

Análisis técnico sobre protecciones provisionales de borde para prevenir riesgos de caídas en trabajos en altura en la construcción: el caso de Chile

Claudia Valderrama-Ulloa^{1,2*}, Ximena Ferrada², Alfredo Serpell² y María-José Cabello²

(1) Escuela de Construcción Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile (Correo-e: c.valderrama@uc.cl)

(2) Facultad de Ingeniería, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile (Correo-e: ximenaferrada@udd.cl; aserpell@udd.cl; marcabelloa@udd.cl)

*Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Sep. 23, 2022; Aceptado Nov. 8, 2022; Versión final Dic. 5, 2022, Publicado Abr. 2023

Resumen

El objetivo principal de este trabajo es presentar un análisis técnico de los distintos sistemas de protección de borde (barandas) y aportar al desarrollo de normativa sobre su uso en Chile. La metodología incluye una amplia revisión bibliográfica nacional e internacional para describir el contexto del uso de barandas. Se realiza un levantamiento de información en terreno para describir los principales problemas de uso de estos sistemas, tales como ritmo de avance del proyecto, singularidad de aspectos geométricos y arquitectónicos, requisitos estructurales y uso de soluciones artesanales. Se realizan 16 entrevistas semi-estructuradas a profesionales de la construcción y de empresas proveedoras nacionales para describir las distintas necesidades respecto a temas técnicos en el uso de barandas, destacándose aspectos como calidad de la información, trazabilidad, homologación y estandarización de productos. En conclusión, este estudio contribuye a especificar los criterios necesarios a aplicar en la industria de la construcción para promover el uso adecuado de protecciones de bordes para evitar caídas.

Palabras clave: barandas; sistemas de protección de borde; caídas; seguridad; trabajos en altura; industria de la construcción

Technical analysis on temporary edge protection to prevent fall hazards in construction work at height: the case of Chile

Abstract

The main objective of this study is to present a technical analysis of the different edge protection systems (handrail) while contributing to the development of use regulations in Chile. The methodology includes an extensive national and international literature review to describe the context of handrail uses. A field survey is conducted to identify and describe the main issues with using edge protection systems. The survey assesses project progress rate, singularity of geometric and architectural aspects, structural requirements, and use of handcrafted solutions. Sixteen semi-structured interviews are conducted with construction professionals and national supplier companies to describe needs regarding technical issues in the use of handrails. This highlights aspects such as information quality, traceability, homologation, and product standardization. In conclusion, the present study provides specific criteria that are necessary to apply in the construction industry to promote the correct use of edge protection systems to prevent accidental falls.

Keywords: handrail; edge protection systems; falls; safety; work at height; construction industry

INTRODUCCIÓN

Se considera que las caídas en trabajos en altura en la construcción plantean costos para los trabajadores, sus familias, empleadores y la sociedad. Considerando los costos indirectos y directos, la pérdida de productividad y el dolor de la familia de una caída en trabajos en altura, hacen que sea casi imposible su estimación monetaria (Bedoya et al., 2018), sobre todo considerando que las caídas desde altura provocan consecuencias en la salud de los trabajadores que muchas veces pueden ser graves e incluso fatales. Las causas de estas caídas son variadas: falta de control de la jefatura directa, irresponsabilidad o errores del trabajador, tipo de tareas o actividades a realizar, falta de o sistemas indebidos de protección de caídas (colectivos o individuales), entre otras.

El año 2021 la tasa de mortalidad por accidentes del trabajo en Chile aumentó respecto al 2020, registrando 199 accidentes fatales totales (sin incluir accidentes de trayecto). Para el caso del sector construcción, el aumento fue de un 29% en comparación al 2020, la tercera actividad económica con más variación y número de accidentes, siendo las caídas de distinto nivel el 26,8% del total de los accidentes fatales (Superintendencia de Seguridad Social, 2022). Este es un tema muy relevante para el país, ya que, por la escasez de terrenos de construcción y debido a la extensión de las ciudades, la solución frente a las necesidades de viviendas ha sido la densificación a través de la edificación en altura. Este desafío hace necesario entonces un mayor análisis, control, seguimiento y recomendaciones de uso de las protecciones provisionales de borde utilizados en los proyectos de construcción en altura (Meza et al., 2018).

A nivel internacional se puede observar que en China de 2012 a 2016, aproximadamente 2850 empleados de la construcción perdieron la vida debido a accidentes de construcción, con un número promedio de 1,57 muertes por día (en Estados Unidos fue de 2 muertes por día). En donde las caídas representan el 55% de los accidentes fatales, debido a que principalmente, la mayoría de las actividades de construcción de edificios ocurren en edificios de varios pisos o de gran altura, principalmente en ciudades con alto desarrollo económico, siendo el exceso de horas de trabajo, la falta de iluminación natural, los niveles de gestión o la falta de planes operativos en caso de accidentes, son los factores predominantes en las cifras de accidentes fatales (Shao et al., 2019).

