

Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho na Construção Civil: Novas Abordagens Teóricas e Boas Práticas em Países Iberoamericanos

Carlos Torres Formoso
(organizador)

Coordenação



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Realização



Financiamento



Carlos Torres Formoso
(org.)

**Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho na
Construção Civil: Novas Abordagens Teóricas e
Boas Práticas em Países Iberoamericanos**

Porto Alegre
UFRGS
2020

Dados internacionais de catalogação na publicação
Rosa Helena Cunha Vidal CRB 10/1906

G393 Gestão da segurança e saúde no trabalho na Construção Civil
 : novas abordagens teóricas e boas práticas em países
 iberoamericanos / Carlos Torres Formoso (organizador). –
 Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2020.
 429 p. : il. color. ; PDF.

ISBN 978-65-86232-51-6

1. Construção Civil. 2. Gestão da segurança. 3. Segurança
e saúde no trabalho. 4. Engenharia de resiliência. 5. Melhores
práticas. I. Formoso, Carlos Torres. II. Título. III. Título: novas
abordagens teóricas e boas práticas em países
iberoamericanos.

CDD 624

Coordenadores do Projeto GESST-IC:

Prof. Carlos Torres Formoso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil, Coordenador Geral do Projeto

Prof. Luis Fernando Alarcón, Pontificia Universidad Católica (PUC), Chile

Prof. Salvador García Rodríguez, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), México

Prof. Maria Dolores Martínez Aires, Universidad de Granada, Espanha

Prof. Eugenio Pellicer, Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Espanha

Prof. Sheyla Mara Baptista Serra, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil

Prof. Hernando Vargas Caicedo, Universidad de los Andes (UniAndes), Colômbia

Prof. Patrícia Flores Peluffo, Universidad de La República (UdelaR), Uruguai

Prof. José Cardoso Teixeira, Universidade do Minho, Portugal

Prof. Luis Alves Dias, Universidade Técnica de Lisboa (UTL), Portugal

Equipe editorial:

Prof. Carlos Torres Formoso, Editor

Dra. Guillermina Andrea Peñaloza, Apoio Editorial

Rosana Dal Molin, Apoio Administrativo

Zênite-com, Design Gráfico

Agências de Fomento:

Programa Ibero-americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil

ÍNDICE

Capítulo 1

APRESENTAÇÃO	13
--------------	----

Capítulo 2

MARCO DE REFERENCIA EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO: LEGISLACIÓN, TENDENCIAS, COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS	17
---	----

Capítulo 3

3.1. PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO	76
--	----

3.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORES PRÁCTICAS	109
---	-----

3.3. EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE PROTECCIONES COLECTIVAS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN: CONTRIBUCIONES DEL ÁREA DE GESTIÓN DE REQUISITOS	126
---	-----

Capítulo 4

4.1. COMPROMISO DE LA ALTA GERENCIA	141
-------------------------------------	-----

4.2. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE MEDICIÓN DE DESEMPEÑO DE SEGURIDAD: PRINCIPIOS DE LA INGENIERÍA DE LA RESILIENCIA	161
--	-----

4.3. CARACTERÍSTICAS DOS INCIDENTES EM CANTEIROS DE OBRAS: ANÁLISE DOS BANCOS DE DADOS DE TRÊS CONSTRUTORAS	177
---	-----

4.4. LOS COSTES RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD Y SALUD EN LAS EMPRESAS DE CONSTRUCCION ESPAÑOLA	188
---	-----

4.5. AUDITORIAS DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO	203
--	-----

4.6. PRÁTICAS DE PARTICIPAÇÃO DOS TRABALHADORES NA GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE DA CONSTRUÇÃO CIVIL	222
---	-----

4.7. GESTIÓN DE LA SUBCONTRATACIÓN EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA	237
---	-----

4.8. PLAN ESTRATÉGICO DE SEGURIDAD EN CONSTRUCCIÓN: ESTUDIO DE CASO	256
--	-----



4.9. PLANEJAMENTO INTEGRADO ENTRE SEGURANÇA E PRODUÇÃO	271
4.10. SISTEMA ULTIMO PLANIFICADOR	286
4.11. DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DO CANTEIRO DE OBRAS	297
4.12. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	320
4.13 PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE EM FASE DE PROJETO	343
4.14. PRACTICAS INTEGRADAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN CONSTRUCTORAS COLOMBIANAS	369
4.15. PROCESOS Y PRACTICAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA EMPRESA CONSTRUCTORA COLOMBIANA	382

Capítulo 5

5.1. DROGAS Y ALCOHOL	397
5.2. CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO	401
5.3. A INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E A SEGURANÇA NO TRABALHO	404
5.4. ÁREA DE OPORTUNIDAD: CULTURA DE LA SEGURIDAD SALUD EN LA CONSTRUCCIÓN	410
5.5. TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN	414
5.6. RESILIÊNCIA PARA LIDAR COM A COMPLEXIDADE: UMA ALTERNATIVA PARA A GESTÃO DA SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	419
5.7. GESTÃO VISUAL	423
5.8. EL TRABAJO CON NANOMATERIALES: UN RIESGO EMERGENTE	430
5.9. PAPEL DE LOS CONTRATANTES	434



3.3. EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE PROTECCIONES COLECTIVAS EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN: CONTRIBUCIONES DEL ÁREA DE GESTIÓN DE REQUISITOS

*Guillermina Andrea Peñaloza¹; Tarcisio Abreu Saurin²; Carlos Torres Formoso³
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil ^{1, 2, 3}*

