**“NUEVA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS
LABORALES ADAPTADA A OBRAS DE EDIFICACIÓN:
NIVEL DE LA ACCIÓN PREVENTIVA”**

TESIS DOCTORAL

ANTONIO JOSÉ CARPIO DE LOS PINOS

2017

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE EDIFICACIÓN

TESIS DOCTORAL

**“NUEVA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS
LABORALES ADAPTADA A OBRAS DE EDIFICACIÓN: NIVEL DE LA
ACCIÓN PREVENTIVA”**

AUTOR:

ANTONIO JOSÉ CARPIO DE LOS PINOS

Máster en Innovación Tecnológica Para la Edificación

DIRECTORA DE TESIS:

MARÍA DE LA NIEVES GONZÁLEZ GARCÍA

D^{ra} por la Universidad Politécnica de Madrid

SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, DOCTORADO Y POSTGRADO

2017

TESIS DOCTORAL

**NUEVA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES
ADAPTADA A OBRAS DE EDIFICACIÓN: NIVEL DE LA ACCIÓN PREVENTIVA**

Autor:

Antonio José Carpio de los Pinos

Master en Innovación Tecnológica para la edificación

Directora

María de la Nieves González García

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día..... de..... de 2017.

- Presidente:

- Vocal:

- Vocal:

- Vocal:

- Secretario:

Acuerda otorgarle la calificación de:

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

Madrid, día..... de..... de 2017.

PRESENTACIÓN

Dedicatoria

Este trabajo implica el comienzo de mi realización profesional, en un mundo complejo y en un camino complejo. Soy consciente que cambiar va a suponer un arduo esfuerzo. Pero cuando se trata del derecho a la vida toda misión es pequeña.

A mi Padre, Pedro Jesús, que aprendí de él la valentía, la constancia y la equidad.

A mi Madre, Mari Carmen; tenacidad y coraje para emprender esta trayectoria.

A mi marido, Jose Luis; su paciencia y ayuda no tienen límites.

Agradecimientos

A Nieves González, Doctora por la UPM y Arquitecto Técnico, mi tutora del Máster y directora de la Tesis. Excelente. Su experiencia y preparación es mi aprendizaje. Con su apoyo haremos partícipes a los profesionales de sensibilización, concienciación y antelación preventiva en la actitud de la cultura de la seguridad y salud.

A Mamen, mi hermana, Doctora en Psicología; desde que conoció mis inquietudes en esta materia, me animó a emprender esta andadura. Su asesoramiento en esta materia ha sido extraordinario para hacer posible la incorporación de un parámetro psicosocial medible en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura.

A Pedro Antonio Beguería, Arquitecto Técnico y experto de la seguridad y salud; sensación y emoción al conocer a un excelente referente profesional de esta materia.

Hay muchas personas a las que debo agradecer su interés y ánimo desinteresado al instarme a comenzar este nuevo camino de desarrollo profesional: a mis profesores del curso pasarela, en especial a la Doctora María Segarra, de la UP de Cuenca; y a mis profesores del Máster, en especial al Doctor Alfonso Cobo.

A Mario Martínez, Máster en Innovación Tecnológica para la Edificación y Arquitecto. Su ánimo y apoyo prestados han sido muy valiosos.

A Alfonso Asperilla, Arquitecto y excelente profesional. Gracias a su interés ha sido posible el trabajo de campo.

A los Departamentos de Tecnología de la Edificación y de Construcciones Arquitectónicas y su Control de la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Politécnica de Madrid.

Al Presidente del Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Toledo, José Antonio de la Vega García y a la Secretaría Técnica María Eufemia Martínez.

Me emociona desarrollar y compartir mis inquietudes profesionales con el fin de evolucionar el entorno cultural de las obras de edificación.

El Autor: Antonio J. Carpio

Mi agradecimiento particular a todos los profesionales que con su participación han hecho posible el trabajo de campo:

Lucas Gilaranz Serrano

Justo Moreno Villarrubia

Alfonso Asperilla López

David Asperilla López

Ángel Esteban Toledo

Alejandro Cogolludo Ruano

Enrique Reinaldos Rodríguez

Jose Luis González Cepeda

Vicente Jiménez Pavón

Ramsés Medina Polo

Jesús Pérez Garrido

Nicolás Toledo Gómez

Miguel Moreno Martín

Javier García Rojas

Francisco Lajara Laserna

Sebastián Pozas de la Torre

Juan Valencia Guzmán

Manuel Figueroa Pozas

Raúl Lajara García

Mariano García Toledo

Juan Esteban del Cerro

RESUMEN

En el origen de la seguridad y salud en el trabajo los métodos de evaluación de riesgo consideraban con mayor interés las consecuencias negativas ocasionadas por lesiones y enfermedades frente a los resultados positivos motivados por la seguridad y la salud que eran conceptos bastante más abstractos. Posteriormente se analizaban de manera individual las técnicas de lucha contra el riesgo; con lo que se ofrecían procedimientos de prevención en seguridad en el trabajo, en higiene industrial, en ergonomía y en psicología muy complejos para su aplicación de manera conjunta. Actualmente, pese a la existencia de diversos métodos de evaluación de riesgos no se han encontrado herramientas que posibiliten la obtención de la valoración global de manera conjunta en una obra de edificación.

Existe la necesidad de establecer los parámetros que reflejen mejor la realidad del entorno de una obra, abarcando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología). Para ello se requiere incorporar la realidad de la documentación, la realidad constructiva y la realidad social como elementos fundamentales asociados a la ejecución de una obra.