Por otra parte, estudios en Japón y Nueva Zelanda plantean la relevancia de la regulación para homologar los sistemas anticaídas y reconocen la importancia del uso de protección de bordes temporales para disminuir el riesgo de caída. Sin embargo, en el caso de Nueva Zelanda, aún faltan evaluaciones previas sobre recomendaciones de aspectos estructurales (Escamilla, 2016). Por otro lado, los estudios han analizado el tipo de proyectos en los que los sistemas de protección se deben utilizar. Por ejemplo, en proyectos tales como reparaciones o mantenciones de edificios se han realizado pocos estudios sobre los sistemas de protección en cuanto a nuevas tecnologías o capacitación del personal (Halabi et al., 2022). Además, en proyectos comerciales o en proyectos pequeños en Estados Unidos, existe más vulnerabilidad a accidentes por caídas, principalmente por la falta de equipo de protección de caídas o deficiencias en su uso (Kang, et al., 2017).

En el estudio de Çelik et al. (2021) realizado en Turquía e Irán se analiza la importancia de que los sistemas anticaídas colectivos cuenten con criterios homogéneos y claros que indiquen principalmente los procedimientos para la instalación, montaje y desmontaje, e inspección que deben realizar los profesionales competentes, así como también las orientaciones a los fabricantes y proveedores. De acuerdo con las tendencias de caídas en Estados Unidos, se demuestra que en los proyectos comerciales existe más vulnerabilidad a accidentes por caídas, así como también en los proyectos pequeños. Es así como en el estudio de Kang et al., (2017) se investiga el uso de protección contra caídas en estos proyectos y se descubrió que más del 70% de los accidentes por caídas involucraron el uso inadecuado o la falta de equipos de protección contra caídas.

En Brasil, Filho y Serra (2020) comparan dos tipos de protección colectiva, en que además de verificar el comportamiento de cada uno de ellos en terreno evidenciaron la falta de información técnica para la ejecución de los sistemas de protección colectiva. En otro artículo de Brasil, Penaloza, et al., (2017), al comparar 9 tipos de sistemas de protección de borde, muestran la importancia de no solo evaluar aspectos estructurales de los sistemas sino también la importancia de evaluar otros criterios como la seguridad, eficiencia (en el montaje y desmontaje) y flexibilidad del producto (para el uso de distintos tipos de proyectos) para informadamente elegir entre uno u otro.

Basándose en los antecedentes anteriores, se evidencia que las caídas desde altura son un problema de seguridad y salud laboral relevante, dado el gran impacto que tienen en el trabajador accidentado, así como en su familia y la empresa a la que pertenece. Si bien los accidentes por esta causa en Chile han tenido una disminución respecto a lo que ocurría hace 10 años, las lesiones recibidas producto de estos accidentes

suelen ser graves y en un importante número de casos son fatales, por lo que se requiere buscar nuevas formas de enfrentarlos (Superintendencia de Seguridad Social, 2022). Además, se debe considerar que la edificación en altura se mantendrá en aumento, por la falta de escasez de terreno (Cámara Chilena de la Construcción, 2021), por lo que el riesgo de sufrir accidentes en este tipo de construcciones será una constante en el futuro que se debe enfrentar adecuadamente. Por otro lado, es necesario destacar que muchos de los productos de protección utilizados en Chile son importados y, por lo tanto, requieren una homologación para su certificación nacional. Adicionalmente, en Chile no existe un procedimiento para la trazabilidad de los sistemas de protección de borde, lo que restringe la información sobre uso, operación y mantenimiento de los sistemas adquiridos por las empresas.

Es así como este artículo presenta un análisis técnico de distintos sistemas de protección de borde y destaca elementos de las obras que deberían considerarse al momento de que el país desee normar su uso y aquellos aspectos que el sector construcción necesita que se mejoren para que estos sistemas puedan ser utilizados con mayor seguridad y así evitar los riesgos de caídas. Así, en lo que sigue en este artículo se presenta la descripción de la metodología utilizada en la investigación y se continúa con la presentación de los resultados obtenidos. Posteriormente se realiza un análisis y discusión de los resultados para llegar finalmente a las principales conclusiones del trabajo realizado.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada corresponde a un enfoque mixto, con la obtención de datos cuantitativos a partir de la observación y cualitativos. Por esta razón, para realizar el análisis técnico de sistemas de protección de borde provisional colectivos en Chile, se combinaron tres fuentes de datos. En primer lugar, se realizó una revisión de distintos aspectos sobre los riesgos de caída sobre los sistemas de protección de borde provisional colectivos a partir de una revisión bibliográfica que incluyó normativas nacionales e internacionales, así como estudios existentes sobre el tema. Esto permitió presentar el panorama y entender el alcance y contexto del uso de los sistemas de protección de borde en trabajos en altura.

En segundo lugar, se realizó un levantamiento de información de terreno por medio de observar distintos proyectos de edificación en altura en la Región Metropolitana (Chile) y visualizar el uso y problemas que se detectan en la utilización de los sistemas de protección de borde. Esta observación se realizó por medio de visitas a un conjunto de obras y la toma de fotografías como registro de lo observado.

