados en la Tabla 1), utilizados en un edificio de oficinas estándar. El ACCV se llevó a cabo de acuerdo con la norma ASTM E917 '*Práctica estándar para la medición de los costes de ciclo de vida de edificios y sistemas de edificación*', que es aplicable a los recubrimientos de suelo utilizados en oficinas comerciales ligeros y medianos.

Baldosa cerámica	Madera maciza
Gres rústico	Vinilo en lámina
Gres porcelánico	Baldosa de composición de vinilo (VCT)
Laminado	Baldosa de vinilo de lujo flexible (LVF/LVP)
Mármol	Suelo de núcleo rígido (RCB, SPC, WPC, etc.)
Granito	Terrazo epoxi
Travertino	Resina de epoxi
Caliza	Losetas de moqueta
Madera reconstituida	Alfombra de nylon en rollo

Tabla 1: Dieciocho tipos de recubrimiento de suelo del estudio

Un ACCV es una herramienta poderosa para ayudar a los tomadores de decisiones a evaluar los costes pertinentes de un sistema de edificación determinado.

Permite comparar los costes de construcción y mantenimiento de sistemas constructivos alternativos que cumplen los mismos requisitos funcionales.

En un momento en que los consumidores buscan productos más sostenibles y duraderos, este estudio proporciona información que sería de particular interés para inversores, arquitectos, compradores, prescriptores y cualquier persona involucrada en la toma de decisiones económicas para el diseño de un edificio. Los resultados de nuestro análisis han mostrado que, durante un período de estudio de 75 años y con un tipo de descuento del 3%, las baldosas de gres rústico, cerámicas y de gres porcelánico tienen los costes de ciclo de vida más bajos entre los 18 tipos de recubrimiento de suelo.

Los temas clave del informe que aquí se presenta son los siguientes:

- Antecedentes de los ACCV, incluida una descripción general de los conceptos fundamentales.
- Elaboración del informe del ACCV, incluida la financiación y desarrollo del consenso.
- Fundamentos clave del informe, incluidos hipótesis, limitaciones y referencias.
- Visión general de los resultados del ACCV, incluidos los análisis de sensibilidad con una variedad de tasas de descuento y duraciones de período de estudio.

ANTECEDENTES

¿Qué es un ACCV?

Un ACCV es un análisis robusto que proporciona información sobre los costes de los sistemas de edificación a largo plazo al permitir que se comparen con su valor actual neto utilizando condiciones económicas específicas. En el caso de los recubrimientos de suelo, los costes relevantes suelen ser los de materiales, la instalación, el mantenimiento y la reparación, demolición y sustitución.

De acuerdo con la norma ASTM E917, “la premisa básica del método ACCV es que, para un inversor o responsable de toma de decisiones, todos los costes derivados de una decisión de inversión son potencialmente importantes para esa decisión, incluidos los costes futuros y presentes”. Por ejemplo, si se dispone de dos materiales cuya instalación y mantenimiento cuestan lo mismo, pero uno debe sustituirse cada 10 años, es evidente que la opción que no necesita sustitución tendrá un coste de vida útil más bajo. Sin embargo, si cuesta mucho menos instalar el suelo que necesita sustituirse, ¿cómo se puede comparar el coste de sustitución futura con el dinero ahorrado al decidirse por la opción inicial más barata? El ACCV permite comparar materiales alternativos con diferentes costes iniciales y futuros mediante el uso de un cálculo, detallado en la **Ecuación 1**, que resume todos los costes pertinentes como “valores actuales netos” o “VAN”. Los VAN¹ expresan el valor de una suma de dinero en el presente comparado con su valor futuro si ese dinero se hubiese invertido a un tipo de intereses compuestos.

¹ A los efectos del presente informe, se considera que el término “VAN” tiene el mismo significado que los términos “costes de ciclo de vida (LCC)” y “costes de ciclo de vida a valor actual (PVLCC)”.