Esta investigación parte del análisis crítico de varias metodologías de evaluación de riesgos y su aplicación en obras de edificación. Se ha extraído, en concreto, el concepto fundamental que identifica los métodos de evaluación del INSHT (con la tolerancia del riesgo), ANACT (la importancia del trabajo), RNUR (la satisfacción personal) y FINE (la justificación de la acción preventiva). Se han desarrollado los parámetros planteados por el método matemático de William T. Fine aplicando dichos conceptos y adaptándolos a cada uno de los entornos preventivos que engloban las diferentes fases de desarrollo de una obra de edificación (entornos documental, constructivo y social); con lo que se establecen las bases para un nuevo método matemático de evaluación de riesgos adaptado a las obras de edificación.

Este nuevo método se define como Nivel de la Acción Preventiva, y analiza qué cantidad de nivel de prevención se está desviando del planteamiento inicial determinando la cantidad de nivel de acción preventiva que se necesita incorporar al desarrollo de la obra para mejorar la influencia documental, la influencia constructiva y la influencia social. Abarcando los aspectos físicos y geométricos respecto a la complejidad constructiva y ubicación de la obra; los medios técnicos y de mano de obra aportados para la prevención; la exposición al riesgo de los trabajadores; el interés participativo en la prevención; y la percepción del trabajador por su estado de ánimo y el entorno que le rodea. Definiendo un nuevo concepto fundamental en base a la importancia de la participación en la prevención de todas las personas que participan en el proceso edificatorio.

ABSTRACT

At the beginning of Occupational Health and Safety (OSH), conventional methods for risks evaluation focused on the negative consequences of workplace injuries instead of the positive results owing to health and safety, which were more abstract concepts. Subsequently, individual analyses of techniques against workplace risks were carried on. These analyses provided some procedures for workplace hazard prevention, industrial hygiene, ergonomics or psycho-sociology which were hardly applied together. Nowadays, an overall evaluation tool for workplace hazard prevention on edification is still missing.

It is, therefore, necessary to establish parameters with which work environment could be properly described, including four techniques for combating risk (safety at work, industrial hygiene, ergonomics and psycho-sociology). For this purpose, the reality of documentation, constructive reality and social reality must be included as fundamental elements associated with the execution of a work.

This research is based on the critical analysis of several risk assessment methodologies and their application on building works. In particular, fundamental concepts are: identifying the methods of evaluation of the INSHT (with risk tolerance), ANACT (the importance of work), RNUR (personal satisfaction) and FINE (the justification of preventive action). The parameters proposed by the mathematical method of William T. Fine have been developed applying and adapting these concepts to each preventive environment which encompass the different phases of edification development (documentary, constructive and social environments). In this work, basics for a new mathematical method of risk assessment adapted to the building works is established.

This new method is called "Level of Preventive Action" and: a) analyses the deviation between the real prevention level and the desired one and b) determines the preventing actions required to be included to reduce such deviation in terms of documentary influence, constructive influence and social influence. The proposed method covers physical and geometric aspects regarding the edification complexity and location of the work; technical resources provided for prevention; exposure to workers' risk; interest on prevention; and worker's perception about his state and environment. Therefore, one of the main issues of this work is the worker participation on the prevention process.

OBJETIVO GENERAL

Con este estudio se propone un nuevo método de evaluación de riesgos adaptado a las obras de edificación y abarcando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología). Se pretende desarrollar una herramienta de trabajo útil y adaptada a los entornos del proceso de una edificación, para establecer los niveles de control puntual hacia la situación óptima de prevención. Así mismo, la aplicación de este nuevo modelo de evaluación podría constituir bases de proyectos de futuras investigaciones. Para ello, se plantean varios objetivos:

- Respecto a la fundamentación teórica, se pretende:
 - Conocer los antecedentes teóricos sobre seguridad y salud laboral, la siniestralidad y riesgos laborales.
 - Recabar los fundamentos legales sobre seguridad y salud, y su aplicación en la evaluación de riesgos en obras de construcción.
- Con referencia al diseño evaluativo, se plantea:
 - Compilar y analizar metodologías de evaluación de riesgos laborales;
 - Recopilar y esquematizar dichos métodos;
 - Seleccionar y justificar los más adecuados para la evaluación de riesgos laborales en obras de edificación.
 - Aplicar las metodologías seleccionadas a tres modelos de edificación: vivienda unifamiliar, rehabilitación y edificio.
 - Pormenorizar la evaluación para tres sistemas constructivos de alta siniestralidad laboral: estructuras, fachadas y cubiertas.
 - Analizar los apartados de la evaluación según diez riesgos laborales característicos de edificación.
- En relación al análisis evaluativo anterior:
 - Proponer un nuevo método de evaluación de riesgos, que sea a la vez más sintético y más completo que los empleados en este análisis.
- En base al establecimiento del procedimiento evaluativo:
 - Contemplar una evaluación continua de nuevas aportaciones al estado de cuestión y detectar carencias en los métodos de evaluación de riesgos más actuales.
 - Desarrollar una nueva fórmula que integre varios entornos de las etapas del proceso edificatorio, tales como los propios del proyecto de obra (documental), de la gestión de obra (constructivo) y el clima de seguridad (social). Y que, además, incorpore los distintos parámetros de medida de los riesgos laborales.