RESUMEN

Los canteros de obra poseen una gran cantidad y diversidad de protecciones colectivas, muchas de estas integradas a equipamientos de movilización de materiales y personas. Sin embargo, los requisitos a los cuales tales protecciones deben atender muchas veces no son claros, lo que dificulta la comparación entre diferentes alternativas, así como el desarrollo de innovaciones. En este trabajo, los principios de la disciplina de gestión de requisitos (GR) son utilizados como base para la identificación y análisis de requisitos de protecciones colectivas. Una de las tantas aplicaciones de estos principios es ilustrada por medio de un estudio de caso de protecciones colectivas integradas a los andamios suspendidos mecánicos. La estructura analítica proporcionada por la GR permitió la compilación de requisitos de diferentes fuentes como normas nacionales e internacionales, literatura, estudios de anteriores investigadores. De la misma manera se sugiere al final del capítulo posibles soluciones y demás variables que deben ser contempladas para atender a dichos requisitos.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de peligros que se concentran durante la ejecución de una obra de construcción y la naturaleza dinámica de las actividades que en ella se realizan, hacen necesario el uso simultáneo de una gran variedad de protecciones físicas para evitar los posibles accidentes. Por ejemplo, son necesarias protecciones contra caídas en altura, descargas eléctricas y enterramiento, entre otras.

Esas protecciones son denominadas "colectivas" cuando: (a) no forman parte del vestuario del trabajador (por ejemplo, guantes y cascos) ni están integradas en el cuerpo de éste (por ejemplo, un protector solar); (b) están formadas por barreras físicas o funcionales que no requieren de la intervención de los usuarios para que tengan el efecto deseado.

De acuerdo con Hollnagel (2004), las barreras físicas, como una barandilla, impiden el paso de masa, energía o información. Este mismo autor caracteriza las barreras físicas como aquellas que pueden estar sólo en dos estados: activadas o desactivadas; es decir, actúan de forma análoga a la de un sensor que apaga automáticamente una maquinaria cuando alguien se aproxima a uno de sus componentes peligrosos.

Un Sistema de Protección Colectiva (SPC) está formado por un conjunto de componentes físicos que, funcionando en armonía, prevén o minimizan los daños de un accidente. A pesar de la importancia de los SPCs en las obras de construcción en Brasil, no existe un sistema para la certificación de los que se utilizan en obras de construcción que esté supervisado por un órgano independiente tanto del proveedor como del consumidor. Sin embargo, hay una gran variedad de SPCs en el mercado que

obedecen a las distintas soluciones desarrolladas por las propias empresas. La falta de dicho organismo independiente de certificación dificulta la evaluación de los puntos fuertes y débiles de los SPCs existentes.

La falta de requisitos exigibles a los SPCs, así como de métodos para verificar si se adecuan o no a dichas exigencias crea dificultades para todas las partes interesadas (por ejemplo, agentes gubernamentales de fiscalización, empresas o trabajadores) que, además, tienen pocas subvenciones para comprar los diferentes sistemas y evaluar su eficiencia. Dado que en la normativa legal vigente figuran la mayor parte de las exigencias de rendimiento que deben tener los SPCs, en este capítulo se recogen otros requisitos importantes que no están en ellas. De este modo, el presente trabajo adopta conceptos y principios del área de **Gestión de Requisitos (GR)** para la identificación y análisis de requerimientos o exigencias que deben cumplir los SPCs.

Las caídas en altura son unas de las principales causas de muertes en el sector de la Construcción en Brasil. Aproximadamente, el 35,5% son causadas por derrumbamiento de losas de edificaciones y el 25% provenientes de andamios suspendidos (Santana 2011). Esta es la razón por la cual se ha decidido ejemplificar la GR al Proyecto de SPCs utilizando el caso de los andamios suspendidos mecánicos que, además, deben tener incorporados SPCs.

GESTIÓN DE REQUISITOS (GR)

El concepto de "requisitos" viene siendo estudiado desde la década de 1970 en investigaciones sobre el desarrollo de productos manufacturados (Pahl y Beitz 1995). No obstante, la GR es usada en diversos sectores y ampliamente reconocida por sus aplicaciones en el área de ingeniería de *software* (Kotonya y Sommerville 2000).

En el proceso de proyectos de construcción, la GR ha sido un tema de interés académico y profesional (Huovilla 2005) en la medida en que permite articular los deseos del consumidor y las acciones del equipo de desarrollo de un producto (BRAY, 2002), contribuyendo con la generación de valor para el cliente. De esta manera, el uso de requisitos es un procedimiento sistemático para descubrir, organizar y documentar las exigencias que deben solicitarse a un sistema. Por otro lado, la GR es el proceso que establece y mantiene un consenso entre el cliente y el grupo del Proyecto en el cambio de los requisitos del sistema; el uso de herramientas de la Gestión de Requisitos es útil para mejorar tanto la productividad como la calidad en el desarrollo de un Proyecto.

La Gestión de Requisitos cumple un papel primordial en el proceso de producción, ya que enfoca un área fundamental: la definición de lo que se desea producir. Su principal tarea consiste en la generación de especificaciones correctas que describan con claridad, sin ambigüedades, de forma consistente y compacta, el comportamiento del sistema; de esta manera, se pretende minimizar los problemas relacionados con el desarrollo de sistemas. El proceso de Ingeniería de Requisitos tiene como objetivos descubrir, modelar, validar y mantener un documento de requisitos, utilizando una combinación de métodos, herramientas y actores que serán abordados en profundidad en este capítulo.