Ecuación 1: Cálculo de costes de ciclo de vida (expresados como valores actuales netos)

$$PVLCC = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

PVLCC = coste de ciclo de vida a valor actual

C_t = la suma de todos los costes relevantes incurridos en el año "t"

N = duración del período de estudio en años

i = tipo de descuento

Para comparar los costes que ocurren en diferentes momentos del futuro a lo largo de la vida útil de un edificio utilizando los VAN, los costes deben "descontarse" hasta el día de hoy mediante el uso de un tipo de descuento específico. De acuerdo con la norma ASTM E917, "el tipo de descuento debe reflejar el valor temporal del dinero del inversor. Es decir, el descuento debe reflejar el tipo de interés que haga que sea indiferente para el inversor pagar o recibir un dólar ahora o [una cantidad mayor] en algún momento del futuro. Se utiliza el tipo de descuento para convertir los costes que se producen en diferentes momentos en costes equivalentes en un momento común". El tipo de descuento se expresa en términos netos de la inflación general de precios, lo que significa que la tasa de inflación se resta del tipo de interés de una inversión. Por ejemplo, si hay un rendimiento del 6% anual en una inversión, pero los costes relacionados con esa inversión aumentan un 3% anual debido a la inflación, el tipo de descuento sería del 3%.

Estudio de ACCV de 2005

Antes del ACCV de 2023 de Lorenz, el análisis más reciente disponible sobre los recubrimientos de suelo era un ACCV redactado en 2005.² Este estudio fue ampliamente citado en los Estados Unidos. El documento mostró que varias opciones de cerámica tenían los costes de ciclo de vida anuales más bajos. Sin embargo, han tenido lugar numerosos cambios en el mercado de los recubrimientos de suelo desde 2005, entre cambios de precios, aparición de nuevos productos y tecnologías, y cambios en la vida útil estimada de los materiales y en los programas de mantenimiento actuales. Además, el informe de 2005 se basó en un período de estudio de 50 años, lo cual no concuerda con el período de 75 años utilizado por muchas normas de edificación ecológica y Reglas de Categoría de Producto (RCP) modernas al evaluar el impacto ambiental de los materiales.

² La última cita del ACCV de 2005 fue en *Tile: The Natural Choice* del *Tile Council of North America* en 2021.

ALCANCE DEL ESTUDIO

Objetivos

El objetivo del ACCV 2023 de Lorenz fue determinar los costes de ciclo de vida de 18 diferentes recubrimientos de suelo, mostrados en la **Tabla 1**, durante un período de estudio de 75 años, para su utilización en un edificio de oficinas con tránsito comercial ligero a medio. Se eligió un tipo de descuento del 3% basado en el trabajo de Lavappa y Kneifel (2018)³, que establecieron el tipo de descuento real en función de "el promedio de 12 meses de los tipos de los bonos del Tesoro a largo plazo y la tasa de inflación general". Para comprobar la sensibilidad del análisis a este período de estudio y al tipo de descuento, se realizaron otras evaluaciones con un período de estudio de 40 años y variando los tipos de descuento. Cada material incluido en el análisis se definió haciendo referencia a sus respectivas designaciones de *CSI MasterFormat* y a las fichas de producto correspondientes (por ejemplo, la especificación a la que se hace referencia para las baldosas cerámicas era la norma ANSI A137.1 *American National Standard Specification for Ceramic Tile* (*Especificación Normativa Nacional Norteamericana para Baldosas Cerámicas*)).

Baldosa cerámica	Madera maciza
Gres rústico	Vinilo en lámina
Gres porcelánico	Baldosa de composición de vinilo (VCT)
Laminado	Baldosa de vinilo de lujo flexible (LVF/LVP)
Mármol	Suelo de núcleo rígido (RCB, SPC, WPC, etc.)
Granito	Terrazo epoxi
Travertino	Resina de epoxi
Caliza	Losetas de moqueta
Madera reconstituida	Alfombra de nylon en rollo

Tabla 1: Dieciocho tipos de recubrimiento de suelo del estudio

Como se puede observar, los tres tipos de recubrimiento cerámico analizados en el estudio de Lorenz fueron el gres rústico, el gres porcelánico y la baldosa cerámica. El estudio abarcaba a otros tipos de recubrimiento importantes que no se habían incluido en el informe de 2005, como los materiales a base de plástico como los recubrimientos de suelo LVT/LVP flexibles y de núcleo rígido, o de granito, travertino y piedra caliza.

³ Lavappa, P. y J. Kneifel. 2018. Índices de precios de la energía y factores de descuento para el análisis de costes de ciclo de vida - 2018, Suplemento anual del Manual 135 del NIST. NISTIR 85-3273-33, Washington, DC: National Institute of Standards and Technology.

FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL INFORME

Las hipótesis

Varias asociaciones del sector de recubrimientos de suelo proporcionaron un generoso apoyo financiero para realizar el informe de ACCV de Lorenz. Como condición para llevar a cabo el informe y para evitar cualquier sugerencia de sesgo a favor de las fuentes de dicho apoyo financiero, la autora seleccionó los parámetros de ingeniería sin ninguna influencia externa. Al evaluar las ambigüedades de los datos, se prefirió cualquier opción razonable que pudiese favorecer la selección de tipos de recubrimiento distintos a la baldosa cerámica, el gres porcelánico o el gres rústico. En el informe de ACCV de Lorenz, estas selecciones son identificadas y denominadas "hipótesis conservadoras".

Los parámetros primarios del estudio eran para un período de estudio de 75 años y un tipo de descuento del 3%, con los costes de ciclo de vida expresados como VAN. 75 años concuerda con las normas actuales de la edificación ecológica, incluida la norma ASHRAE 189.1 y el Código Internacional de Construcción Ecológica (IgCC). Además, la Norma de Categoría de Productos UL más reciente para los recubrimientos de suelo supone una vida útil del edificio de 75 años al evaluar los impactos ambientales. También se incluyó un análisis de sensibilidad a 40 años, utilizando tipos de descuento del 0%, 5% y 7%.

Se supone que cada tipo de recubrimiento de suelo se instala inicialmente como construcción nueva, con todos los requisitos de disponibilidad e instalación cumplidos. Si bien el ACCV se basa en la utilización del recubrimiento en aplicaciones comerciales ligeras y medianas, Lorenz señala que muchos de los resultados serían aplicables a entornos residenciales, con la principal diferencia de que, en el ámbito comercial, sufren una mayor carga debido al tránsito más frecuente de peatones y la rodadura de carretillas. Se supone que todos los productos son sustituidos al final de su vida útil estimada.

Información sobre la vida útil y el mantenimiento

Para las Vidas Útiles Estimadas (VUE) específicas de producto, que se han utilizado para determinar cuándo se produciría la sustitución del producto, se han consultado varias Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) estándar de la industria. También se ha obtenido información del Informe sobre *Esperanza de Vida de los Componentes del Hogar* de la *Asociación Nacional de Constructores de Viviendas/Bank of America*, y de las tablas de Vida Útil Estimada de *Fannie Mae (Asociación Hipotecaria Federal ESTADOUNIDENSE)*. Algunos tipos de recubrimiento no tenían una vida útil estimada que se alinease con el período de estudio, por lo que los valores residuales se han calculado como porcentaje del coste inicial descontando los VAN a partir del año 75 del período de estudio. Cada uno de los productos cerámicos tenía una VUE de 75 años, según la DAP media de la industria norteamericana cerámica, y por lo tanto no se incluyeron los costes de sustitución de estos materiales.

Los intervalos de mantenimiento se han obtenido de varias fuentes, incluidas las DAP medias de la industria, las pautas establecidas de las asociaciones de recubrimientos de suelo, y las especificaciones de producto desarrolladas por consenso.

Información de la fuente de costes

Se han incluido en el informe de ACCV los costes de instalación inicial, mantenimiento, demolición y sustitución, obtenidos principalmente a partir de la base de datos nacional de construcción comercial *RS Means*⁴. Se han tomado los datos correspondientes al año 2020, ya que eran los más recientes disponibles en el momento en que se redactaba el ACCV sin estar afectados por los problemas en la cadena de suministro mundial causados por la pandemia de COVID-19. A falta de los datos de *RS Means*, la información sobre costes "indirectos" (*proxy*) se ha obtenido a partir de encuestas realizadas a grandes minoristas y otras fuentes del sector. Se ha supuesto que los costes de mantenimiento comunes y los costes asociados a la limpieza diaria comunes a cada tipo de recubrimiento de suelo eran los mismos y han sido incorporados en los costes de ciclo de vida final para todos los tipos de recubrimiento de suelo.