- Incluir los conceptos de “valor característico del riesgo” y la “percepción del entorno social” como nuevos elementos de trabajo.
 - Establecer el protocolo de implementación del nuevo método de evaluación.
- Respecto a la aplicación del nuevo método de evaluación:
 - Aplicar el procedimiento evaluativo en una obra real de edificación, en las diversas etapas de obra.
 - Determinar los criterios de recomendación para la mejora de la prevención, en base a los resultados obtenidos.
 - Discusión de los resultados a la luz de la fundamentación teórica.
 - Valoración del procedimiento de evaluación.
- Respecto a las implicaciones prácticas y de investigación:
 - Aplicación del método de evaluación a más obras reales.
 - Extensión del procedimiento a otros sistemas constructivos.
 - Realizar una aproximación de las futuras líneas de investigación, como son:
 - Ampliación a otras fases del proceso constructivo como son los movimientos de tierras, albañilerías, acabados, instalaciones,
 - Ampliación a la etapa de uso y mantenimiento de la edificación (entorno del ciclo de vida).
 - Desarrollo de una aplicación informática del método de evaluación.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	VII
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTOS.....	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XIII
OBJETIVO GENERAL.....	XV
ÍNDICE.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XXII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXIV
PREFACIO	XXVII
CAPÍTULO 1. ESTADO DE LA CUESTIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. EL RIESGO Y SU EVALUACIÓN.....	9
1.2.1. Antecedentes históricos de la seguridad y salud en el trabajo.....	10
1.2.1.1. Acontecimientos más destacados.....	11
1.2.2. Evolución de la normativa de construcción.....	14
1.2.3. El riesgo laboral.....	15
1.2.4. La siniestralidad laboral.....	17
1.2.5. Clasificación de los riesgos laborales	19
1.2.6. Evaluación de riesgos laborales en el control de la siniestralidad.....	22
1.2.7. Técnicas de lucha contra el riesgo	22
1.2.7.1. Técnicas de seguridad en el trabajo.....	23
1.2.7.2. Técnicas de higiene industrial.....	24
1.2.7.3. Técnicas de ergonomía.....	26
1.2.7.4. Técnicas de psicología.....	27
1.2.8. Fundamentos para la evaluación de la seguridad.....	29
1.2.8.1. Fundamentos legales.....	29
1.2.8.2. Fundamentos teóricos	30
1.2.8.3. Fundamentos metodológicos	31
1.2.8.3.1. Clasificación de las actividades de trabajo	31
1.2.8.3.2. Análisis de riesgos.....	32
1.2.8.3.3. Valoración de riesgos	32
1.2.8.3.4. Plan de control de riesgos	34
1.3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN DE EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	34
1.3.1. Régimen jurídico del proceso constructivo de la edificación	34

1.3.2. Responsabilidades por riesgos laborales en la edificación	36
1.3.3. Convenios con la Organización Internacional del Trabajo, OIT.....	37
1.3.4. Normativa comunitaria.....	39
1.3.5. Transposición de Metodología de evaluación de riesgos.....	41
1.3.5.1. Gran Bretaña	41
1.3.5.2. Alemania.....	42
1.3.5.3. Francia.....	43
1.3.5.4. Países miembros de la Unión Europea	44
1.3.5.5. España.....	44
1.3.6. El CTE y la Seguridad y Salud en las obras	46
1.3.7. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo	47
1.3.8. Occupational Safety And Health Administration, OSHA.....	47
1.3.9. Asociación Internacional de la Seguridad Social, ISSA	48
1.3.10. The National Institute for Occupational Safety and Health, (NIOSH).....	49
1.4. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	50
1.4.1. Métodos tradicionales de evaluación de riesgos.....	50
1.4.1.1. Método del INSHT	50
1.4.1.2. Método de ANACT	51
1.4.1.3. Método de FIABILIDAD HUMANA	53
1.4.1.3.1. Método para la Predicción del Error Humano. THERP	54
1.4.1.3.2. Método de Predicción y Reducción del Error humano. SHERPA.....	56
1.4.1.4. Método de perfiles de puesto. RNUR.....	58
1.4.1.5. Análisis mediante ARBOL DE FALLOS.....	59
1.4.1.6. Método LEST	62
1.4.1.7. Método de William T. FINE	64
1.4.1.8. Método del ANÁLISIS ERGONÓMICO del puesto de trabajo	67
1.4.1.9. Método de evaluación de FACTORES PSICOSOCIALES	69
1.4.1.9.1. Método para el riesgo del estar quemado (Burnout)	72
1.4.1.9.2. Método para el riesgo de acoso laboral (Moobing)	73
1.4.1.10. Programas informáticos de evaluación de riesgos	73
1.4.1.10.1. Programa On-Line de evaluación de riesgos OiRA.....	74
1.4.1.10.2. Programa Senmut Evaluación de Riesgos.....	74
1.4.2. Metodologías recientes de evaluación de riesgos.....	75
1.4.2.1. Metodología CONSRAT.....	75
1.4.2.2. Metodología QRAM	80
1.4.2.3. Metodología SyMAD-3 + SA	87

1.4.2.4. Metodología WONT	90
1.5.2.5. Metodología MIVES	94
1.4.2.6. Metodología CDEF	98
1.4.2.7. Metodología ORL-OC/PV	102
1.5. ÁMBITOS EN LA INVESTIGACIÓN DEL RIESGO EN EDIFICACIÓN.....	106
1.5.1. Ámbito general	106
1.5.1.1. El régimen jurídico del Arquitecto Técnico y Aparejador	106
1.5.1.2. El impacto de los costos de inversión de seguridad y salud	108
1.5.1.3. El riesgo en la industria de la construcción	112
1.5.2. Ámbito documental.....	115
1.5.2.1. Gestión de la prevención y evaluación de riesgos.....	115
1.5.2.2. Estudio sobre la integración de la prevención en proyectos.....	116
1.5.3. Ámbito constructivo	118
1.5.3.1. Organización de la seguridad en el proceso constructivo.....	118
1.5.3.2. Los trabajadores en las obras de construcción	118
1.5.4. Ámbito social.....	122
1.5.4.1. Seguridad basada en conductas mediante liderazgo en seguridad.....	122
1.5.4.2. Riesgos psicosociales en la construcción	123
1.5.5. Nuevos parámetros de observación	125
1.5.5.1. Antropología de la construcción	125
1.5.5.2. Felicidad y Productividad	126
1.5.5.3. Variables psicológicas de los accidentes	127
1.6. ENTREVISTAS CON EXPERTOS EN MATERIA DE PREVENCIÓN.....	129
1.6.1. D. Pedro-Antonio Beguería Latorre	129
1.6.1.1. Ponencia II Coloquio Europeo, Coordinación Seguridad y Salud	130
1.6.2. D. José Antonio Martínez Toledo.....	131
1.7. RESUMEN AL ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	132
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS.....	135
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	139
3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	139
3.1.1. Tipo de estudio.....	140
3.1.2. Diseño de la investigación.....	141
3.1.3. Población y muestra	142
3.1.4. Obtención de datos	144
3.1.5. Procesamiento de los datos	144
3.2. ANÁLISIS PRELIMINAR DE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN	145