Y en tercer lugar se realizó un estudio cualitativo, consistente en la aplicación de 16 entrevistas semi estructuradas a profesionales de la construcción (tales como ingenieros de proyectos, prevencionistas de riesgos, jefe de terreno, jefe de calidad o administradores de obras) y de empresas proveedoras en el mercado nacional. La entrevista buscó entender cómo se utilizan los sistemas de protección de borde, sus problemáticas y necesidades respecto a su uso y aspectos técnicos que necesitan revisión. Como las entrevistas se aplicaron durante la pandemia de COVID-19, estas fueron realizadas en modalidad telemática y teniendo una duración promedio de 30 minutos. Las preguntas fueron desarrolladas por el equipo investigador y revisadas por la organización que solicitó la investigación. Finalmente, la información recolectada se agrupó en distintos ejes temáticos que fueron usados como un marco de referencia para el trabajo presentado aquí.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los principales resultados del estudio los que se han agrupado en las temáticas 1) Contexto del uso de sistemas de protección de borde, 2) Análisis in situ de proyectos y 3) Entrevistas a profesionales.

Contexto del uso de sistemas de protección de borde

Se considera que las caídas plantean costos monetarios para los trabajadores, sus familias, empleadores y la sociedad. You et al., (2017) descubrieron que las caídas en la construcción incurrieron en los más altos costos de compensación de trabajadores y hospitalización y en un estudio realizado durante 20 años en Estados Unidos se demostró que las caídas de altura representaron un 15,1% de los costos en indemnizaciones y atención médica (Lipscomb et al., 2014). Además, después de graves lesiones por caídas, los trabajadores afectados tuvieron dificultades para volver a sus tareas normales (Kang et al., 2022). Si bien el promedio de días de trabajo perdidos para los trabajadores que sufren caídas desde las alturas ha sido calculado en 44 días, los costos directos e indirectos combinados, así como la pérdida de productividad y el dolor para las familias de los trabajadores, no es un ítem que sea fácilmente calculable en cualquier situación.

En Chile, al revisar las cifras de accidentes de trabajo se observa que de las 8 actividades económicas con más accidentes (Agricultura y pesca, Minería, Industria, Transporte y comunicaciones, Construcción, Comercio, Servicios, y Electricidad, Gas y agua), el sector Construcción siempre se sitúa en o sobre el promedio nacional, con una tasa de accidentabilidad del 5,3% en el 2012 y de 3,8% en el 2021, cuando los promedios nacionales fueron 4,9% y 2,6% para el 2012 y 2021, respectivamente. En los últimos años podemos observar las siguientes tendencias: en el 2012 la tasa de mortalidad por accidentes del trabajo en Chile (sin considerar accidentes de trayecto) alcanzó un 6,1% mientras que en el 2021 una tasa del 2,9% (disminución debida principalmente a los distintos períodos de confinamientos por la pandemia de COVID). En el sector de la construcción esta misma cifra ha fluctuado entre 8,9% (2012) a 5,9 % (2021). De los 135.715 accidentes del trabajo en Chile en el 2021, el 26,8% de estos, corresponden a caídas de altura de más de 2 metros. Y de los 199 accidentes del trabajo fatales en el 2021, 31 fueron debido a caídas de personas (34%) (Superintendencia de Seguridad Social, 2022).

Al revisar el desglose de los elementos y actividades de la edificación en los que ocurren los accidentes fatales y los graves debido a caídas en altura, estos corresponden principalmente en la zona de techumbre y cubierta, instalación de pilares metálicos, plancha translúcida y fibrocemento, bordes de losa, andamios, plataformas en volado, andamios móviles de mono mástil, aberturas para instalaciones eléctricas, sanitarias o de corriente débiles, barandas de madera, pantalla de protección, ejecución de vigas o encofrados, escala telescópica, grúa horquilla y ventana de fachadas y preparación o tratamientos de vanos (Mesa Participación Social de la Construcción, 2018).

Las deficiencias de seguridad en los accidentes fatales o graves se pueden agrupar en cuatro grupos (Zermane et al., 2022), a saber: i) *Técnicas* (con relación a los elementos de protección): falta de protección colectiva rígida o con adecuada resistencia estructural; falta de protección completa en vano, foso ascensor o de escaleras; falta de protección horizontal entre pisos, falta de bloqueo de zona superior al descimbre; superficies de apoyo irregulares, escalas en mal estado y no protegidas; ii) *Humanas* (o errores del trabajador): no uso o incorrecto uso de elementos de protección personal; iii) *Ambientales* (del trabajo en sí): no existencia o falta de capacitación del trabajo a realizar; ausencia de un procedimiento de trabajo (o bien éste es deficiente en su contenido); y iv) *Organizacionales* (principalmente en temas de supervisión): falta de control para verificar condiciones de protección anticaídas; ausencia de capacitación en el procedimiento de un trabajo seguro, ausencia de examen de altura física; falta, inexistencia o deficiente capacitación teórico práctica en el uso de elementos de protección personal, arnés o protecciones anti caídas; falta de supervisión en el procedimiento de trabajo; ausencia de aplicación de una lista de verificación de condiciones de seguridad e inexistente o deficiente obligación de informar los riesgos.