CONCEPTOS CLAVES RELACIONADOS CON LA GR

En primer lugar, será necesario definir el concepto de **clientes**, ya que la GR tiene como objetivo satisfacer a algún tipo de cliente. En este estudio se asume la propuesta de Whiteley (1992) en la que los clientes son todas aquellas partes para las cuales el producto agrega valor, ya sean externas (por ejemplo, usuario final, sociedad) o internas a la organización, (por ejemplo, proyectistas, calculistas). En el caso de los SPCs, los principales clientes son internos por ser los propios trabajadores, tanto los que realizarán el montaje y desmontaje (usuarios temporales de los SPCs) como los que estarán protegidos por los mismos en el transcurso de sus actividades productivas (usuarios finales de los SPCs). Entre los clientes externos de los SPCs pueden citarse los órganos gubernamentales de fiscalización de las condiciones de trabajo, los sindicatos de trabajadores y la sociedad en su conjunto, en la medida en que los costos provenientes por la falta de SPCs, como los gastos de los accidentes, son absorbidos en parte por el Ministerio de Previdencia Social.

Otro concepto importante a definir es el de **demanda**. En este capítulo, las demandas son interpretadas como las necesidades y deseos de los clientes, y pueden llegar a establecer requisitos. Por otra parte, los **requisitos**, son características que debe tener el producto, o el servicio, para satisfacer las demandas de los clientes (Parviainen et al. 2005). Estos requisitos deben ser medibles, inteligibles, realizables, comprobables, rastreables y exclusivos (Kotonya y Somerville 2000), pudiendo estar limitados por restricciones (Parviainen et al. 2005). El termino **soluciones de Proyecto** se refiere a las soluciones funcionales que describen cómo los requisitos serán atendidos o materializados (Bray 2002).

ETAPAS DE LA GR

La GR posee cuatro etapas: identificación, análisis y priorización, especificación y validación, las cuales se repiten cíclicamente durante las fases de definición del Proyecto para la creación de un producto (Sommerville 2007). La **identificación** de requisitos envuelve la recogida y la organización de informaciones sobre el Proyecto, principalmente las demandas de los clientes, así como la posterior transformación de las demandas en requisitos (Sommerville 2007). Una exigencia previa a la ejecución de esta etapa es la identificación de todos los clientes que deberán ser atendidos por el producto (Bray 2002). Dentro de los mecanismos útiles para realizar la identificación de informaciones, destacan las entrevistas, los cuestionarios, el *brainstorming*, el análisis documental, la observación y la consulta a normas (Bray 2002).

En la etapa de **análisis y priorización** de los requisitos se realiza un examen en profundidad de los mismos y es evaluada la importancia de cada uno de ellos (Sommerville 2007). En esta etapa es común la identificación de requisitos contradictorios (Bray 2002), especialmente en proyectos con muchos clientes. Es necesario identificar el conjunto de requisitos que resulten en un producto final con mayor valor agregado y que satisfagan a los clientes más relevantes (Huovilla 2005).

Durante la etapa de **especificación** deben ser identificadas las soluciones del Proyecto para atender los requisitos (Bray 2002). Sin embargo, los requisitos no deben ser fijados prematuramente, porque se puede correr el riesgo de que, al ser modificados, la solución dada en el de Proyecto se vuelva innecesaria. Por último, en la etapa de **validación**, se realizan pruebas para apreciar la eficiencia y eficacia de las soluciones (Sommerville 2007). Estas pruebas pueden llevarse a cabo, en el caso de

la construcción civil, por medio de maquetas físicas o electrónicas.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Contexto

El presente trabajo fue realizado en el marco del Proyecto de Investigación titulado "Tecnologías para Canteros de Obra Sustentables en Habitaciones de Interés Social¹" (CANTECHIS), el cual es apoyado por la Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP). Dicho proyecto posee seis sub-proyectos, estando uno de ellos enfocado en el desarrollo de innovaciones tecnológicas de SPCs que está directamente asociado a la investigación desarrollada. Este sub-proyecto involucra investigadores de tres Universidades brasileñas tales como, la Universidad Federal de Rio Grande del Sul (UFRGS), Universidad Federal de Bahia (UFBA) y la Universidad Federal de San Carlos (UFSCar). Además, cuenta con la colaboración formal de los Sindicatos de Empresas de la Construcción Civil (SINDUSCONs) y Secretarías Regionales del Trabajo y Empleo. Con la finalidad de delimitar el objetivo de la investigación, este sub-proyecto se centra en los siguientes SPCs: andamios suspendidos mecánicos, andamios suspendidos motorizados, plataformas de protección y protecciones periféricas. Aunque los sistemas de línea de vida no pueden ser caracterizados como SPCs, también son abordados.

La elección de estas protecciones estuvo motivada por: (a) experiencias recogidas de investigaciones anteriores sobre estos mismos temas; (b) la existencia de estudios que sostienen que la falta, o las deficiencias, en el uso de estos equipamientos está asociada a muchos accidentes en la construcción civil (MTE 2010; Costella 1999); (c) las prioridades indicadas por los SINDUSCONs, identificadas por medio de entrevistas a sus representantes en las ciudades que han sido sedes de nuestra investigación: Porto Alegre (Río Grande del Sur), Salvador de Bahia (Bahia), San Carlos (San Pablo).

Tal como se ha comentado anteriormente, en lo que sigue nos centraremos en los andamios suspendidos mecánicos.