3.2.1. Métodos de Evaluación de riesgos seleccionados.....	145
3.2.2. Edificaciones para el análisis preliminar	146
3.2.2.1. Caso 1, “Bargas”. Vivienda unifamiliar	146
3.2.2.2. Caso 2, “Callejón”. Rehabilitación de entorno urbano	148
3.2.2.3. Caso 3, “Colegio”. Colegio público	150
3.2.3. Selección de los sistemas constructivos.....	151
3.2.4. Selección de los riesgos a analizar	152
3.2.5. Aplicación de los métodos de evaluación	152
3.2.5.1. Aplicación práctica del Método de evaluación de riesgos INSHT	153
3.2.5.2. Aplicación práctica, Método de evaluación de riesgos ANACT	154
3.2.5.3. Aplicación práctica, Método de evaluación de riesgos RNUR	156
3.2.5.4. Aplicación práctica, Método de evaluación FINE.....	158
3.2.6. Análisis comparativo.....	160
3.2.6.1. Comparación de las metodologías de evaluación de riesgos	160
3.2.6.2. Análisis de los esquemas descriptivos sobre los resultados.....	162
3.2.6.3. Comparación de los cuatro métodos de evaluación de riesgos	170
3.2.7. Conclusiones sobre el análisis preliminar	171
3.2.7.1. Resumen del desarrollo investigador	171
3.2.7.2. Conclusiones al análisis preliminar	172
CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO	175
4.1. PROPUESTA DE NUEVO MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS	175
4.2. ENTORNOS DE PREVENCIÓN EN OBRAS DE EDIFICACIÓN	177
4.2.1. Etapas del proceso edificatorio y riesgos asociados.....	177
4.2.2. Los entornos de una obra.....	180
4.2.3. El método matemático de William T. Fine.....	183
4.2.4. Identificación de los parámetros preventivos	186
4.2.4.1. Parámetros básicos del riesgo	186
4.2.4.2. Parámetros documentales del riesgo	187
4.2.4.3. Parámetros constructivos del riesgo	188
4.2.4.4. Parámetros sociales del riesgo	189
4.2.5. Analogías con el método de William T. Fine	191
4.2.6. Parámetros del nuevo método de evaluación de riesgos.....	192
4.3. PROTOCOLO DEL NIVEL DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.....	195
4.3.1. Cuantificación del riesgo absoluto	196
4.3.2. Cuantificación de la Evaluación de la Acción Preventiva	201
4.3.2.1. Primera fase: El valor característico	202

4.3.2.1.1. Valor característico del riesgo relativo	203
4.3.2.1.2. Valor característico del riesgo frontera	207
4.3.2.1.3. Valor característico del grado de exposición.....	213
4.3.2.1.4. Valor característico de la capacidad económica	215
4.3.2.1.5. Valor característico del interés participativo.....	222
4.3.2.1.6. Valor característico del nivel de satisfacción.....	223
4.3.2.1.7. Procedimiento para la toma de datos a pie de obra.....	232
4.3.2.2. Segunda fase: La incidencia en el riesgo	237
4.3.2.3. Tercera fase: Bases de control de la acción preventiva	239
4.3.2.4. Fase cuarta: Criterios de recomendación.....	244
4.3.2.5. Fase quinta: Comprobación del progreso de los resultados	247
4.4. LA PARTICIPACIÓN	249
CAPÍTULO 5. APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS	251
5.1. ANTECEDENTES.....	251
5.1.1. Observaciones iniciales.....	251
5.1.2. Identificación de los agentes de la edificación	251
5.1.3. Identificación de la edificación	252
5.1.4. Análisis previo de la documentación.....	256
5.2. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MÉTODO	259
5.2.1. Toma de datos	259
5.3. RESULTADOS	268
5.3.1. Acción preventiva total de cada unidad de obra	268
5.3.2. Acción preventiva del riesgo de caída a distinto nivel.....	276
5.3.3. Acción preventiva del riesgo en los sistemas constructivos	277
5.3.4. Resultados de la evaluación técnica por unidad de obra	280
5.3.5. Resultados y análisis de la evaluación por técnicas de lucha	291
5.3.6. Resultados y análisis de la encuesta psicosocial - psicología.....	293
5.3.7. Resultados y análisis de la encuesta psicosocial - sociología.....	296
5.3.8. Nivel de acción preventiva y percepción del entorno	299
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	301
CAPÍTULO 7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	305
EPÍLOGO.....	307
BIBLIOGRAFÍA	309
ANEXO I	331
ANEXO II	353
ANEXO III	427