Es así, como el trabajo en altura implica riesgos significativos de caídas contra las cuales los trabajadores deben estar protegidos (Kang et al., 2022). Las regulaciones internacionales son claras, los trabajadores expuestos a un riesgo de caída de 1,8 metros (OSHA, 1998) o más (Gouvernement du Québec, 2001) deben estar protegidos. Por lo que el objetivo principal de una estrategia de protección contra caídas es evitarlas, eliminando los riesgos en la fuente, planificando el máximo de operaciones en el terreno, haciendo que la estructura brinde protección durante las actividades de terreno o instalando protección colectiva en la superficie de trabajo (Meza et al., 2018).

Las estrategias de protección utilizadas en los proyectos de construcción (obras) se pueden clasificar principalmente según el objetivo que buscan cumplir: Impedir la caída, Limitar el impacto de la caída o Proteger individualmente al trabajador. En el grupo que impiden la caída están los sistemas de protección colectiva como las barandas, redes de seguridad o pantallas, y que permiten cerrar completa o parcialmente un vano de forma vertical o una abertura de forma horizontal. El grupo que limita el impacto de la caída son elementos que amortiguan una caída en caso de que se produzca, pues limita la fuerza del impacto. Ejemplo de este grupo son las líneas de vida (de trabajo y de seguridad). Y finalmente el grupo que protege al trabajador de forma individual, son los elementos que evitan que el trabajador alcance una zona de riesgo o prevengan las caídas. En este grupo existen 3 tipos: 1) De restricción: su objetivo es evitar que el usuario alcance zonas con riesgo de caída de altura, restringiendo sus movimientos para que no alcance la zona de peligro. Ejemplo: arnés, 2) De sujeción: previene la caída libre, permitiendo al usuario trabajar en tensión o suspensión sin problemas y 3) De acceso mediante cuerda: permite que el usuario acceda y salga del lugar de trabajo, para que prevenga o detenga una caída libre (Riquelme et al., 2014).

En Chile, el grupo de protección individual está ampliamente normado a través de distintas normas NCh-ISO 14567:2016 (INN, 2016) e ISO 16024:2005 (ISO, 2005), y la larga serie NCh1258 de Sistemas personales de detención de caídas (líneas de vida autorretráctiles; rieles verticales y líneas de vida verticales; estrobos y amortiguadores de impacto; o arneses para el cuerpo completo) (INN, 2004). Sin embargo, en los sistemas que impiden caídas en Chile solo existe una normativa sobre redes de seguridad y pantallas (INN, 1999) la que se basó en la norma europea UNE-EN 1263-1:2018, pero en su versión de 1997 (la que además ya

cuenta con dos partes y ha sido ratificada por la Unión Europea en dos ocasiones) (Asociación Española de Normalización, 2018). En la norma NCh2458:1999 sólo se entregan recomendaciones generales de instalación de redes y pantallas, pero no se hace distinción en los tipos de redes o de pantallas (INN, 1999). Respecto a barandas u otras protecciones de borde, distintas a las de redes o pantallas, no existe normativa nacional relacionada.

Así para esta investigación se entenderá el concepto de sistema de protección perimetral de borde a un elemento de protección provisorio y vertical, que evita la caída de personas de los distintos niveles de una obra y que se ubicará principalmente en borde de losas estructurales abiertas, antes de una abertura importante como ductos de instalaciones o ascensor, en el borde de escaleras o en vigas invertidas como límites de techumbre, cubierta o incluso de vanos. Si no existe la losa estructural este sistema se ubica en el borde de la placa horizontal de encofrado. En obra a estos sistemas se los conoce como baranda, sistema de borde o “quitamiedo”.

Análisis in situ de proyectos

A través de un levantamiento en terreno de diferentes proyectos de edificación en altura en la Región Metropolitana de Santiago, se pudo identificar distintos problemas en la instalación de sistemas de protección de borde. Si bien los principales aspectos detectados fueron la falta de fiscalización o falta de regulación en requisitos de la instalación, también fue posible identificar aspectos intrínsecos a los avances y características de los proyectos, los que se ordenaron en los siguientes grupos:

Ritmo de construcción

Por las condiciones administrativas y económicas de los proyectos, el avance de la obra es una de las principales preocupaciones durante la ejecución del proyecto y, dado que el foco está en este tema, en muchos casos el aspecto de seguridad cobra menor importancia. En la Figura 1 es posible observar que por el avance de obra se olvidan los sistemas de protección, tanto antes de finalizar la baranda de protección definitiva (pisos inferiores de la imagen hacia el borde izquierdo) o en los pisos superiores a nivel de vanos descubiertos, en donde se espera que la partida de carpintería metálica comience el trabajo de instalación de la baranda definitiva. Y en el caso de los segundos pisos de viviendas (alturas entre 2,5 a 5 m), los entrevistados indicaron que como hay varios subcontratos que deben trabajar cerca de los vanos o límites de losas el sistema de protección de borde casi no se utiliza.



