

CERTIFICACIÓN DE SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL PARA EDIFICIOS ESCOLARES EN ETAPA DE USO. ANÁLISIS COMPARATIVO DE CUATRO MODELOS INTERNACIONALES

M. Guillermina Ré¹, M. Celina Michaux¹

¹ Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan.

Tel.: +54(0)264 423 2395 / 3259 Int. 318 - <http://www.irpha.faud.unsj.ar>

E-mails: guillerminare@faud.unsj.edu.ar; celinamichaux@faud.unsj.edu.ar

Recibido 12/08/19, aceptado 22/10/19

RESUMEN: El presente trabajo tiene por objetivo estudiar diversos modelos de certificación de sustentabilidad ambiental reconocidos en el ámbito internacional que consideran las particularidades de los edificios escolares como una tipología independiente. Para cada uno de ellos se revisan sus categorías, indicadores y estructuras de puntuación. Se identifican los criterios relacionados a la eficiencia energética y al confort térmico, y se conforman nuevos agrupamientos según las variables seleccionadas, que permitan realizar el análisis comparativo entre los sistemas. Por otro lado, se señalan y comentan los créditos específicos para escuelas, los cuales suelen estar referidos a aspectos educativos, sociales o funcionales. Como cierre del trabajo se concluye que TEENERGY es la herramienta que más se orienta a la evaluación térmico-energética de edificios escolares con un 46% de sus créditos involucrados en la temática, seguida de ITACA y BREEAM, que exhiben un 41% y 40% respectivamente.

Palabras clave: sistemas de certificación, eficiencia energética, confort térmico, escuelas.

INTRODUCCIÓN

La necesidad, cada día más imperante, por preservar el medio ambiente, reducir el consumo energético y controlar las emisiones de CO₂, ha motivado a nivel mundial el desarrollo de edificaciones sustentables. Este proceso estuvo acompañado de la aparición y perfeccionado de diversos Modelos de Certificación de la Sustentabilidad (MCS), que permitieran brindar una base de reglamentación para la evaluación de los edificios.

Los primeros sistemas fueron elaborados a finales de 1980, desde entonces, han evolucionado considerablemente, a la vez que han surgido nuevos modelos apropiados a la realidad económica, social y ambiental de cada país. Inicialmente, estas herramientas se enfocaban en la valoración de nuevas construcciones, relegando a un segundo lugar el parque edilicio existente (Ihobe, 2010). Sin embargo, con el correr del tiempo se comenzó a considerar el potencial que presentan las mejoras que se pudieran realizar sobre edificios construidos, y progresivamente se fueron incorporando versiones de certificación según las distintas etapas del ciclo de vida. A principios de esta década, había registradas en todo el mundo, 382 herramientas para evaluar la eficiencia energética y la sustentabilidad, sin embargo, solo unos pocos sistemas son ampliamente reconocidos y establecen un estándar para el desarrollo sustentable (Nguyen y Altan, 2011).

En 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030, que cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre los cuales se incluye el combate al cambio climático, la defensa del medio ambiente, la educación y la energía asequible, segura, sustentable. En este marco,

los Modelos de Certificación de la Sustentabilidad ambiental y edilicia se posicionan y toman fuerza, para contribuir desde el sector, en los esfuerzos por construir un mundo mejor.

Desde el ámbito académico y científico se ha trabajado en el estudio y análisis de métodos de evaluación de la sustentabilidad ambiental y edilicia, y programas de certificación de la eficiencia energética, con el fin de indagar en sus aspectos estructurales (Nguyen y Altan, 2011; Frade y Susumu Gomazako, 2016), o con el objetivo de proponer nuevas metodologías adecuadas al contexto local (Quesada Molina, 2014; Czajkowski, et al., 2017)

La presente investigación indaga y analiza comparativamente distintos MCS reconocidos en el ámbito internacional que posean programas de calificación específicos para edificios escolares como una tipología de estudio independiente. El propósito final es revisar críticamente antecedentes en la temática y generar conocimientos que contribuyan a la elaboración de una herramienta local para la calificación energética y evaluación de la sustentabilidad de edificios escolares existentes en el Área Metropolitana de San Juan. El desarrollo de dicha investigación se enmarca en el proyecto PROJOVI 2018-2019 / FAUD-UNSJ.

METODOLOGÍA

El trabajo se orienta al estudio de diversos modelos de certificación de la sustentabilidad ambiental y edilicia en la etapa de uso que se caractericen por su popularidad, influencia y por ser técnicamente avanzados.

En una primera se realiza la revisión de los sistemas de clasificación más importantes del ámbito internacional, que posean versiones específicas para el caso de edificios escolares. En complemento se registran sus particularidades en función del ciclo de vida, diferenciando las versiones para evaluar nuevas construcciones y/o existentes. Del estudio de documentos normativos y del material libre disponible, se decide analizar en profundidad cuatro modelos, ellos son: BREEAM Education 2008 (2012), LEED for Building Operations and Maintenance Schools (2018), TEENERGY Schools (2012) y Protocollo ITACA Edifici Scolastici (2012). Se lleva a cabo una breve descripción de cada uno, y se indican las categorías de evaluación que los integran y sus porcentajes de incidencia en el total (obtenido a partir de la suma de los puntajes posibles de alcanzar con la aprobación de los créditos que las componen). A su vez se identifican las categorías orientadas a la evaluación de la performance energética del edificio, con el fin de reconocer su importancia relativa dentro del sistema.