ANEXO IV	449
-----------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1 - Falta de seguridad en el trabajo.	24
Figura 1. 2 - Falta de higiene industrial en la obra de referencia.	25
Figura 1. 3 - Medidas ergonómicas erróneas.	27
Figura 1. 4 - Riesgos psicosociales por conflicto de intereses y presión social.....	28
Figura 1. 5 - Esquema de evaluación de riesgos por el insht.....	32
Figura 1. 6 - Algoritmo de análisis de sensibilidad de decisiones de atributos múltiples. .	90
Figura 1. 7 - Metodología red. Esquema de publicación de autores del método wont	92
Figura 1. 8 - Relación entre número de accidentes y grado de progreso de obra.	97
Figura 1. 9 - Representación del árbol de sucesos en cruz, de la metodología cdef.....	99
Figura 1. 10 - Prever, prevenir y proteger.	100
Figura 1. 11 - Esquema del método orl-oc/pv extraído de la tesis.	104
Figura 1. 12 - Rango del índice de seguridad laboral i_s . Orl-oc/pv.	106
Figura 1. 13 - Relación entre el número de accidentes y el grado de progreso de una obra.....	110
Figura 1. 14 - Esquema representativo de una gráfica tipo de valor acumulado.	111
Figura 1. 15 - Influencia de la seguridad en el proyecto a lo largo del desarrollo del mismo.	117

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 – Caso 1. Vivienda unifamiliar acabada en 2013.	147
Figura 3. 2 - Caso 2. Edificación terminada en 2011	149
Figura 3. 3- Esquemas del plan de seguridad y protección de calle.	150
Figura 3. 4 - Caso 3. Edificación acabada en 2012.	151

CAPÍTULO 5

Figura 5. 1 - Fotografía del solar para la toma de datos.	253
Figura 5. 2 - Distribución de la planta semisótano.	253
Figura 5. 3 - Distribución de la planta baja.....	254
Figura 5. 4 - Distribución de la planta alta.....	254
Figura 5. 5 - Alzados de la edificación. Principal y posterior.	255
Figura 5. 6 - Alzados de la edificación. Principal y posterior.	260

Figura 5. 7 - Gráfica de resultados totales.....	269
Figura 5. 8 - Gráfica de unidades con mayor porcentaje de acción preventiva.....	270
Figura 5. 9 - Gráfica resultados totales y número de trabajadores por unidad de obra. .	270
Figura 5. 10 - Gráfica de resultados totales y parámetro del riesgo relativo.	271
Figura 5. 11 - Gráfica de resultados totales y parámetro del riesgo frontera.....	272
Figura 5. 12 - Gráfica de resultados totales y parámetro del grado de exposición.....	273
Figura 5. 13 - Gráfica de resultados totales y parámetro de la capacidad económica. ..	274
Figura 5. 14 - Gráfica de resultados totales y parámetro del interés relativo.....	275
Figura 5. 15 - Gráfica de resultados totales y parámetro del nivel de satisfacción.....	276
Figura 5. 16 - Gráfica de resultados para el riesgo de caída a distinto nivel.	277
Figura 5. 17 - Sistemas constructivos que requieren mayor acción preventiva.....	278
Figura 5. 18 - Gráfica de resultados para el riesgo de caída a distinto nivel.	278
Figura 5. 19 - Esquema explicativo de la gráfica de resultados de la evaluación.....	281
Figura 5. 20 - Gráfica de resultados en las cuatro técnicas de lucha contra el riesgo....	292
Figura 5. 21 - Gráfica comparación estados de ánimo trabajadores y agentes.....	293
Figura 5. 22 - Gráfica comparación de energía de los trabajadores y agentes.	294
Figura 5. 23 - Gráfica comparación satisfacción personal trabajadores y agentes.	295
Figura 5. 24 - Gráfica comparación satisfacción laboral trabajadores y agentes.	296
Figura 5. 25 - Gráfica comparación percepción del entorno trabajadores y evaluador...	297
Figura 5. 26 - Gráfica comparación percepción del entorno agentes y evaluador.....	298
Figura 5. 27 - Porcentaje acción preventiva, percepción del entorno y congruencia.....	299

ANEXO IV

Figura A-IV. 1 - Secuencia del procedimiento de montaje de placas de forjado.	453
Figura A-IV. 2 - Secuencia de ejecución de muro de un pie de toско.....	453
Figura A-IV. 3 – Procedimiento de colocación de armadura de forjado.	453
Figura A-IV. 4 – Procedimiento para el comienzo de ejecución de tabiques palomeros.	453
Figura A-IV. 5 – Protecciones individuales en la ejecución de tabiques palomeros.	454
Figura A-IV. 6 – Protecciones colectivas en la ejecución de tabiques palomeros.	454
Figura A-IV. 7 – Seguridad individual y colectiva en montaje de armadura de muros....	454
Figura A-IV. 8 – Sistemas de prevención en montaje de armadura de cimientos.	454
Figura A-IV. 9 – Procedimiento de montaje de encofrados metálicos.....	455
Figura A-IV. 10 – Organización y orden en el montaje de encofrados de muros.	455
Figura A-IV. 11 – Riesgos de higiene industrial en el vertido de hormigón.	455
Figura A-IV. 12 - Ejecución de muro de un pie de toско.....	455