Fig. 1: Ejemplo aspecto ritmo de construcción, ausencia de protección de borde

Singularidades geométricas de los proyectos

Como cada obra es única, también lo será la configuración arquitectónica. Es por ello por lo que este aspecto se vuelve una dificultad al momento de elegir un sistema de protección colectiva apropiada para cada proyecto. Como se observa en la Figura 2a), un proyecto con pocos puntos singulares geométricos, es decir que se compone sólo de losas y pilares, en donde el vano a proteger es más o menos de la misma dimensión, una compra masiva del mismo tipo de protección simplificará este aspecto, a diferencia del ejemplo de la Figura 2b), en que por las dimensiones de la terraza y el de los vanos intermedios el sistema de protección se encuentra limitado en su ancho y, por lo tanto, no se alcanza a proteger todo el perímetro de la terraza o del vano intermedio con un solo tipo de sistema de protección de borde, es así que una posible solución consistirá en el traslape de dos sistemas similares o distintos de protección y en los casos menos recomendados optar por dejar espacios sin proteger.



Fig. 2: a) Ejemplo poca singularidad de los proyectos, vanos rectos de geometría estable; y b) Ejemplo problema de singularidad de los proyectos, dimensión de terraza o vano intermedio no permite el uso de protección de borde estándar

Resistencia estructural de la solución instalada

Este aspecto considera que no siempre la solución instalada cumpliría con aspectos estructurales y de contención en el caso de que un trabajador sufra una caída. En la Figura 3 es posible observar que la solución compuesta de largueros horizontales de tabloncillos de madera de 1" x 5" clavadas en los cantos verticales con limitadores de alzaprima simplemente arriostradas, no es un sistema resistente, ya que solo delimita bordes y el esfuerzo de carga se le traspasará al nivel de arriostramiento del alzaprimado, cuyo nivel de afianzamiento sólo dependerá de la fuerza de torque que el trabajador haya realizado para dejarlo firmemente apoyado entre las losas.



Fig. 3: Ejemplo de ausencia de resistencia estructural

Soluciones artesanales realizadas in situ

Finalmente, en varias obras y actividades es posible observar que la solución de protección de borde es fabricada in situ, con materiales que se encuentran en la obra, principalmente con retazos de madera, sin especificaciones estructurales, ni menos recomendaciones de instalación. En las Figuras 4a) y b) es posible observar un sistema informal de protección por medio de maderas que “avisan” de una posible caída. En la Figura 4a) algunos vanos están delimitados por un larguero de madera, el que además no siempre es instalado completamente horizontal y está simplemente apoyado e incluso instalado de forma aleatoria y en el caso de la Figura 4b), se observa la existencia de una protección al borde de una excavación masiva que ha sido fabricada en terreno, cuyos elementos verticales han sido enterrados en el borde del talud, el sistema de piezas verticales con las horizontales han sido afianzadas por medio de clavos y el conjunto ha sido demarcado con una huincha de plástico.



(a)



(b)

Fig. 4: a) Ejemplo de soluciones artesanales, larguero de madera en vanos; y b) Ejemplo de soluciones artesanales, sistema de borde fabricado en obra para la excavación masiva

Entrevistas a profesionales

Al analizar las entrevistas realizadas a profesionales de la construcción y proveedores, se evidencian diversas necesidades comunes a considerar en una posible norma o incluso como propuesta de mejoras en el mercado de proveedores de protecciones de borde, tales como Calidad y alcance de la información, Homologación de productos, Trazabilidad del producto, y Estandarización de productos, cuyas características se describen a continuación:

Calidad y alcance de la información

Como en Chile no existe normativa respecto a las protecciones de borde, varias empresas proveedoras generan su propio manual de cálculo, pero se advierte que no todas las empresas constructoras usan esa memoria e incluso algunas de ellas no las piden. Por el lado de los planos de proyectos, como estos suelen modificarse varias veces antes y durante el avance del proyecto, las empresas proveedoras no pueden entregar un servicio de calidad cuando ofrecen un sistema de borde y varias veces el arriendo del producto no corresponde al perímetro total del proyecto o con las mejores características estructurales para los puntos singulares o ciegos. Por el lado de las empresas constructoras, como el avance del proyecto debe ser rápido, acusan que las empresas proveedoras se demoran en la entrega de la oferta y optan por no arrendar el perímetro total que debiera contar con un sistema de protección. Y en el uso, instalación, inspección y desmontaje de las barandas falta información o procedimientos claros.