Métodos para la indentificación de requisitos

La identificación de los requisitos siguió los mismos procedimientos para todos los SPCs citados en el ítem anterior. Concretamente, para los andamios suspendidos mecánicos, los requisitos fueron identificados a partir de:

- la consulta de normas brasileñas como la NR-18 (Brasil 2013) y la NBR 6494 (ABNT 1990), así como de normas extranjeras como la BS EN 1808;
- la consulta de artículos científicos que se ocupan del uso y seguridad de andamios suspendidos mecánicos (Saurin y Guimarães 2006);
- la comprobación, a través de las observaciones en obras, sobre grado de cumplimiento de los equipamientos a los requisitos de la NR-18 que se realizaron en once obras emplazadas en las ciudades sede de la investigación. Dichas observaciones ocurrieron como parte de un proceso de aplicación de listas de verificación de las exigencias dadas en la NR-18 y que fueron desarrolladas en el ámbito del proyecto CANTECHIS (Santos 2013);

¹ Equivalentemente, "Tecnologías obras sostenibles de viviendas sociales".

- las entrevistas con seis ingenieros civiles que actúan en constructoras, que pueden clasificarse como empresas de medio y gran tamaño, cuyas sedes sociales están situadas en las ciudades sede del proyecto;
- entrevistas con tres consultores en Seguridad y Salud en el Trabajo que prestan servicios a las principales constructoras de Porto Alegre, una de las ciudades sede. Las entrevistas con los diferentes profesionales tuvieron una duración media de una hora, fueron grabadas en audio y posteriormente transcritas; en ella se abordaron todos los medios auxiliares o de protección seleccionados en el proyecto CANTECHIS.

La información necesaria para la identificación de los requisitos fue buscada en diversas fuentes de obtención de datos tales como: normas, literatura, observaciones, entrevistas, etc. Posteriormente, se ha creado una base de datos con los siguientes campos:

- código del requisito;
- requisito;
- origen del requisito (por ejemplo, entrevistas);
- fase del ciclo de vida del SPC en el cual debe ser verificado si el requisito ha sido considerado;
- otros requisitos que dependen de los requisitos en cuestión;
- indicador para evaluar el grado de cumplimiento de los requisitos;
- valor límite del indicador;
- posibles soluciones para atender el requisito;
- restricciones.

RESULTADOS

A partir de los métodos presentados en la sección anterior, fueron identificados 89 requisitos para el proyecto de andamios suspendidos mecánicos. La Figura 3-3-1 muestra el número de requisitos que cada fuente recoge y que permitieron su identificación. Se puede observar que las normas NBR 6494 (ABNT 1990) y NR-18 (Brasil 2013) engloban el 71% del total de requisitos. Entre los requisitos no relacionados a las normas, la mayoría están asociados a la eficiencia de los andamios; por ejemplo, la rapidez tanto en el manejo vertical como en su instalación y desmontaje, así como su bajo impacto ambiental. Al igual que sucede con ciertos paradigmas modernos, la gestión de la Seguridad (Hollnagel 2006) se basa en la investigación de la eficiencia y seguridad de un proceso. Este mismo criterio de actuación se aplicará en el caso del uso de un andamio, en el que la eficiencia y seguridad son inseparables. Por ejemplo, un andamio tubular, difícil de manejar, induce a los trabajadores a comportamientos inseguros tales como el uso de apoyos improvisados como, por ejemplo, cajas de mortero, para alcanzar la cota de trabajo (Saurin y Guimarães 2006).

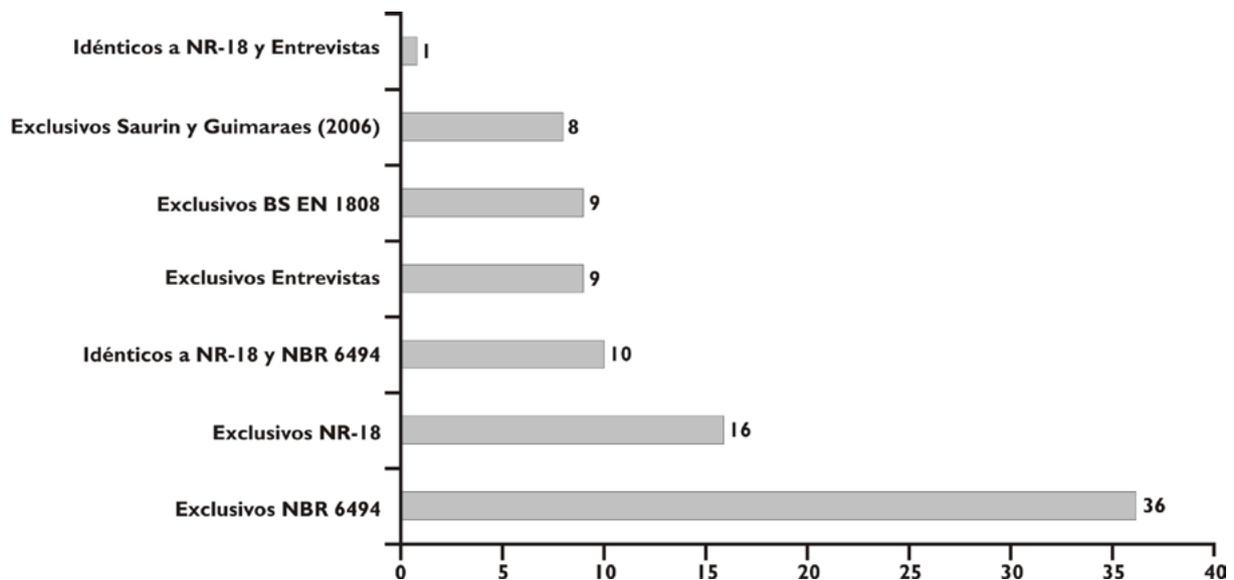


Figura 3-3-1. Distribución de los requisitos según la fuente

El Cuadro 3-3-1, que continúa en el Cuadro 3-3-2, presenta de manera resumida la forma en que fueron organizados los 89 requisitos. En la primera columna del Cuadro 3-3-1 se han clasificado y agrupado los requisitos según su naturaleza en diferentes categorías: eficiencia, estructura, seguridad, geometría, ergonomía y sostenibilidad. Cabe resaltar que se ha identificado la incidencia de porcentaje que representa cada categoría; así podemos ver que el 45% del total se refieren a requisitos de seguridad, el 30% a requisitos estructurales, el 10% a requisitos de eficiencia, el 9% a requisitos geométricos, el 5% a requisitos ergonómicos y el 1% corresponde a requisitos de sustentabilidad. En la siguiente columna se presenta el origen de la fuente donde fueron identificados los requisitos junto a la codificación asignada a cada uno según la numeración definida por los investigadores.