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1. 1 - Clasificación de los riesgos por el insht.	17
Tabla 1. 2 - Sistemas de prevención.	21
Tabla 1. 3 - Probabilidad y consecuencias del riesgo y acción prevista.....	33
Tabla 1. 4 - Proceso de gestión de la seguridad aplicado a proyectos.	48
Tabla 1. 5 - Esquema de evaluación general de riesgos.	51
Tabla 1. 6 - Método de evaluación de riesgos anact.....	53
Tabla 1. 7 – Método therp: technique for human error rate prediction.....	55
Tabla 1. 8 – Método sherpa: systematic human error reduction & prediction approach. ..	57
Tabla 1. 9 - Método de perfiles de puesto. Rnur.....	59
Tabla 1. 10 - Método de árbol de fallos.	62
Tabla 1. 11 - Esquema del método lest.	63
Tabla 1. 12 - Grado de severidad de las consecuencias. Método william t. Fine	65
Tabla 1. 13 - Clasificación y criterio de actuación de grado de peligrosidad. Método william fine.....	65
Tabla 1. 14 - Interpretación del factor de justificación. Método de william t. Fine.	66
Tabla 1. 15 - Método de evaluación de riesgos fine.....	67
Tabla 1. 16 - Método del análisis ergonómico del puesto de trabajo.....	69
Tabla 1. 17 - Riesgo según el percentil. Factores psicosociales.....	71
Tabla 1. 18 - Ejemplo de una tabla de perfil valorativo.	71
Tabla 1. 19 - Esquema de la metodología de consrat (elaboración propia).	77
Tabla 1. 20 - Esquema de la metodología de qram (elaboración propia).....	85
Tabla 1. 21 - Continuación - esquema de la metodología de qram (elaboración propia)..	86
Tabla 1. 22 - Gráficos del valor acumulado de dos obras representativas. (elaboración propia).....	95
Tabla 1. 23 - Factores de probabilidad y daño para la generación de las matrices de cálculo.....	101
Tabla 1. 24 - Gráficos del valor acumulado de dos obras representativas. (elaboración propia).....	112

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1 - Esquema de tabla de evaluación insht, (elaboración propia).	153
Tabla 3. 2 – Código de colores.....	154
Tabla 3. 3 - Resumen de los resultados de la evaluación insht.	154
Tabla 3. 4 - Esquema tipo de evaluación de riesgos anact, (elaboración propia).....	155

Tabla 3. 5 - Resultados final de la valoración con el método anact.	156
Tabla 3. 6 - Código de color para las tablas de anact.	156
Tabla 3. 7 - Esquema tipo de metodología de evaluación de riesgos rnur.	157
Tabla 3. 8 - Resultado finales de evaluación del método rnur.	157
Tabla 3. 9 - Código de color para las tablas de rnur.	158
Tabla 3. 10 - Esquema tipo de evaluación del método fine.	158
Tabla 3. 11 - Resultados de la evaluación final del método fine.	159
Tabla 3. 12 - Código de color para el método fine.	159
Tabla 3. 13 - Cantidad de riesgo y líneas de tendencia del riesgo.	165
Tabla 3. 14 - Espectro de riesgos para las metodologías de evaluación.	165
Tabla 3. 15 - Porcentaje de métodos en cada nivel de riesgo	167
Tabla 3. 16 - Porcentaje de métodos en cada nivel de riesgo	168
Tabla 3. 17 - Gráfica de riesgos característicos de cada obra.	170
Tabla 3. 18 – Espectro de riesgos característicos, metodologías y técnicas de lucha. ..	171

CAPÍTULO 4

Tabla 4. 1 - Grado de severidad de las consecuencias. Método william t. Fine.	184
Tabla 4. 2 – Acción frente al riesgo por grado de peligrosidad. Método william t. Fine. .	184
Tabla 4. 3 - Interpretación del factor de justificación. Método de william t. Fine.	185
Tabla 4. 4 – Valores cualitativos de la estimación del riesgo por el insht.	196
Tabla 4. 5 - Estimación del riesgo. Valores cuantitativos, (elaboración propia).	199
Tabla 4. 6 - Ejemplo de valor característico en el riesgo relativo.	207
Tabla 4. 7 - Ejemplo de valor característico en el riesgo frontera	212
Tabla 4. 8 - Ejemplo de valor característico en el riesgo frontera	213
Tabla 4. 9 - Ejemplo de valor característico en el riesgo frontera	215
Tabla 4. 10 - Ejemplo de valor característico en la capacidad económica.	221
Tabla 4. 11 - Ejemplo de valor característico en la importancia relativa.	223
Tabla 4. 13 - Análisis de evaluación de la incidencia del riesgo.	239
Tabla 4. 14 - Factor de escala y nivel de exigencia de la evaluación.	241
Tabla 4. 15 - Nivel de acción requerido para cada riesgo, técnica de lucha y total.	244

CAPÍTULO 5

Tabla 5. 1 - Evaluación de riesgos del plan de seguridad y salud y cuantificación.	257
Tabla 5. 2 - Evaluación de riesgos del plan de seguridad y salud y cuantificación.	258
Tabla 5. 3 – Datos identificativos en tabla de datos técnicos.	260
Tabla 5. 4 – Resultados de la evaluación de cada unidad de obra.	291

PREFACIO

A partir del año 2003, la Asamblea General de las Naciones Unidas celebra, el 28 de abril, el Día Mundial de la Seguridad y la Salud en el Trabajo, en homenaje a las víctimas por los accidentes y las enfermedades derivadas del trabajo. Promoviendo la motivación social y política para concienciar a la población en la necesidad del trabajo seguro y saludable.

Este trabajo pretende contribuir en el derecho que nos asiste como colectivo, como individuos, partiendo desde la temática particular de la seguridad y la salud laboral en el ámbito de las obras de edificación y llegando hasta la definición trascendental del concepto: Seguridad y Salud.

“Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona.¹”

Son muy significativos los cambios que se prevén para la población de los próximos años, siendo necesaria una reconversión profunda de los conceptos básicos del desarrollo urbano: el entorno social y el entorno sostenible. Varios son los principios de la construcción sostenible, en la implicación de todos los agentes que responden de la edificación para la mejora del entorno construido, para la reducción del impacto medioambiental y para la estimulación de la investigación. De estos principios se hace uso primordial de la responsabilidad moral, de la implicación de los agentes, y de la precaución y prevención del riesgo (García, 2012). A su vez, es fundamental establecer la ampliación de nuevos criterios en el estudio del riesgo con los factores sociales debido a la incertidumbre que genera el comportamiento humano. Aprender a observar a las personas en sus puestos de trabajo es una actividad preventiva esencial para poder identificar actos inseguros o deficientes. Adaptar las condiciones del trabajo a métodos sostenibles, obliga a nuevos sistemas de evaluación en materia de prevención de los accidentes.