Homologación de productos

Como la gran parte de los productos utilizados en Chile son importados y no existe un aspecto normativo que lo señale, estos productos sí debieran certificarse al llegar a Chile o al menos obtener una homologación en laboratorios certificados. Pero, como el proceso de homologación puede ser de alto costo, también debería existir la opción de realizar ensayos de campo y de esa forma cualquier cambio que se requiera en puntos del sistema como anchos libres, tipos de anclajes o traslapes pueden quedar verificados con un ensayo estándar

de caída de peso muerto que permita verificar in situ la capacidad de retención del conjunto de los elementos que componen el sistema de protección de borde. Así como también los entrevistados señalan que debería homologarse las alturas que deben quedar siempre protegidas, que en recomendación a los entrevistados la altura de la baranda debería ser de al menos 100 cm, y utilizar la indicación del uso de un rodapié (elemento a ras de suelo o piso que detiene o trava cualquier objeto que cae en el plano de deambulaci3n) de una altura de al menos de 15 cm, al igual como se indica en la normativa chilena para el uso de los andamios metálicos prefabricados.

Trazabilidad del producto

En Chile no existe un procedimiento de trazabilidad luego de la compra de un sistema de protección de borde provisional y por lo tanto se desconoce el uso y grado de mantenimiento que se le da posterior a la venta del producto, cuando quedan bajo la propiedad de las empresas constructoras. Es por ello, que todas las empresas constructoras son las que deberían tener un sistema de verificaci3n, enmarcado en el plan de calidad, para que con aspectos claves y de com3n acuerdo se pueda verificar in situ si el sistema se puede seguir reutilizando. A modo de recomendaci3n los niveles de verificaci3n pueden ser una revisi3n menor cuando las barandas se encuentran sucias o con desgaste de pintura, una segunda categorí a cuando a las barandas les faltan piezas, o algunas partes (no estructurales) se deben soldar (por personal calificado) o afianzar (en el caso de las barandas de madera), y en el 3ltimo nivel cuando las barandas presentan grandes deformaciones éstas deberían dejar de usarse en los proyectos.

Estandarizaci3n de productos

Sobre los productos, las características que priorizan las empresas constructoras, adem3s del costo, son el peso del sistema (para una f3cil instalaci3n o traslado de lugar), la facilidad de modularizaci3n y de configuraci3n, opciones adicionales para uniones singulares (por ejemplo, en zonas curvas) o proyectos especiales y las horas hombre que se requieren para hacer cambios o traslados. Tambi3n identifican la necesidad de realizar mejoras en los tipos de fijaci3n que puedan ser m3s est3ndar o que abarque a sistemas que no requieran de cierto ancho o espacio. Adem3s, se menciona el apoyo de calculistas y arquitectos para armonizar características estructurales y arquitect3nicas que permitan un uso repetitivo del sistema de protecci3n.

DISCUSI3N

Los accidentes por caídas constituyen un tipo crucial de accidente en la industria de la construcci3n, en donde las tasas de accidentabilidad y mortalidad en Chile demuestran valores similares al de otros paí ses en donde la construcci3n en altura es el tipo de construcci3n m3s realizada. Si en Chile, en el 2021, las caídas de altura de m3s de 2 metros, representaban el 34% del total de los accidentes fatales de trabajo, en paí ses como China es del 55% (Shao et al., 2019), 30% en el Reino Unido, 39% en los Estados Unidos o de 46% en Malasia (Zermane et al., 2020). Dentro de los factores, que este estudio destac3 en la contribuci3n de los accidentes por caídas desde altura se encuentran: i) dejar bordes o agujeros sin proteger debido a las prisas por completar el trabajo, al igual como lo señalan Rafindadi et al. (2022), así como tambi3n ii) la importancia de la calidad y alcance de la informaci3n, lo que tambi3n se destaca en el estudio de Zermane et al. (2022) y iii) contar con procedimientos claros para el uso de las protecciones de borde (Meza et al., 2018).

En los distintos análisis de terreno, si bien se observa que en la mayorí a de proyectos en altura se usaba un sistema de protecci3n de borde, éste era utilizado incorrectamente ya sea por aspectos de gesti3n, aspectos arquitect3nicos, pero principalmente por aspectos estructurales, así aunque el estudio de (Lan y Daigle, 2014) demuestra que los sistemas de marco de madera pueden utilizarse en los proyectos, éstos no pueden utilizarse como elementos de apoyo de anclaje para los trabajadores y deben cumplir con los requisitos estructurales de los c3digos t3cnicos de construcci3n, en donde la fuerza de apriete de los elementos es un factor importante. Aspecto que no se observa correctamente realizado en las soluciones artesanales analizadas en este estudio. Por otra parte, el procedimiento para el correcto uso, instalaci3n, e inspecci3n y desmontaje de las barandas debe estar descrito en las normas t3cnicas implementadas en cada paí s (Celik et al., 2021) es por ello por lo que, en Chile se hace necesario normar este tipo de sistema de protecci3n de borde, así como tambi3n el tipo y alcance de informaci3n que se le pide a los proveedores para el uso de sus productos.