El análisis no tiene en cuenta los costes derivados de la eliminación en vertederos o tarifas de reciclaje, ni de los programas de devolución del fabricante y transporte asociado. Los requisitos varían ampliamente según el tipo de recubrimiento de suelo, los requisitos jurisdiccionales y la disponibilidad. Además, las tecnologías y estrategias que vayan a estar disponibles a 75 años vista son especulativas. No se han considerado los costes asociados a la pérdida de ventas minoristas, la pérdida de rentas de alquiler, u otras interrupciones debidas a la demolición y reinstalación del recubrimiento de suelo al final de la vida útil estimada de un producto.

Limitaciones del ACCV

Este estudio no puede ser una comparación de "manzanas con manzanas" respecto a los distintos recubrimientos de suelo, ya que ciertos materiales se utilizan más a menudo cuando existe una carga alta de suciedad y, además, difieren las expectativas de aspecto entre todos los tipos de recubrimiento. Sin embargo, todos los tipos de recubrimiento de suelo, independientemente de su idoneidad para diferentes condiciones de tránsito, ya sean comerciales, pesados o residenciales, se han evaluado en este estudio en base a un uso comercial entre ligero y medio.

No se ha tenido en cuenta el mantenimiento o la sustitución de productos debido a las preferencias del usuario o a las modas de diseño.

Los datos de costes *RS Means* se refieren a métodos de instalación genéricos. En los casos en que no se disponía de datos sobre costes en *RS Means*, se han obtenido de distintas fuentes en los años 2021 a 2023, pero no se han estudiado las fluctuaciones de costes entre esos años.

⁴ *RS Means* es una base de datos de costes ampliamente referenciada que recopila información sobre los costes de mano de obra basada en las 30 ciudades más grandes de EE. UU. e información sobre costes de materiales a partir de consultas con fabricantes, distribuidores, mayoristas y contratistas de materiales de EE. UU. y Canadá. *RS Means* presupone un 10% de gastos generales de instalación y ganancia del contratista.

RESUMEN Y RESULTADOS

Resultados primarios

Los resultados con un período de estudio de 75 años y un tipo de descuento del 3% se muestran en la **Tabla 3**, ordenados de menor a mayor coste de ciclo de vida, con los costes de ciclo de vida expresados como VAN. Las tres opciones cerámicas analizadas tienen los costes de ciclo de vida más bajos de los 18 recubrimientos evaluados.

Tipo de material	Coste de la instalación inicial ⁵ (\$/pie ²)	Coste de ciclo de vida (\$/pie ²)	Vida útil estimada	Coste por año ⁶ (\$/pie ²)
Gres rústico	9,53	71,31	75 años	0,95
Baldosa cerámica	11,03	72,81	75 años	0,97
Gres porcelánico	11,38	73,16	75 años	0,98
Madera maciza	8,92	75,78	75 años	1,01
Madera reconstituida	7,92	78,76	25 años	1,05
Caliza	24,30	101,68	75 años	1,36
Travertino	24,30	101,68	75 años	1,36
Granito	26,65	102,69	75 años	1,37
Mármol	26,65	104,03	75 años	1,39
Moqueta nylon en rollo	5,86	125,41	5 años	1,67
LVT/LVP flexible	4,56	131,66	15 años	1,76
Losetas de moqueta	5,25	132,57	5 años	1,77
Suelo de núcleo rígido	6,36	136,13	15 años	1,82
Terrazo epoxi	13,66	137,22	75 años	1,83
Laminado	8,49	138,45	20 años	1,85
Resina de epoxi	11,49	155,91	15 años	2,08
VCT	3,09	159,48	15 años	2,13
Vinilo en lámina	7,10	169,46	15 años	2,26

Tabla 3: Costes de ciclo de vida de los recubrimientos de suelo en edificios comerciales

⁵ Los costes iniciales de instalación son la suma de los costes de material y mano de obra para cada tipo de recubrimiento.

⁶ Los costes por año son los costes de ciclo de vida de cada material divididos entre los años de estudio (75 años).