Posteriormente se analizan comparativamente los modelos de certificación seleccionados, a partir de nuevos criterios de análisis: *sistemas energéticos, envolvente edilicia, energías renovables y confort térmico*. Por último, se mencionan los Créditos Específicos para Escuelas (CEE) reconocidos dentro de cada una de las estructuras de evaluación, agrupándolos según tres aspectos predominantes: educativo, social y funcional.

MODELOS DE CERTIFICACIÓN PARA EDIFICIOS ESCOLARES EN ETAPA DE USO

En las últimas décadas se han desarrollado a nivel internacional, modelos de certificación de la sustentabilidad ambiental y edilicia, que buscan fomentar que construcciones nuevas y existentes se adecuen a criterios de sustentabilidad, a partir de la consideración del ciclo de vida. En su evolución, dichos sistemas han desarrollado diferentes versiones según el destino del edificio que se pretende certificar (comercial, residencial, educativo, oficinas, etc.) y en base a su funcionalidad se administran las categorías y los créditos que éstas incluyen.

El ciclo de vida de un edificio está compuesto por cuatro etapas (Figura 1), conocidas como: de producto, de construcción, de uso y de fin de vida. Durante dicho ciclo, la etapa de uso ocupa la mayor cantidad de tiempo, dado que contempla desde el momento en que se entrega el edificio a su propietario hasta el momento en que deja de usarse. Según diversos autores (Zabalza et al., 2009; Blengini y Di Carlo, 2010; Srinivasan et al., 2012) esta etapa puede durar entre 50 y 100 años, aunque muchas veces el plazo es superior. A su vez, en el uso es cuando se detectan importantes niveles de

consumos, entre los más significativos surgen los relacionados con la energía y el agua. Estos consumos generan residuos, elevados niveles de CO₂ y un gran impacto ambiental, favoreciendo el calentamiento global y el agotamiento de recursos bióticos y abióticos. Como estrategias para disminuir los niveles de impacto, desde una perspectiva sustentable, se busca extender el tiempo de vida del edificio utilizando materiales duraderos, adaptables, y realizar periódicamente inversiones en reparaciones y mantenimiento. También se recomienda la aplicación de pautas de diseño bioclimático, de aislamiento térmico, sistemas de reciclaje y reaprovechamiento del agua que permitan reducir gastos energéticos (Rieznik Lamana y Hernández Aja, 2005).

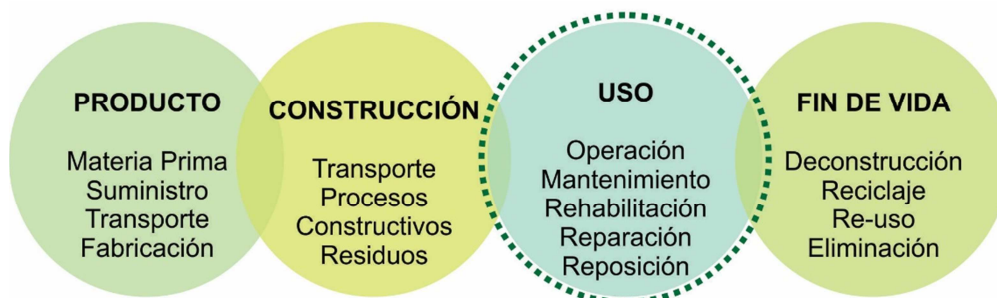


Figura 1: Etapas del ciclo de vida según Blengini y Di Carlo (2010). Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda y revisión de antecedentes en el tema permitió elaborar un listado con los modelos de certificación de mayor reconocimiento y alcance internacional, que consideren la funcionalidad escolar para la elaboración de una versión de evaluación específica. La Tabla 1 muestra once MCS para escuelas, indicando para cada uno, el país al que pertenece, el año de publicación y la diferenciación para el análisis de edificios nuevos y/o existentes. La información utilizada fue obtenida de los sitios web oficiales de cada sistema.

MCS para edificios escolares	País de creación	Versión Año	Nueva construcción	Construcción existente
1 BREEAM Education	Reino Unido	2008	■	■
2 LEED O+M for education	E.E.U.U.	2014		■
3 DQI for Education	Reino Unido	2005	■	■
4 DGNB New construction of educational buildings	Alemania	2012	■	
5 CASBEE for Schools	Japón	2001	■	■
6 TEENERGY Schools	Italia, Grecia, España y Chipre	2011	■	■
7 ITACA School Building	Italia	2012	■	■
8 GRIHA for Existing Day Schools	India	2014		■
9 IGBC Green Schools	India	2015	■	■
10 Edge Education	India	2011	■	■
11 BCA Green Mark for Existing Schools	Singapur	2011		■

Tabla 1:

Modelos de Certificación de la Sustentabilidad para edificios escolares. Fuente: Elaboración propia.

A nivel general los sistemas de clasificación suelen mantener una estructura analítica similar, conformada por distintas categorías de evaluación, que a su vez se encuentran integradas por una serie

de créditos, ítems o pautas, a los cuales se le asigna un valor. Del total de créditos aprobados, se obtiene el puntaje final, que permite alcanzar determinado nivel o calificación (Figura 2).