¹ Artículo 3, Declaración Universal de Derechos Humanos. ONU.

CAPÍTULO 1. ESTADO DE LA CUESTIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes profesionales constituyen un gran inconveniente tanto en el ámbito económico como social y constituyen un menoscabo económico permanente para las empresas, administraciones, trabajadores y la sociedad en general (Haslam et al, 2005; Silva, Araújo, Costa & Meliá, 2013; Suárez, Rubio & López, 2014). Resulta necesaria una mayor implicación de todos los agentes, particularmente, los que componen el sector de la industria de la construcción; que ha tenido siempre una alta tasa de accidentes de trabajo (Koh & Jeyaratnam, 1998; Chau et al, 2002; Chia-Fen, Tin-Chang & Hsin-I, 2005; Camino, Ritzel, Fontaneda & González, 2008; Adam, Pallarés & Calderón, 2009; Aneziris, Topali, Papazoglou, 2012; Abbas, Zalat & Ghareeb, 2013; Itasca, 2015; Segarra, Villena, González, Romero y Rodríguez, 2017). Aunque las estadísticas han mejorado gradualmente durante los últimos años (Haslam et al, 2005; European Commission, 2009; Cawley & Brenner, 2012; López, Rubio & Gibb, 2012; Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2015), la industria de la construcción todavía tiene una tasa de incidencia decepcionante (INSHT, 2017), con enormes costos directos e indirectos (Bobick, 2004; Waehrer, Dong, Miller, Haile & Men, 2007). En Europa, al igual que en otras partes del mundo, la reducción de la siniestralidad laboral es una prioridad social primordial e inmediata y, en consecuencia, la prevención de accidentes y la gestión del riesgo es un tema crucial dentro de la industria de la construcción (Martínez, Rubio & Gibb, 2010).

Las especiales circunstancias que se dan para la elevada siniestralidad que se produce en el sector de la industria de la construcción frente al resto de sectores como son el agrario, el industrial y el de servicios, son significativas. Las diferentes tipologías de empresa y de los puestos de trabajo generan gran cantidad de subcontratación y situaciones de temporalidad en la contratación del personal de obra (Hermanus, 2007). Se añaden circunstancias como el bajo nivel educativo de los trabajadores, la falta de

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

formación profesional en los oficios que participan en el desarrollo de la obra, la evidente falta de cultura preventiva a todos los niveles, los problemas internos de comunicación (Fung, Tam, T.Y. & Lu, 2010), la complejidad organizativa debida a los continuos cambios naturales propios del ambiente de trabajo (Ringén, Englund, Welch & Seegal, 1995), así como el hecho de que cada proyecto de construcción es de naturaleza única (Tam, Zeng & Deng, 2004) y en múltiples ocasiones la participación de un alto número de trabajadores inmigrantes. Estos trabajadores inmigrantes no están, en muchas ocasiones, familiarizados con el sector de la construcción en el que han sido integrados, ni con las características de los materiales, ni con los métodos y sistemas constructivos empleados, y a menudo, ni siquiera pueden hablar el idioma local (Martínez, Rubio & Gibb, 2010). Las circunstancias “especiales” de este ambiente de trabajo requieren un análisis detallado de los diferentes riesgos a los que están expuestos los trabajadores de la construcción (Rozenfeld, Sacks, Rosenfeld & Baun, 2010). Una técnica apropiada para realizar este análisis puede ser la evaluación de riesgos, de forma que facilite una información útil y necesaria que podría dirigir hacia una reducción de los accidentes de trabajo (Dong, Vaughan, Sullivan & Fletcher, 1995; Chau et al, 2004; Hatipkarasulu, 2010).

La seguridad y salud en el trabajo es por tanto una inquietud importante para muchos países y la forma más acertada de mejorarla es a través de las características legislativas, la reglamentación, las normas y las pautas de seguridad, mediante la recopilación de las mejores prácticas, con las estadísticas de los accidentes, con las investigaciones e inspecciones, el análisis de los sistemas de gestión de la seguridad y el comportamiento personal (Aneziris, Papazoglou & Kallianiotis, 2010; Aneziris, Topali & Papazoglou, 2012). Para luchar contra los accidentes laborales la normativa indica que hay que integrar la prevención de riesgos en todas las fases de actuación empresarial (BOE, nº: 269, 1995). Para ello se requiere la implantación de un plan de prevención de riesgos laborales que emplee como instrumento la evaluación de riesgos, para, a partir de ésta, realizar la planificación preventiva dentro de la empresa y poder luchar contra la aparición de accidentes de trabajo.

Para poder realizar una evaluación de los riesgos en el sector de la construcción se debe abarcar todas las fases de construcción de un edificio, desde la propia concepción del proyecto hasta la fase final de entrega del mismo y el posterior uso y mantenimiento. Se trata de una actividad dinámica (Bobick, 2004) y complicada donde se hallan una sucesión de diferentes fases de obra, donde van entrando y saliendo paulatinamente los oficios que participan del proceso constructivo, las características del tipo de tareas que desarrollan, la exposición a las diversas condiciones climáticas a lo largo de la jornada laboral, el manejo de los diferentes materiales que se requieren para cada oficio, las diferentes categorías de maquinaria por su peso y tipo de movimientos, la utilización de medios auxiliares indispensables para la correcta ejecución de la unidad de obra, la altura en la que se desarrolla el trabajo, gran cantidad de trabajadores no cualificados y

con contratos temporales, etc. (Rozenfeld, Sacks, Rosenfeld & Baun, 2010). Además, es imprescindible establecer las condiciones correctas de organización y coordinación de las diferentes empresas contratistas que actúan de manera individual o interdependiente de otras que ya han comenzado o finalizado su trabajo, junto con la combinación de los diferentes procedimientos que pueden dar lugar a un mayor riesgo de lesión (Pinto, Nunes & Ribeiro, 2011). Durante todo el desarrollo de la obra juega un papel fundamental el establecimiento de la seguridad de la obra, ya que los riesgos son muy variados y van modificándose en función del progreso de la misma. El análisis y la correcta gestión de los riesgos en la industria de la construcción dependen principalmente de la intuición, el juicio y la experiencia. Es por ello que se hace necesaria una metodología de evaluación de riesgos para obras de edificación más concreta y adaptada a estas circunstancias.