Análisis de sensibilidad

Para comprobar la sensibilidad de los resultados primarios, se han realizado análisis adicionales utilizando las siguientes condiciones:

Tipo de descuento del 7% y un período de estudio de 75 años

Tipo de descuento del 5% y un período de estudio de 75 años

Tipo de descuento del 0% y un período de estudio de 75 años

Tipo de descuento del 7% y un período de estudio de 40 años

Tipo de descuento del 5% y un período de estudio de 40 años

Tipo de descuento del 3% y un período de estudio de 40 años

Tipo de descuento del 0% y un período de estudio de 40 años

Con un tipo de descuento del 7% y un período de estudio de 75 años, la opción con mejor rendimiento es el gres rústico a 0,52 dólares por pie cuadrado/año. La opción con peor resultado es el vinilo en lámina a 1,11 dólares por pie cuadrado/año. El ranking de estos dos tipos de materiales no cambió respecto a los resultados con el tipo de descuento al 3%. Lo más destacado es el cambio en la diferencia de coste entre esas dos opciones: al 3%, la diferencia era de 1,31 \$/pie²/año, mientras que al 7%, la diferencia era de 0,59 \$/pie²/año. Esto demuestra que un tipo de descuento "más alto" disminuye el delta entre la opción de mejor rendimiento y la opción de peor rendimiento. Sin embargo, los materiales más duraderos con menores costes futuros siguen teniendo menores costes de ciclo de vida.

Con un tipo de descuento del 0% y un período de estudio de 75 años, la opción con mejor rendimiento es el gres rústico a 2,21 \$/pie²/año. La opción con peor resultado es el vinilo en lámina a 5,59 \$/pie²/año. El orden de clasificación de estos dos materiales no cambió respecto a los resultados con el tipo de descuento al 3%. Lo más destacado es el cambio en la diferencia de coste entre esas dos opciones: al 3% la diferencia era de 1,31 \$/pie²/año, al 0% la diferencia era de 3,38 \$/pie²/año. Esto demuestra que un tipo de descuento "más bajo" aumenta la diferencia entre la opción con mejor rendimiento y la opción con peor rendimiento.

Con un tipo de descuento del 3% y una duración de estudio de 40 años, el orden de clasificación de todos los materiales se mantenía igual. La única diferencia era que los costes finales de ciclo de vida aumentaban para cada opción en función de su coste por año. El coste de gres rústico era de 1,41 \$/pie²/año, mientras que el vinilo en lámina costaba 3,30 \$/pie²/año.

CONCLUSIONES

Los análisis de sensibilidad han revelado que, independientemente de las condiciones económicas, el orden de clasificación siempre se ha mantenido relativamente igual con respecto a los resultados primarios (período de estudio de 75 años, tipo de descuento del 3%). Además, la baldosa cerámica, el gres rústico, el gres porcelánico, la madera maciza y la madera reconstituida siempre han tenido los costes anuales más bajos por pie cuadrado. Las opciones de resina de epoxi, VCT y el vinilo en lámina siempre han tenido los costes más altos por pie cuadrado y año.

RECONOCIMIENTOS

El Consejo de Cerámica de Norteamérica (TCNA) expresa su gratitud a Emily Lorenz, que llevó a cabo el análisis de coste de ciclo de vida y preparó el informe en el cual se basa esta ponencia. Para un análisis más profundo de este estudio, se ruega consultar su informe titulado *Life-cycle costs for flooring in commercial buildings*, el cual se puede obtener gratis en <https://whytile.com/guide/resource-library/>.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). 2017. *Standard for the Design of High-Performance Green Buildings*. ANSI/ASHRAE/ICC/USGBC/IES Standard 189.1-2017, Peachtree Corners, GA: ASHRAE.
- [2] ASTM International. 2017. *Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems*. ASTM E917-17, West Conshohocken, PA: ASTM International.
- [3] Fannie Mae. 2019. *Estimated Useful Life Tables*.
- [4] <https://multifamily.fanniemae.com/media/6701/display>.
- [5] Lavappa, P. and J. Kneifel. 2018. *Energy Price Indices and Discount Factors for Life-Cycle Cost Analysis - 2018, Annual Supplement to NIST Handbook 135*. NISTIR 85-3273-33, Washington, DC: National Institute of Standards and Technology.
- [6] Lorenz, Emily. *Life-cycle costs for flooring in commercial buildings*. Abril de 2023.
- [7] National Association of Home Builders (NAHB) and Bank of America. 2007. *Study of Life Expectancy of Home Components*. Washington, DC: NAHB.
- [8] RS Means. 2020. "Commercial Cost Data." <https://www.rsmeans.com>.
- [9] UL Environment. 2018. *Product Category Rules (PCR) Guidance for Building-Related Products and Services Part B: Flooring EPD Requirements*. UL 10010-7, Northbrook, IL: UL Environment.