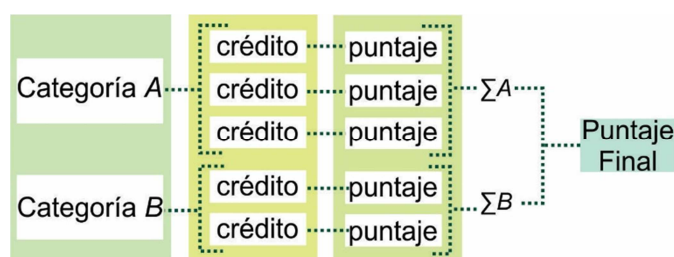


Figura 2: Esquema de la estructura de los MCS. Fuente: Elaboración propia.

De los once modelos mencionados en la Tabla 1, se seleccionan cuatro para elaborar un estudio en profundidad que permita reconocer sus estructuras de análisis y aspectos de evaluación.

BREEAM

Se utiliza el modelo BREEAM Education 2008, versión 4.1, publicada el 25 de mayo de 2012. Esta metodología de evaluación tiene como objetivos: mitigar los impactos que generan los edificios en el medio ambiente, proporcionar una etiqueta medioambiental fidedigna para los edificios y estimular la demanda de edificios sustentables. La versión en estudio permite medir el rendimiento del edificio en las etapas de diseño y pos-ocupación, y puede utilizarse para evaluar diferentes tipos de edificios educativos: pre-escolar o nivel inicial, escuelas de enseñanza primaria y secundaria, academias, escuelas de educación especial, edificios de educación superior e instituciones de formación profesional, laboratorios y talleres (BREEAM, 2012).

En el gráfico de la Figura 3, se indican las diez categorías que componen el sistema y los porcentajes de incidencia de cada una de ellas en el total. Se puede observar que la referida a la evaluación energética es la que mayor valoración presenta, con un 17%, seguida de salud y bienestar con un 14%. A la derecha se puede observar la escuela primaria Brandon ubicada en Durham, Inglaterra, que fue evaluada en su etapa de uso con BREEAM Education 2008 y obtuvo una puntuación Sobresaliente con 87.7%. Entre las características ambientales principales se pueden mencionar: máximo uso de iluminación y ventilación natural, utilización de masa térmica, hermeticidad y aislamiento de la envoltura del edificio, instalación fotovoltaica, uso de energía geotérmica y biomasa (BREEAM).

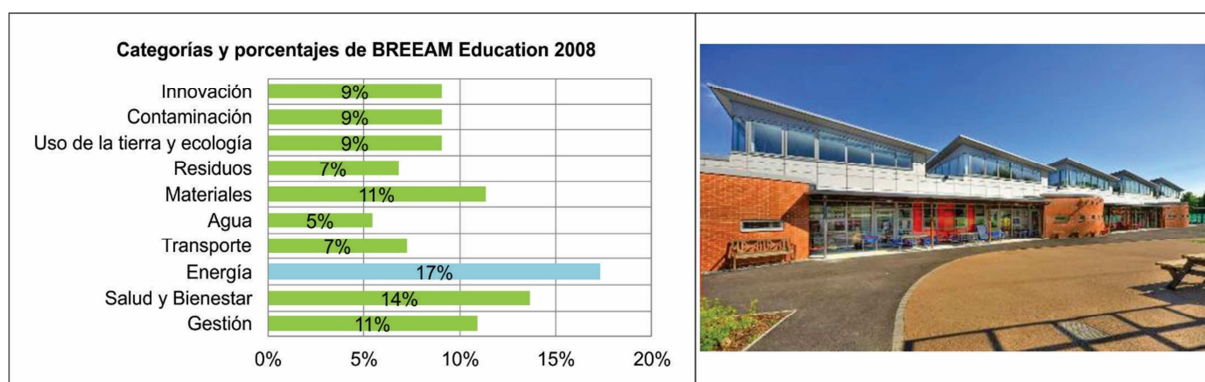


Figura 3. Izq.: Categorías de BREEAM Education 2008. Fuente: Elaboración propia. Der.: Escuela primaria Brandon, certificada con el mismo modelo. Fuente: www.breeam.com

LEED

Se trabaja con el programa LEED for Building Operations and Maintenance (O+M), en su versión 4, actualizada el 5 de enero de 2018, que incluye a los Centros Educativos. El manual puede utilizarse para edificios con diferentes usos, ya que en cada crédito se especifica a cuál tipología funcional puede aplicarse. Este MCS tiene como meta calificar los edificios y otorgar un certificado de reconocimiento a aquellos que demuestran ser sustentables en cuanto al diseño, métodos constructivos y operativos. Con LEED O+M for Schools pueden certificarse escuelas primarias y secundarias, edificios de educación superior y construcciones complementarias de los campus escolares (LEED, 2018).

Las categorías que forman el sistema LEED O+M for Schools son ocho, entre ellas se destaca Energía y atmósfera, con un porcentaje del 35% sobre el total (Figura 4). Esta categoría, que supera al resto entre un 20% y 30%, está orientada a reducir la demanda de energía mediante acciones que promuevan la eficiencia. Un ejemplo de aplicación de este modelo es la escuela primaria Midtown ubicada en New Jersey, Estados Unidos, que en 2013 obtuvo la certificación de Platino con más de 80 puntos. La escuela posee tres pilares de sustentabilidad: impacto ambiental y costos reducidos, mejor salud y bienestar para estudiantes y educación ambiental efectiva y sustentable (SSPARCHITECTS).