La última columna del Cuadro 3-3-1 se refiere al momento en que el cumplimiento del requisito puede ser evaluado. En el caso del requisito 1, la evaluación exige que un trabajador opere en un andamio en una situación real de trabajo, a fin de verificar, basados en parámetros como la frecuencia cardíaca y tiempos de pausas, si el esfuerzo físico está dentro de los límites establecidos en la literatura (Saurin y Guimarães 2006). En otros casos, como en los requisitos 24 y 39, la apreciación del cumplimiento del requisito puede ocurrir en la fase de Proyecto, debido que son especificaciones dimensionales del producto.

Naturaleza del requisito	Origen	Cód.	Requisitos	Fase de evaluación
Eficiencia	Entrevistas y literatura	1	Reducir esfuerzo físico en el manejo de los molinetes.	Operación del prototipo en obra o en laboratorio.
Sustentabilidad	Literatura	7	Reducir el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida. (Proyecto, operación y demolición.)	Proyecto
Eficiencia	Entrevistas y observaciones	8	Rapidez de manipulación vertical	Operación del prototipo en obra o en laboratorio.
Seguridad	NR-18	13	Debe haber acceso seguro para la entrada y salida del andamio, inclusive frente a paredes ciegas.	Proyecto
Seguridad	Entrevistas	14	Debe permitir la fijación del cinturón de seguridad antes de subir al andamio y retirarlo después de bajar del mismo.	Proyecto
Eficiencia	Entrevistas	17	Rapidez en la instalación y desmontaje del andamio de su estructura de sustentación.	Operación del prototipo en obra o en laboratorio.
Geométrico	NR-18	24	La plataforma de trabajo tiene una longitud mínima útil y una longitud máxima útil.	Proyecto
Estructural	NBR - 6494	25	Los andamios deben estar anclados de manera que estén protegidos contra oscilaciones en cualquier sentido.	Proyecto
Eficiencia	Entrevistas	29	Reducir la interferencia de la estructura de sustentación del andamio con protecciones colectivas y otros servicios, tales como impermeabilización.	Proyecto
Eficiencia	Entrevistas	30	Debe ser de fácil y seguro mantenimiento, incluyendo la posibilidad de tareas rutinarias por parte del trabajador.	Proyecto
Geométrico	NR-18	39	Las plataformas deben tener una longitud máxima..	Proyecto

Cuadro 3-3-1. Identificación y clasificación de los requisitos de andamios suspendidos mecánicos

En el Cuadro 3-3-1 se definen los requisitos, el posible indicador y el valor límite de los requisitos que presentan restricciones. Por ejemplo, el ítem 18.15.43 de la NR-18 (Brasil 2013) exige que “la longitud mínima útil de la plataforma de trabajo de los andamios suspendidos debe ser de 65 centímetros”. De esta manera, fue posible deducir el requisito (la plataforma debe tener una longitud mínima), el posible indicador (longitud de la plataforma) y el valor límite (longitud mínima = 65cm).

Por otro lado, otros ítems, de la NR-18 (Brasil 2013) están vinculados a soluciones para el cumplimiento de los requisitos. Por ejemplo, el ítem 18.15.3.1 de la NR-18 (Brasil 2013) menciona que “la superficie de trabajo puede ser totalmente metálica o mixta, con una estructura metálica y recubierta de un material sintético o de madera, o totalmente en madera”. De hecho, al especificar los materiales que pueden componer la superficie de trabajo, la NR-18 ya especifica una posible solución, aunque no quedan explicitados los motivos por los cuales esos materiales pueden ser buenas alternativas. Por ejemplo, puede ser citado como en el ítem 18.15.5 que especifica “la madera para la confección de los andamios debe ser de buena calidad, seca, sin nudos ni fisuras, estando prohibido el uso de pintura para cubrir imperfecciones”. La segunda columna del Cuadro 3-3-1 recoge las relaciones de dependencia entre los requisitos. Tales relaciones fueron deducidas por los investigadores, debido a que estas no estaban explícitas en las fuentes de las cuales han sido obtenidos los datos. Por ejemplo, el requisito 8 depende del requisito 1, en la medida en que cuanto mayor sea el esfuerzo físico necesario para manipular el andamio, mayor será el cansancio

del operador y menor su velocidad de movimiento. De la misma manera, el requisito 7 (reducido impacto ambiental) depende de la flexibilidad del andamio para adaptarse a diferentes configuraciones geométricas de fachada (requisito 15). La hipótesis de trabajo adoptada fue que la falta de flexibilidad puede exigir adaptaciones físicas en el andamio, dificultando su reutilización en obras futuras, o puede necesitar de nuevos equipamientos hechos a medida, lo que implica un mayor uso de materiales, aumentando el impacto ambiental.