Por otra lado, tal como lo demuestran Kang et al, (2017) o Halabi et al., (2022) los proyectos de viviendas residenciales en Estados Unidos experimentaron una mayor proporci3n de accidentes por caídas y m3s del 80 % de los accidentes por caídas ocurrieron desde una altura de menos de 9,1 m (30 pies), de ahí la importancia de proteger de forma correcta las actividades que se realizan a baja altura, situaci3n que en viviendas en extensi3n (de 1 a 2 pisos) en Chile, se realiza en menor cantidad, debido principalmente a los

ritmos de los proyectos. En el caso de las recomendaciones de altura o uso de rodapié de las barandas, los entrevistados estaban de acuerdo en que la altura de la baranda debería no ser menor a 100 cm, tal como también lo recomienda Valera (2011) o Meza et al., (2018), y en el caso de rodapié la altura recomendada en la literatura podría variar entre 100 mm a 150 mm de acuerdo con los distanciamientos que presenten los distintos largueros horizontales que componen la baranda (Meza et al., 2018).

Finalmente en el caso de las mejoras de los productos presentes en el mercado, la estandarización de los productos también es un punto clave en el correcto uso de los sistemas de protección de borde, ya que como lo demuestra Penalzoza et al., 2017 los rendimientos de instalación debido principalmente a los tipos de componentes trabas y pasadores, además de facilitar el trabajo de montaje y desmontaje, también aumenta la productividad y la precisión de esta tareas, lo mismo destacan sobre la modularización y flexibilidad de las soluciones utilizadas, de acuerdo a la naturaleza de cada proyecto, como por ejemplo tipos de fachadas o puntos singulares.

CONCLUSIONES

En función de la importancia del uso de protección de borde en trabajos de altura para proyectos de construcción y el contexto nacional chileno, los hallazgos de este estudio contribuyen a especificar criterios necesarios en la industria de la construcción para promover el uso adecuado de protecciones de bordes para evitar las caídas. Así, de los resultados mostrados, de su análisis y de su discusión, se pueden obtener las siguientes tres conclusiones principales: 1) a partir del levantamiento de información en terreno y las entrevistas a profesionales se pudo identificar los aspectos relevantes que se deben incluir en una futura norma en los que se destacan procedimientos claros para el uso, instalación y desmontaje de los sistemas de protección de borde, 2) en el análisis realizado en terreno predominan la omisión de aspectos estructurales en las soluciones de protección de borde utilizadas, debido principalmente a que no se cuenta con la información en terreno y 3) por el lado de las entrevistas las necesidades se relacionan a los tipos de productos que ofrece el mercado en donde la homologación de productos importados o alturas de las soluciones; trazabilidad sobre lo que pasa con el producto luego de su venta y sus sucesivos usos, o estandarización de las características de los productos son aspectos que deben mejorarse.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue seleccionado en la Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades Profesionales (2020) de la Superintendencia de Seguridad Social (Chile), y los autores agradecen el financiamiento de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) con recursos del Seguro Social de la Ley N°16.744 de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.

REFERENCIAS

- Bedoya, E., Severiche, C., Sierra, D., y Osorio, I., Accidentalidad Laboral en el Sector de la Construcción: el Caso del Distrito de Cartagena de Indias (Colombia), Periodo 2014-2016, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100193>, Información Tecnológica, 29(1), 193-200 (2018)
- Cámara Chilena de la Construcción, Informe MACH 59, Macroeconomía y Construcción, 110, Santiago, Chile, <https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/mach-59.pdf> (2021)
- Çelik, G., Aydinli, S., y Bazaati, S., Safety net applications in developing countries: Turkey and Iran case study, <https://doi.org/10.31462/jcemi.2021.01012021>, Journal of Construction Engineering, Management & Innovation, 4(1), 12-21 (2021)
- Cheung, E., y Chan, A. P., Rapid demountable platform (RDP)—A device for preventing fall from height accidents, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.05.037>, Accident Analysis & Prevention, 48, 235-245 (2012)
- Escamilla, A. C., García, M., y Pérez, N. L., Static load behavior and energy absorption of safety guardrails for construction works, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2016000200005>, Revista de la Construcción, 15(2), 46-54 (2016)
- Filho, M., y Serra, S., Comparison between collective protective systems in Brazil: safety platforms and safety net type V, <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03838-0>, Applied Sciences, 2, 1-12 (2020)
- Halabi, Y., Xu, H., y otros cinco autores, Causal factors and risk assessment of fall accidents in the US construction industry: A comprehensive data analysis (2000–2020), <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105537>, Safety science, 146, 1-18 (2022)
- Hamdan, N., y Awang, H., Safety scaffolding in the construction site, <https://doi.org/10.11113/jt.v75.4956>, Jurnal Teknologi, 75(5), 26-31 (2015)
- ISO 16024:2005: International Organization for Standardization (ISO), Personal protective equipment for protection against falls from a height — Flexible horizontal lifeline systems, <https://www.iso.org/standard/29348.html>, 1-14, Geneva, Switzerland (2005)