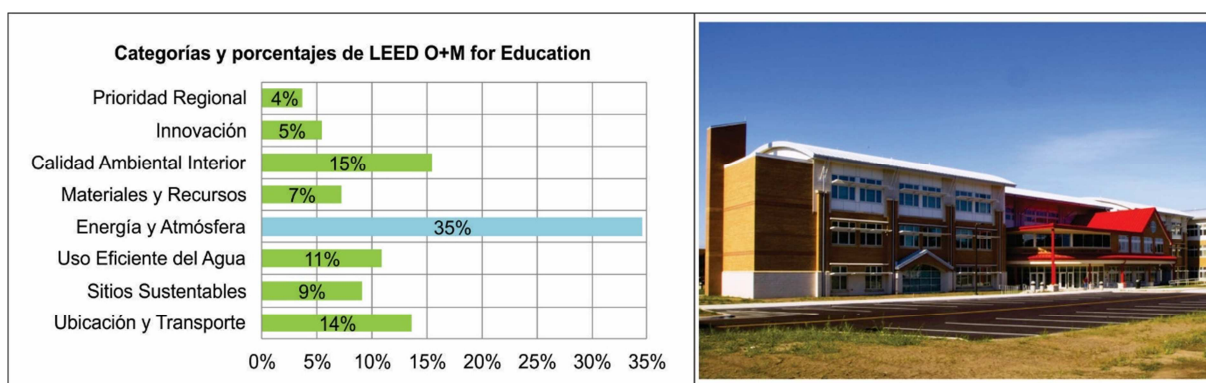


Figura 4. Izq.: Categorías de LEED O+M for Schools. Fuente: Elaboración propia. Der.: Escuela primaria Midtown, certificada con el mismo modelo. Fuente: www.ssparchitects.com

TEENERGY

La guía Escuelas TEENERGY (2012) es una síntesis de criterios tecnológicos y sustentables fundados en datos de 71 auditorías energéticas escolares. El objetivo de la guía es brindar respuesta a la falta de puntos de referencia de ahorro energético orientados a las condiciones climáticas del sur de Europa y a la baja eficiencia de los edificios escolares existentes. Las auditorías realizadas, la experimentación de técnicas de ahorro de energía, la integración de materiales innovadores y de energías renovables permitieron definir metodologías de análisis energéticos en escuelas existentes y soluciones tecnológicas apropiadas en la construcción de nuevos edificios educativos (Trombadore et al., 2011).

TEENERGY está compuesto por 4 categorías, de las cuales dos de ellas hacen referencia a la variable energía: Sistema de control para el ahorro energético y Energía producida por fuentes renovables; ambas representan el 30% del total del modelo. Con mayor porcentaje se encuentra Materiales y tecnologías de construcción (55%) y en último lugar Selección y diseño del sitio. En la Figura 5, se observa el Liceo Científico “A. Vallisneri” ubicado en Lucca, Italia, el cual fue remodelado entre 2010 y 2012, según las pautas de TEENERGY. La reestructuración energética y la remodelación arquitectónica realizada al edificio existente permitió lograr la disminución del consumo. Entre las principales intervenciones efectuadas se encuentran: aislamiento de la cubierta, reemplazo de carpinterías, incorporación de techo radiante y mejoramiento del sistema de iluminación (Lazzari y Romano, 2015).

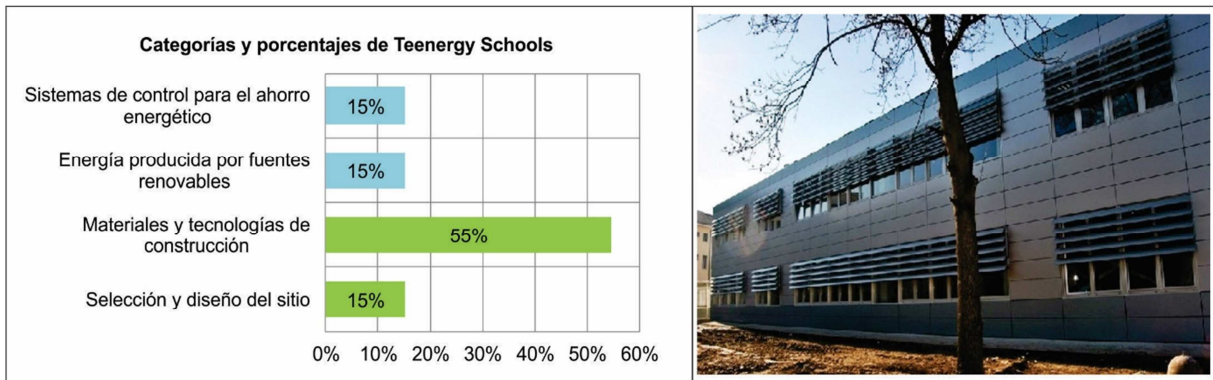


Figura 5. Izq.: Categorías de TEENERGY Schools. Fuente: Elaboración propia. Der.: Liceo Scientifico "A. Vallisneri", certificado con el mismo modelo. Fuente: www.frangisolepapini.it

ITACA

El "Protocollo ITACA Nazionale 2011. Edifici Scolastici" ha sido actualizado en septiembre de 2012 y puede aplicarse a establecimientos escolares en todos los niveles, sean construcciones nuevas o edificios en etapa de renovación. El protocolo tiene como objetivo evaluar la sustentabilidad energética y medioambiental de los edificios mediante un sistema de análisis multicriterio. El mismo, se compone de un total de 39 ítem estructurados en cinco categorías o áreas de evaluación, que a su vez están divididas en aspectos, conformando distintos niveles jerárquicos (ITACA, 2012).