La tercera columna del Cuadro 3-3-2 recoge los posibles indicadores para evaluar el nivel de cumplimiento de los requisitos. En algunos casos fue posible deducir el indicador a partir de la propia naturaleza del requisito. Por ejemplo, en el caso del requisito 8, la velocidad de manejo vertical del andamio, en m/s, es un indicador fácilmente medible y coherente con la naturaleza del requisito. La norma EN 1808 (BSI 1999) propone que la velocidad no exceda de 0,3 m/s. De hecho, el valor límite de la velocidad de movimiento no debería definirse, simplemente, como "mayor es mejor", ya que grandes velocidades pueden implicar peligros para los trabajadores que están sobre el andamio.

Cód.	Depende de	Indicador	Valor meta
1	2,5,8,10,11,12,47	Porcentaje de la máxima capacidad aeróbica utilizada.	< 33%
7	15, 27, 28	Porcentaje del peso del andamio sujeto a reciclaje.	Todavía no establecido. Mayor es mejor.
8	1,5,11,12	Velocidad de movimiento vertical en m/s.	Hasta 0,3 m/s
13	9, 14, 15, 26, 27, 28, 29, 38	Probabilidad y severidad de accidentes en la entrada y salida del andamio.	Zona de riesgo menor, en la matriz de evaluación de riesgos.
14	9, 12, 15, 24, 38, 44	Sí (puede fijar el cinto) o No (no puede fijar el cinto)	Sí
17	19, 20, 21, 24, 27, 29, 39	Hombres-hora	Todavía no establecido. Menor es mejor.
24	Ninguno	Longitud útil, en centímetros.	Longitud mínima > 65 cm; Longitud máxima útil < 90cm.
25	Ninguno	Probabilidad y gravedad de caída de personas o materiales.	Zona de riesgo menor, en la matriz de evaluación de riesgos.
29	Ninguno	Número de servicios de construcción que sufren atrasos o re trabajos debido a la estructura de sustentación del andamio.	Número de servicios con interferencia igual a cero.
30	1, 2, 4, 9, 10, 11, 12, 24, 26, 38, 39	Cantidad de tareas de mantenimiento que pueden ser realizadas por el mismo operador del andamio.	Número de tareas de mantenimiento autónoma > que 30% de las tareas de mantenimiento.
39	Ninguno	Largura máxima de la plataforma, en metros.	Largura de la plataforma < 8,0m.

Cuadro 3-3-2. Identificación y clasificación de los requisitos de andamios suspendidos mecánicos (continuación de la Cuadro 3-3-1)

La literatura también contribuye para la identificación del indicador y del valor límite de otros indicadores. Esa fue la situación del requisito 1, para el cual fue usada la propuesta de Kodak (1986), que establece una fórmula para el cálculo de la máxima capacidad aeróbica utilizada para trabajadores que ejercen actividades industriales en turnos de 8 horas. El mismo autor también establece que el valor límite del indicador debe ser menor de un 33%.

Se adoptó una solución simple para establecer el indicador y el valor límite de todos los requisitos que explícitamente se refieren a la reducción de riesgos o aumento de seguridad. Este es el caso del requisito 13, entre otros, que exigen minimización de

riesgos de caídas de materiales o de personas. En estos casos, el indicador propuesto es la propia definición tradicional de riesgo: probabilidad de suceso del evento versus la gravedad del mismo (Slovic 2001). Por lo tanto, como es común en la evaluación de riesgos de accidentes laborales, los parámetros de probabilidad y gravedad son descritos por medio de categorías (por ejemplo, gravedad baja, probabilidad remota), que corresponden a las líneas y columnas en una matriz de evaluación de riesgos (Roughton y Crutchfield 2008). Dicha matriz, puede ser dividida en zonas, tales como la división de riesgos que se muestra en la Figura 3-3-2, las cuales discriminan entre nivel alto, medio y bajo.

El valor límite propuesto en este trabajo consiste en que los riesgos estén en la zona más baja. Por ejemplo, el requisito 25 se refiere a que “Los andamios deben estar anclados de manera que estén protegidos contra oscilaciones en cualquier sentido”, implica que existe la probabilidad de caída de personas y/o materiales, por lo que a través de la matriz se consigue evaluar el grado de gravedad de la situación. Más allá de que en una situación real se identifique una probabilidad elevada y una gravedad alta de este tipo de situación en las obras de construcción, la tendencia para definir el valor límite, en este análisis es que la zona de riesgo sea la menor, por lo que deberán ser desarrollados mecanismos para prevenir este tipo de oscilaciones y, con ello, evitar caídas de cualquier tipo. Las evaluaciones de probabilidad y gravedad son consideraciones subjetivas, que idealmente deben ser realizados por medio de consenso de un equipo con representantes de diferentes niveles jerárquicos, basados en criterios técnicos, experiencia y análisis del contexto tecnológico y organizacional en que los SPCs serán usados.

Probabilidad	Gravedad				
	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Menor
Extremadamente remota	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Remota	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde	Verde
Improbable	Rojo	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Verde
Probable	Rojo	Rojo	Amarillo	Amarillo	Amarillo
Frecuente	Rojo	Rojo	Rojo	Amarillo	Amarillo

Figura 3-3-2. Ejemplo de matriz de evaluación de riesgos

Nota: los colores corresponden al grado de riesgo: rojo (alto); amarillo (medio); verde (bajo).