- Kang, K., Koo, Ch., y Ryu, H., An interpretable machine learning approach for evaluating the feature importance affecting lost workdays at construction sites, <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104534>, *Journal of Buildings Engineering*, 53, 1-14, (2022)
- Kang, Y., Siddiqui, S., y otros tres autores, Trends of fall accidents in the US construction industry, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001332](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001332), *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(8), 04017043 (2017).
- Kang, Y., Use of fall protection in the US construction industry, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000655](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000655), *Journal of Management in Engineering*, 34(6), 1-10 (2018)
- Lan, A., y Daigle, R., Validation of on-site job-built guardrails with shoring jack as supports, <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.010>, *Informes de la Construcción*, 66(534), 1-10 (2014)
- Lipscomb, H. J., Schoenfisch, A. L., y otros cuatro autores, Veinte años de los costos de compensación de los trabajadores debido a las caídas de altura entre los carpinteros sindicales, el estado de Washington, <https://doi.org/10.1002/ajim.22339>, *AmJ Ind Med*, 57, 984-991 (2014)
- Mesa Participación Social de la Construcción, Análisis de los accidentes laborales y plan de acción, Campaña Preventiva Sector Construcción, 27, Santiago, Chile, <https://ww3.achs.cl/portal/Documents/mesa-construccion-rm> (2018)
- Meza, M., Bedoya, E., y Severiche-Sierra, C., Aspectos técnicos de seguridad en barandas para el riesgo de caídas, *Journal of Industrial Neo-Technologies*, ISSN: 0719-5303, 5(1), 22-29 (2018)
- NCh1258:2004: Instituto Nacional de Normalización (Chile), Construcción – Seguridad – Sistemas personales para detención de caídas, <https://ecommerce.inn.cl/search?q=1258>, Partes 1 a 6, Santiago, Chile (2004)
- NCh2458:1999: Instituto Nacional de Normalización (Chile), Construcción – Seguridad – Sistemas de protección para trabajos en altura – Requisitos generales, <https://ecommerce.inn.cl/nch2458199941013>, 1-11, Santiago, Chile (1999)
- NCh-ISO 14567:2016: Instituto Nacional de Normalización (Chile), Equipo de protección personal para la protección contra caídas de altura – Dispositivo con un único punto de anclaje, <https://ecommerce.inn.cl/nch-iso14567201660146>, 1-37, Santiago, Chile (2016)
- OSHA. Part 1926 Subpart M CFR 1926.500: US Department of Labor (USA), Fall Protection for the Construction Industry. Occupational Safety & Health Administration, <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.500>, Washington D.C, USA (1998)
- Penaloza, G., Saurin, T., y Formoso, C., Identification and assessment of requirements of temporary edge protection systems for buildings, <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.02.005>, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 58, 1-19 (2017)
- Rafindadi, A., Napia, M., y otros cinco autores, Analysis of the causes and preventive measures of fatal fall-related accidents in the construction industry, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101712>, *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 1-14 (2022)
- Riquelme, P., Romero, S., Irlles, R., y Segovia, E., Redes de seguridad para cierre vertical de fachadas, *Redes de seguridad para cierre vertical de fachadas*, <http://dx.doi.org/10.3989/ic.11.132>, *Informes de la Construcción*, 66(533), 1-10 (2014)
- S-2.1, r.4, 2001. Québec Safety Code for the Construction Industry, Gouvernement du Québec, <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/en/document/cr/s-2.1,%20r.%204>, 10-12, Québec, Canada (2001)
- Shao, B., Hu, Z., y otros tres autores, Fatal accident patterns of building construction activities in China, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.019>, *Safety Science*, 111, 253-263 (2019)
- Superintendencia de Seguridad Social, Gobierno de Chile, Estadísticas de accidentabilidad 2021, Presentación, 62, Santiago, Chile, <https://www.suseso.cl/605/w3-article-679828.html> (2022)
- UNE-EN 1263-1: 2018: Asociación Española de Normalización, Equipamiento para trabajos temporales de obra. Redes de seguridad. Parte 1: Requisitos de seguridad y métodos de ensayos, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060704>, 1-47, Madrid, España (2018)
- Valera, J., Sistema de protección contra la caída de altura, *Técnica Industrial*, ISSN: 0040-1838; 292, 34-38 (2011)
- You, H. J., Yoo, Y. T., y Kang, K. S., A Study on the Efficiency Improvement of the Safety Management Personnel System in Apartment Construction Site, <https://doi.org/10.12812/ksms.2017.19.1.87>, *Journal of the Korea Safety Management & Science*, 19(1), 87-94 (2017)
- Zermane, A., Tohir, M., Baharudin, M., y Yusoff, H., Risk assessment of fatal accidents due to work at heights activities using fault tree analysis: Case study in Malaysia, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105724>, *Safety Science*, 151, 1-12 (2022)
- Zermane, A., Tohir, M., y otros dos autores, Analysis of the Contributing Factors for Fatal Accidents due to Falls from Heights in Malaysia and the USA, *Science & Technology*, ISSN: 0128-7680, 28(S1), 15-36 (2020)