En la Figura 6 se ve representado gráficamente el puntaje relativo de cada una de las categorías que componen el Protocolo; con un 40% de incidencia, la categoría Consumo de recursos, que incluye la variable energética, predomina sobre el resto. Como ejemplo de utilización del modelo, se mencionan las escuelas gemelas de Acqui Terme en Alessandria, que son edificaciones idénticas entre sí, pero construidas en distritos diferentes entre los años 2017 y 2018. Una de ellas es la Scuola Monteverde, en Piazza Allende, la otra, es la Scuola Media Bella, en Via Salvadori, y constituyen los primeros edificios educativos certificados con ITACA, Edifici Scolastici. Tienen un bajo consumo de energía, y el resto de su requerimiento está proporcionado por fuentes renovables en un 74%. La arquitectura innovadora, el uso de materiales naturales y la búsqueda de sustentabilidad ambiental dieron como resultado un edificio altamente eficiente (Fissaggi Strutturali, 2018).

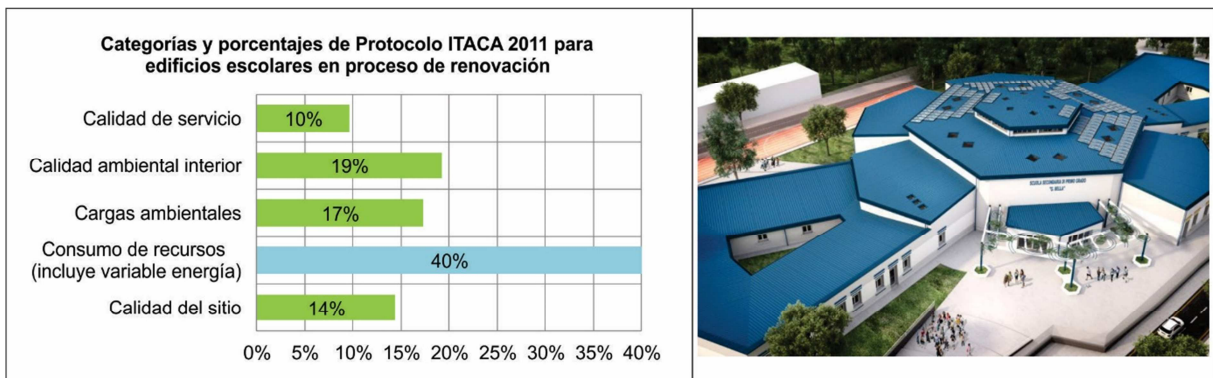


Figura 6. Izq.: Categorías de Protocollo ITACA. Fuente: Elaboración propia. Der.: Proyecto de escuelas gemelas de Acqui Terme, certificadas con ITACA. Fuente: www.gppproject.eu

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT TÉRMICO

La revisión de los modelos seleccionados permitió identificar las particularidades de las estructuras organizacionales, destacando la incidencia del aspecto energético en la metodología global. Asimismo, se pudo reconocer la existencia de ítems o pautas que se relacionan a la eficiencia energética de los edificios, ubicados en otras categorías. A raíz de lo expuesto, se definieron los principios que guiarán

el análisis comparativo basado en entender que el alto consumo energético que registra el sector edilicio durante su etapa de uso requiere de la implementación de acciones integrales que contribuyan al aumento de la eficiencia con el objetivo de disminuir la demanda; las cuales deberían estar orientadas a:

- ✓ Mejorar la eficiencia de los sistemas energéticos que integran un edificio (iluminación, calentamiento de agua, calefacción, refrigeración y ventilación); considerando la eficiencia de las instalaciones en su conjunto, y de los artefactos y equipos que la integran.
- ✓ Evaluar la eficiencia de la envolvente edilicia, con la aplicación de reglamentaciones y normativas existentes que regulen la materialidad constructiva, y la utilización de pautas de diseño adecuadas al clima del lugar.
- ✓ Incorporación de energías renovables, que complementen las fuentes de energía utilizadas.
- ✓ Organizar auditorías periódicas y/o continuas del confort térmico, como mecanismos de control interior.

MCS	Categoría original	Nuevos criterios de análisis			
		Sistemas energéticos	Envolvente arquitect.	Energías renovables	Confort térmico
		Puntos	Puntos	Puntos	Puntos
BREEAM	Energía	21	1	8	
	Contaminación			3	
	Materiales		8		
	Salud y Bienestar				3
LEED	Energía y atmósfera	32		5	
	Calidad ambiental interior				2
TEENERGY	Sistemas de control para el ahorro	15			
	Selección y diseño del sitio		5		
	Materiales y tecnologías de		20		
	Energía producida por fuentes			20	
ITACA	Consumo de recursos	12	9	4	
	Cargas ambientales	5			
	Calidad de servicio		3		
	Calidad ambiental interior				10

Tabla 2: Puntos afectados en los cuatro criterios de análisis. Fuente: Elaboración propia.

De la consideración de las acciones mencionadas, se establecen para el trabajo, cuatro nuevos agrupamientos en donde se reubican los créditos que involucran a la eficiencia energética y al confort térmico interior, con el fin de realizar un estudio comparativo entre los MCS. Los nuevos criterios de análisis son: sistemas energéticos, envolvente edilicia, energías renovables y confort térmico. En la Tabla 2 se presentan los puntajes obtenidos de la sumatoria de los créditos afectados a la temática; por un lado, en correspondencia con la categoría original a la que pertenecen, y por otro, a qué criterio responde según los nuevos grupos de variables establecidos para este trabajo.