Existen requisitos cuyos indicadores pueden ser expresados, simplemente, como “Sí” o “No”, por lo que el valor límite será una de estas opciones. Es el caso del requisito 14: “Debe permitir la fijación del cinturón de seguridad antes de acceder al andamio y retirarlo después de salir del mismo.” Debemos hacer constar que en la fase de la recogida de datos se identificaron restricciones para el cumplimiento de los requisitos, que no han sido recogidas en los Cuadros 3-3-1 y 3-3-2. Las restricciones indican soluciones que no deben ser adoptadas, tales como el ítem de la NR-18 (Brasil 2013) que determina que “Está prohibida la utilización de molinetes para edificaciones de más de ocho pisos, a partir de planta baja o altura equivalente.” De hecho, la operación de molinetes demanda mucho esfuerzo físico del trabajador (Saurin y Guimarães 2006), de modo que eso justifica la restricción impuesta por la NR-18.

Aunque los Cuadros 3-3-1 y 3-3-2 no presenten las posibles soluciones para el cumplimiento de los requisitos, a medida que esta investigación avance, serán agregadas en un futuro a las tablas, incluyendo fotografías e ilustraciones. Las Figuras 3-3-4 y 3-3-5 ilustran posibles soluciones para dar respuesta a los requisitos del andamio suspendido mecánico, que han sido identificadas a lo largo de la recogida de datos. En la Figura 3-3-4 se muestran dos soluciones alternativas para atender a los requisitos 17 y 29 citados en el Cuadro 3-3-1. En la Figura 3-3-4(a) se presenta una estructura

de sujeción modular, formada por dos vigas metálicas sostenidas por contrapesos y ruedas en la base. Así, el montaje y desmontaje de la estructura de sujeción sólo conlleva la instalación y retirada de los dos módulos de apoyo compuestos por las vigas, contrapesos y ruedas. Esto contribuye tanto a una mayor rapidez de montaje y desmontaje de la estructura (requisito 17) como a la eliminación de interferencias entre estas actividades y las estructuras permanentes de la edificación (requisito 29), como plantas de forjados y parapetos. La Figura 3-3-4(b) presenta otra posible solución, que implica el uso de vigas de hormigón armado específicamente destinadas a la sujeción de cargas de andamios. Los ejemplos de la Figura 3-3-4 también demuestran que una única solución puede contribuir para dar simultáneamente respuesta a más de un requisito.

En el caso de la Figura 3-3-5, se muestra una posible solución para el requisito 25 citado en el Cuadro 3-3-1, el cual establece que: "Los andamios deben estar anclados de manera que estén protegidos contra oscilaciones en cualquier sentido". En la Figura 3-3-5(a) se muestra un sistema acoplable de ruedas que se coloca en la cara interna del andamio de manera que se permita el deslizamiento vertical a lo largo de la fachada, funcionando como sistema de fijación sin dañarla. Otra solución se muestra en la Figura 3-3-5(b), en la que se ve un sistema de estabilización compuesto por cables de acero que se fijan en la cubierta de la edificación, pasando por un ojal ubicado en la barandilla del andamio, y que finalmente se sujetan a la superficie del terreno, quedando convenientemente tensados. De esta manera se impide el movimiento en sentido horizontal, con lo que la posibilidad de dañar la fachada es prácticamente nula.



Figura 3-3-4. (a) Sistema modular para sustentar andamios suspendidos; (b) Vigas de hormigón armado especialmente proyectadas para el apoyo de perfiles que sujetan el andamio

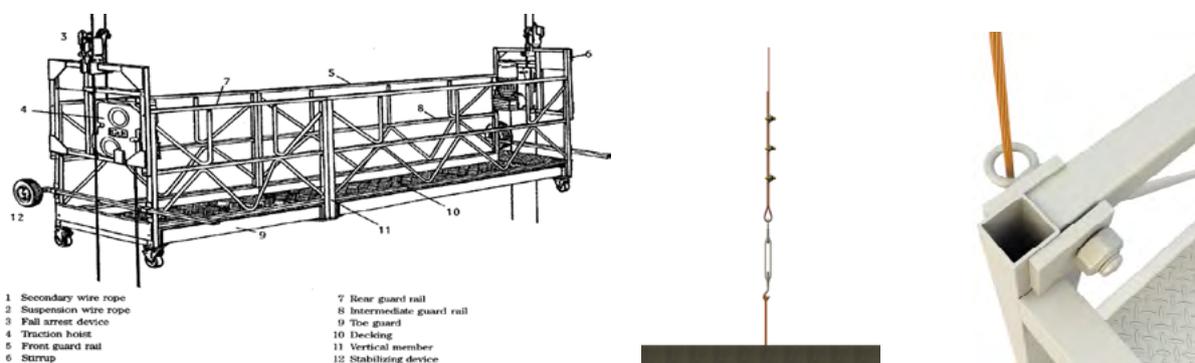


Figura 3-3-5. (a) Sistema de estabilización compuesto por ruedas que separan el andamio de la superficie de fachada; (b) Sistema de estabilización compuesto por cable de acero tensado

Fuentes: (a) Norma EM 1808 (BSI 1999); y (b) Jahú – Mills. Porto Alegre 2013.

Una recomendación general para el desarrollo de soluciones de cualquier requisito consiste en considerar cuatro dimensiones de las mismas:

- El proyecto de componentes de los SCPs y de las interacciones de estos con otros equipamientos de protección colectiva y sus componentes. Por ejemplo, el proyecto de barandilla de los andamios debe tener en cuenta las interfaces con los güinches de elevación y el piso de trabajo;
- El proyecto de elementos de la edificación que pueden facilitar el uso de SPCs. Por ejemplo, proyecto de vigas en la cubierta de las edificaciones visando la sustentación de los andamios (Figura 3-3-4(b));
- El proyecto de los procesos de montaje, desmontaje y mantenimiento de los SPCs;
- El proyecto de tareas productivas que requieren o usan los SPCs. Por ejemplo, el proyecto de la secuencia de ejecución de tareas de revestimiento de fachadas que, generalmente se realizan a partir de andamios.