Para BREEAM, el certificado de evaluación para edificios escolares permite obtener un puntaje total de 110. De éstos, 21 puntos tienen el propósito de mejorar la eficiencia de los sistemas energéticos, con sus artefactos y equipos; 9 se refieren a la eficiencia de la envolvente edilicia, 11 a la incorporación de energías renovables y 3 a la consideración de la ventilación natural y el confort térmico. La sumatoria del puntaje, cuyo objetivo es evaluar y mejorar la eficiencia energética y el confort térmico, es de 44 puntos que corresponde a un 40% del total del sistema (Figura 7).

En cuanto a LEED, el máximo puntaje que permite alcanzar el modelo analizado es también de 110 puntos, de los cuales el 35,4% se encuentran afectados al tema de interés del trabajo, distribuidos de la siguiente manera: 29,1% representan los objetivos destinados a mejorar el sistema energético del edificio, 4,5% a la incorporación de energías renovables y 1,8% a las auditorías del confort térmico. Este caso de estudio, no menciona a la envolvente edilicia como un elemento específico a evaluar,

pudiendo llegar a estar considerada dentro de los créditos de la categoría Energía y atmósfera destinados a la optimización del desempeño energético, como una de las estrategias a implementar.

El proyecto TEENERGY School posee una guía de trabajo compuesta por pautas de buenas prácticas que suman 130 puntos; entre ellas se pueden identificar 15 que responden al criterio Sistemas energéticos, 25 a la Envolvente arquitectónica, y 20 a Energías renovables (Tabla 2), representando un 46,1% del puntaje total (Figura 7). Para este modelo, se reconoce la inexistencia de un ítem orientado específicamente a la evaluación del confort térmico, que suma puntos por ello; sin embargo, la revisión de la información disponible ha permitido determinar que el tema formaría parte de la base conceptual del modelo, y estaría presente de manera indirecta en las acciones a implementar para promover la eficiencia energética en edificios existentes de escuela secundaria.

ITACA presenta una estructura de ítems que suman 104 puntos, siendo 43 los orientados a calificar y mejorar la eficiencia energética y el confort térmico (41,2%). Este modelo cuenta con los cuatro criterios de análisis conformados para la investigación: la eficiencia del sistema energético posee un peso relativo del 16,3%, seguida del comportamiento y mantenimiento de la envolvente arquitectónica con un 11,5% y del bienestar higrotérmico y ventilación con 9,6%, por último, la utilización de energía procedente de fuentes renovables representa un 3,8% (Figura 7).

El análisis comparativo entre los modelos de certificación permite reconocer que el criterio Sistema Energético es el que presenta mayor relevancia en LEED (29,1%), BREEAM (19,1%) e ITACA (16,3%), denotando el interés de esos sistemas por evaluar y mejorar la eficiencia del edificio considerando tanto de las instalaciones en su conjunto, como de los artefactos y equipos que las integran. A diferencia, para el caso de TEENERGY School, se valoran las acciones tendientes a la optimización de la Envolvente Arquitectónica, con la integración de materiales innovadores y la utilización de recursos pasivos de diseño bioclimático (19,2%), junto con la incorporación de Energías Renovables (15,4%) para alcanzar sus metas de ahorro energético y reducción del consumo.

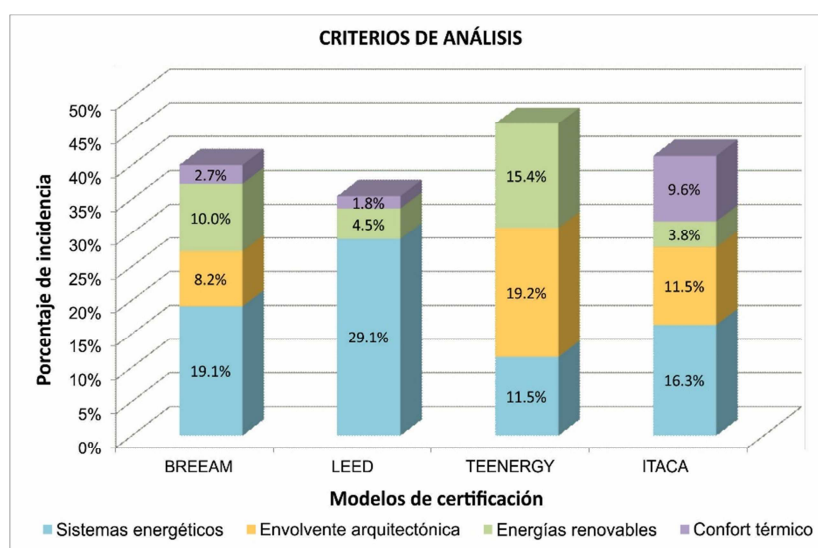


Figura 7: Incidencia de los criterios de análisis por modelo de certificación. Fuente: Elaboración propia.

CRÉDITOS ESPECÍFICOS PARA ESCUELAS

Los MSC analizados en esta investigación, presentan dentro de sus estructuras de evaluación un cierto número de Créditos Específicos para Escuelas (CEE), que diferencian a dichos sistemas de otros elaborados para distintos usos, como podrían ser: residencial, industrial, edificios de oficinas o comerciales. A partir de la revisión llevada a cabo, es posible identificar los CEE que forman parte de cada modelo de certificación y compararlos según tres aspectos predominantes: educativo, social y funcional. El modelo TEENERGY, por ser una guía creada para aplicarse únicamente en escuelas, fue descartado, ya que todas las pautas que lo conforman están destinadas al uso escolar.

En la Tabla 3 se mencionan los CEE presentes en los tres modelos de certificación y se indica, para cada uno, a qué aspecto se orienta. Puede observarse que BREEAM tiene dos criterios, y que ambos responden al aspecto educativo, mientras que LEED posee solo uno, distinguido por propósito social. En cuanto a ITACA, son tres los CEE que integran el protocolo, dos de los cuales tienen una tendencia social y otro corresponde al aspecto funcional.

El aspecto educativo hace referencia a la utilización de la escuela como recurso de aprendizaje para demostrar conciencia ambiental. El edificio debe presentarse de manera que los usuarios puedan conocerlo, interpretarlo y aprender de él. Se busca fomentar la divulgación del proyecto, detalles del proceso constructivo, explicación de la función de aislaciones o tecnología innovadora de bajo impacto, exhibiciones con información del edificio donde se muestren las estrategias utilizadas para reducir el impacto ambiental.

El aspecto social tiene como objetivo lograr la integración entre escuela y comunidad, procura abrir el edificio al público y generar espacios accesibles para el uso compartido con la población local, como el auditorio, gimnasio y sus terrenos deportivos, para desarrollar actividades no relacionados con el centro educativo. Así mismo, considera como requerimiento para la alcanzar la sustentabilidad, el obtener un edificio inclusivo, que garantice el acceso a todas las personas, incluso aquellas con discapacidades motoras o sensoriales.

El aspecto funcional está referido a lograr eficiencia en las propiedades de cada espacio educativo, generando espacios adecuados a su función. Se tienen en cuenta los servicios auxiliares o accesorios que son ofrecidos en la oferta educativa de cada escuela. En ITACA, el crédito “calidad de sistema de cableado” (Tabla 3), busca garantizar la transmisión de datos dentro del edificio, instalando en las aulas cableado estructurado, adecuado para el funcionamiento de dispositivos de seguridad, confort ambiental y enseñanza.

Modelos de Certificación	Criterios Específicos de Escuelas	Aspecto Educativo	Aspecto Social	Aspecto Funcional
BREEAM	Publicación de información sobre el edificio	▪		
	Desarrollo como un recurso de aprendizaje	▪		
LEED	Uso conjunto de las instalaciones educativas		▪	
	Dotación de servicios			▪
ITACA	Calidad del sistema de cableado.			▪
	Diseño para todos		▪	

Tabla 3: Criterios específicos para escuelas. Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Las escuelas desempeñan un papel decisivo al proporcionar entornos saludables y seguros para que los niños puedan desarrollar los procesos de aprendizaje. Estos espacios de características singulares, requieren ser accesibles, seguros y funcionales. No obstante, la escuela de hoy exige mayores desafíos. En el mismo entorno de aprendizaje las escuelas pueden educar sobre la importancia de la sustentabilidad ambiental y edilicia, el ahorro de energía y el cuidado del medio ambiente, permitiendo que el entorno construido se convierta en una herramienta de enseñanza interactiva.

Un edificio educativo efectivo y eficiente durante su post-ocupación, cuenta con usuarios que entienden el funcionamiento de los sistemas instalados, logrando que su participación prevenga de problemas de mantenimiento a largo plazo y del derroche de recursos no renovables. Las escuelas existentes que se acondicionan según pautas de sustentabilidad, contribuyen a disminuir los impactos ambientales, generando ahorro de recursos y disminución de la contaminación atmosférica mediante la reducción de las emisiones de CO₂ durante su etapa de uso.

La Sociedad de Física Americana ha publicado que, si las medidas de eficiencia energética actuales y emergentes se emplean en edificios nuevos y en edificios existentes a medida que se reemplaza su calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipos, la demanda de energía del sector de la construcción podría presentar una caída del aumento proyectado del 30% a cero hasta el año 2030 (American Physical Society, 2008).

En el presente trabajo, el estudio de los MCS de acuerdo a nuevos criterios de calificación, posibilita el análisis comparativo y permite identificar la valoración que cada uno de ellos otorga a las distintas acciones que contribuyen al mejoramiento de la eficiencia energética y al confort térmico en edificios escolares existentes. Se puede concluir que, para los cuatro modelos investigados, la incidencia relativa de la temática representa entre un 35% y un 46% de los créditos totales, siendo TEENERGY la herramienta que más se orienta a la evaluación térmico-energética de edificios escolares, seguida de ITACA y BREEAM, que exhiben un 41% y 40% respectivamente.

Los criterios analizados apoyan y se alinean con los ODS 2030, entre ellos: el objetivo 7, orientado a garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sustentable y moderna, y aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas. Y los objetivos 4 y 13, destacando la importancia de llevar a la práctica acciones tendientes a promover la educación sobre desarrollo sustentable y la mitigación del cambio climático.

Como cierre del trabajo se concluye que los modelos de certificación con trayectoria y reconocimiento internacional son un importante referente a considerar al momento de diseñar una herramienta local para la calificación energética y evaluación de la sustentabilidad de edificios escolares existentes.

AGRADECIMIENTOS

La información presentada forma parte de la Tesis Doctoral de la Arq. Guillermina Ré, del Doctorado en Arquitectura, de la Universidad de Mendoza. Se agradece a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño Universidad Nacional de San Juan y a la Secretaria de Ciencia Tecnología e Innovación (SECITI) de la provincia de San Juan, por la contribución en el financiamiento de la investigación en el marco del PROJOVI 2018- 2019.