De este modo, se sugiere que el proyecto de los SPCs, y los medios para atender el cumplimiento de los requisitos, no esté limitado a las protecciones físicas en sí, contemplando también, las interfaces de las mismas con el Proyecto de la edificación y con el proyecto de los procesos constructivos que hacen uso de los SPCs.

CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo demostramos que los principios de la disciplina de GR pueden contribuir para la evaluación de desempeño de SPCs en los lugares de obras de construcción. En particular, destacamos las siguientes soluciones:

- La recomendación de considerar la variedad de clientes de un producto, llevó al uso de múltiples fuentes de datos, tales como normas y entrevistas con profesionales de la construcción civil, para identificar los requisitos;
- La estructura de organización de las informaciones propuesta por la GR sirvió de base para el análisis del contenido de entrevistas y normas a medida en que las informaciones de interés eran más fácilmente inidentificables (por ejemplo, requisitos, indicadores, valores límite, entre otros);
- La aplicación de la GR al caso de los andamios suspendidos mecánicos demostró que los requisitos de un SPC van más allá de aquellos establecidos en las normas. De hecho, la GR ayudó en la recopilación de requisitos que aparecían en diversas fuentes. También cabe resaltar que los requisitos provenientes de otras fuentes, que no son las normas, estaban frecuentemente asociados a la eficiencia de los SPCs, la cual debe ser interpretada como indisociable de la Seguridad.

Teniendo en cuenta que la GR se mostro satisfactorio, se dará continuidad de su uso en el Proyecto de Investigación de manera más amplia de lo que se presenta en este capítulo, estando ya previstas las siguientes tareas:

- Identificación y análisis de requisitos de otros SPCs abordados en el Proyecto de Investigación;
- Validar y perfeccionar los requisitos e informaciones asociadas (por ejemplo, indicadores) por profesionales y especialistas en Seguridad en el Trabajo en la Construcción Civil, como proyectistas de SPCs y Auditores Fiscales de Trabajo;
- Jerarquización de los requisitos;
- Estimación del nivel de cumplimiento de requisitos por parte de los SPCs; identificando las soluciones más prometedoras existentes en el mercado, así como las oportunidades de mejora de las mismas;
- Desarrollo de recomendaciones de mejora en las normas existentes o el incremento de nuevas normas, de forma que hagan menos énfasis en la especificación de soluciones y más en la especificación de requisitos, valores límite y medios de evaluar el cumplimiento a los mismos.

Más allá de esto, también existe la necesidad de investigar la evolución del proceso de proyecto de los SPCs, teniendo como objetivo la identificación de los mejores momentos y mecanismos para integrar la GR al mismo, con lo que será posible reunir conocimientos de otras aéreas, involucrando especialistas, así como la participación y observación en diferentes campos de actuación, por ejemplo, pruebas de laboratorio, análisis de uso en las obras, *workshops* y reuniones con los diferentes intervinientes y clientes de los SPCs, que permitirán indagar más a fondo sobre las cuestiones específicas de los equipamientos.

REFERENCIAS

ABNT. (1990). "NBR 6494: segurança nos andaimes." Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. (2013). "NR-18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, Brasília, DF.

Bray, I. K. (2002). "An Introduction to Requirements Engineering." Pearson Education Limited, London.

BSI. (1999). "BS EN 1808: Safety Requirements on Suspended Access Equipment: design calculations, stability criteria, construction: tests." British Standards Institution, London.

Costella, M. (1999). "Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997." M.S. thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

Hollnagel, E. (2004). "Barriers and Accident Prevention." Ashgate, Aldershot.

Hollnagel, E. (2006). "Resilience Engineering: concepts and precepts." Ashgate, London.

- Huovila, P. (2005) "Organisation & Management." Technical Research Centre of Finland, VTT, Finland.
- Jahú – Mills (2013). "Segurança nos Andaimos Suspensos". Catálogo técnico. Porto Alegre, RS.
- Kodak, E. (1986). "Ergonomic Design for People at Work." John Wiley & Sons, New York, vol. 2.
- Kotonya, G., y Sommerville, I. (2000). "Requirements engineering: process and techniques." John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- MTE. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Rio Grande do Sul. (2010). "Embargo e interdição: instrumentos de preservação da vida e da saúde dos trabalhadores." Ministério do Trabalho e Emprego, Porto Alegre, RS.
- Pahl, G., y Beitz, W. (1995). "Engineering design: a systematic approach." Springer, London.
- Parviainen, P., Tihinen, M., y Van Solingen, R. (2005). "Requirements engineering: dealing with the complexity of Sociotechnical Systems Development." Maté, J. L., and Silva, A. *Requirements engineering for sociotechnical systems*, Information Science Publishing, Hershey, Cap. 2.
- Roughton, J., y Crutchfield, N. (2008). "Job Hazard Analysis: a guide for voluntary compliance and beyond." Elsevier, Burlington.
- Santana, V. S. (2011). Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 40, p. 1004-1012.
- Santos, C. F. R. G. (2013). "Diagnóstico de Sistemas de Proteção Coletiva em Canteiros de Obras na Região de São Carlos." M.S. thesis, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
- Saurin, T. A., y Guimarães, L. B. M. (2006). "Ergonomic assessment of suspended scaffolds." *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(3), 229-237.
- Slovic, P. (2001) "The Risk Game." *Journal of Hazardous Materials*, 86(1/3), 17-24.
- Sommerville, I. (2007). "Engenharia de Software." Wesley, São Paulo, SP.
- Whiteley, R. C. (1992). "A Empresa Totalmente Voltada para o Cliente." Campus, Rio de Janeiro, RJ.