REFERENCIAS

- American Physical Society. (2008). How America can look within to achieve energy security and reduce global warming. *Energy Future. Think Efficiency*, 01-112.
- Blengini, A. y Di Carlo, T. (2010). The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings. *Energy and Buildings* 42, 869-880. ISSN: 0378-7788. DOI: 10.1016/j.enbuild.2009.12.009.
- BREEAM. (2012). BREEAM Education 2008. Code for a Sustainable Built Environment. United Kingdom, Hertfordshire, Watford: BRE Global Limited, Issue:4.1.
- BREEAM [en línea] Brandon Primary School. Dirección URL: <<https://www.breeam.com/case-studies/education/brandon-primary-school/>> [consulta: el 4 de marzo de 2019]
- Czajkowski, J., Gómez, A., Calisto Aguilar, M., Diulio, M., Basualdo, D., Reus Neto, G., Berardi, R., Camporeale, P., Giraldo, W., Fuentealba, M. y Coronel, A. (2017). Hacia un modelo de certificación de edificios sustentables adecuado al contexto regional. XXI Congreso Arquisur. Trabajo 17. UNSJ-FAUD, San Juan.
- Fissaggi Strutturali [en línea] Progetto Scuole gemelle di Acqui Terme - Alessandria. Blog Fischer. 2018. Dirección URL: <https://www.fissaggistrutturali.it/progetto-scuole-gemelle-di-acqui-terme-alessandria> [consulta: el 26 de marzo de 2019].
- Frade, Eric y Susumu Gomazako, Marcone (2016) Los modelos de las certificaciones sostenibles y las soluciones constructivas utilizadas en Brasil y España. *Construible*. Dirección URL: <https://www.construible.es/comunicaciones/modelos-certificaciones-sostenibles-soluciones-constructivas-utilizadas-brasil-espana> [consulta: el 14 de agosto de 2019].

- IHOBE. (2010). Green Building Rating System: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación? País Vasco, Departamento de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio y Vivienda, Sociedad pública de gestión ambiental.
- ITACA. (2012). Protocollo ITACA Nazionale 2011. Edifici Scolastici. Istituto para la innovación y la transparencia de certificaciones de compatibilidad ambiental: Energía y Sostenibilidad Ambiental.
- Lazzari, F. y Romano, R. [en línea] Il Piano Strategico dell' Edilizia Scolastica Sostenibile della Provincia di Lucca. La ricognizione della qualità architettonica e la definizione degli interventi. Illustrazione di tre progetti in fase di realizzazione Servicio de Planificación Territorial y Movilidad. 2015.
URL:http://www.zemedes.eu/sites/default/files/11%20TEENERGY%20LUCCA_progetti_3_12_15.pdf [consulta: el 19 de julio de 2019].
- LEED O+M Schools. (2018). LEED for building Operations and Maintenance: Schools. United States Green Building Council, Version 4.
- Nguyen, B. y Altan, H. (2011). Comparative review of five sustainable rating systems. International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities. Procedia Engineering 21, 376-386. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.11.2029
- Quesada Molina, Felipe (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. Revista Hábitat Sustentable. V4, N1, pp. 56-67
- Rieznik Lamana, N. y Hernández Aja, A. (2005). Análisis del ciclo de vida. Biblioteca CF+S, Ciudades para un Futuro más Sostenible. España, Universidad Politécnica de Madrid.
- Romano, R., Giardinelli, M. y Di Zenzo, A. (2012). Escuelas Teenergy. Arquitectura de alta eficiencia energética para edificios escolares secundarios en el área Mediterránea. Provincia de Lucca: Programa certificado por el fondo de desarrollo regional europeo.
- Srinivasan, R., Braham W., Campbell, D. y Curcija, C. (2011). Re (De) fining Net Zero Energy: Renewable Energy Balance in environmental building design. Building and Environment 47, 300-315. ISSN: 0360-1323. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.07.010.
- SSPARCHITECTS [en línea] Architecture Project Details. NJ Schools Development Authority Neptune Midtown Community School. Dirección URL: <https://ssparchitects.com/projects/neptune-midtown-community-school> [consulta: el 29 de mayo de 2019]
- Trombadore, A., Winter Toshikazu, R. y Romano, R. (2011). Teenergy Schools: High Energy Efficiency in School Buildings in the Mediterranean Area. Inter University Research Center Florence 44, pp. 267-272.
- Zabalza, I., Aranda, A. y Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State of the art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment 44, 2510-2520. ISSN: 0360-1323. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.05.001.

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY CERTIFICATION FOR SCHOOL BUILDINGS IN USE STAGE. COMPARATIVE ANALYSIS OF FOUR INTERNATIONAL MODELS

ABSTRACT: The objective of this work is to study certification models of environmental sustainability, recognized in the international sphere that consider the particularities of school buildings, as an independent typology. For each of them, their categories, indicators and scoring structures are reviewed. The criteria related to energy efficiency and thermal comfort are identified, and new groupings are formed according to the selected variables, which allow the comparative analysis between the systems. On the other hand, the specific credits for schools, which are usually related to educational, social or functional aspects, are indicated and commented. It is concluded that TEENERGY is more oriented to the thermal-energetic evaluation of school buildings with 46% of its credits involved in the subject, followed by ITACA and BREEAM, which exhibit 41% and 40% respectively.

Keywords: ranking systems, energy efficiency, thermal comfort, schools.