Una cuestión de especial interés parte con la consideración de la prevención desde la etapa inicial de proyecto (Lorent, 1989; Haslam et al, 2005; Behm, 2005); Gangoellis, Casals, Forcada, Roca & Fuertes, 2010). Las investigaciones anteriores ponen de manifiesto que existe la relación entre unas buenas condiciones de seguridad en una obra respecto al diseño proyectado del edificio, y que la consideración de la seguridad desde la fase de diseño es una técnica efectiva para reducir o eliminar las situaciones de riesgo. Sin embargo la disminución y supresión de riesgos es una tarea pluridisciplinar que requiere la participación de todos los agentes que intervienen en la obra (Gambatase, Behm & Rajendran, 2008).

La evaluación de riesgos se define de manera generalizada como el desarrollo de un proceso que consiste en la aplicación de tres fases diferentes: la identificación de los riesgos, estimación de los riesgos y evaluación de los riesgos. Estas fases se consideran el punto de partida para el desarrollo de las diferentes metodologías de evaluación de riesgos (Duijin, 2008). Tixier (Tixier, Dusserrea, Salvib & Gastonb, 2002), indica que por lo general quedan identificadas tres fases fundamentales a la hora de desarrollar un estudio de evaluación de riesgos laborales:

- Fase 1: Identificación de los peligros potenciales.
- Fase 2: Evaluación de los riesgos, cuyo objetivo es cuantificar el riesgo. Se puede realizar con un enfoque determinista, probabilista o una combinación de ambos. Los métodos probabilistas se basan en la frecuencia de la aparición de situaciones peligrosas o de accidentes.
- Fase 3: Jerarquización.

Los diferentes métodos de evaluación de riesgos se pueden clasificar desde los que emplean un desarrollo más simple o, incluso, los que se desarrollan en un solo paso, hasta los métodos más complicados, que contienen los tres pasos anteriormente descritos. Sus datos de salida pueden ser cualitativos, en base a recomendaciones

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

textuales o, cuantitativos definidos mediante un índice del nivel de riesgo (Pinto, Nunes & Ribeiro, 2011).

La evaluación de riesgos permite la identificación de los factores de riesgo, su valoración y priorización (Conte, Rubio, García & Cano, 2011), a partir de la cual se proceden a establecer los mecanismos para determinar y controlar los riesgos. La finalidad de una evaluación de riesgos consiste en establecer si el nivel de riesgo derivado de las actividades laborales de los trabajadores es aceptable o, en caso contrario, hay que tomar medidas para controlar y disminuir el riesgo (Gadd, Keeley & Balmforth, 2004). Para ello, se analiza la probabilidad de que se produzca un daño a un trabajador en base a la exposición frente al peligro. En esta línea Jannadi y Almishari desarrollaron un estudio sobre la evaluación de riesgo de las principales actividades de construcción, definiendo el riesgo como una medida de la probabilidad, la gravedad y la exposición a los peligros de una actividad (Jannadi & Almishari, 2003). Y es el mismo enfoque que adoptaron Barandan y Usmen en su estudio sobre 16 oficios de la construcción (Barandan & Usmen, 2006). Se basaron en que el riesgo estaba definido por el producto de la probabilidad (frecuencia) y la gravedad. Además, observaron que la consideración simultánea de la frecuencia y la gravedad daba resultados más profundos que la elaboración de los análisis de riesgos basados únicamente en la frecuencia o en la gravedad.

Según el criterio que determinó Williams, el riesgo depende de dos factores; de la probabilidad de que ocurra y del impacto que se cuantifica como las consecuencias sobre el trabajador y su entorno (Williams, 1993). Lo anterior se describe matemáticamente [1] como,

$$R = P \cdot I \quad [1]$$

Donde R es el nivel de riesgo dentro del intervalo $[0,1]$, P es la probabilidad de que ocurra, dentro de $[0,1]$ e I es el impacto del riesgo, dentro de $[0,1]$. En base al análisis de la ecuación anterior se determina que el nivel de riesgo es cercano a 0 cuando su impacto es muy pequeño o su probabilidad de ocurrencia muy baja. Sin embargo, cuando un riesgo tiene una probabilidad de ocurrencia y un alto impacto, su nivel de riesgo se aproxima a 1.

A partir de otras consideraciones, Faber y Stewart definen el mismo concepto en el riesgo técnico [2], como las consecuencias esperadas asociadas a una actividad determinada (Faber & Stewart, 2003). Teniendo en cuenta una actividad con un solo evento, el riesgo R es, la probabilidad de que este evento ocurra P , multiplicado por las consecuencias, C . Es decir:

$$R = P \cdot C \quad [2]$$

Existen dos maneras principales de obtener la probabilidad de ocurrencia de un riesgo: mediante un análisis subjetivo y un análisis objetivo². El análisis subjetivo se basa en la estimación directa de la probabilidad de ocurrencia de un riesgo y requiere un alto nivel de experiencia. El análisis objetivo necesita datos históricos para poder realizar la evaluación que en algunos casos no es viable para todos los riesgos debido a la falta de información (Zhi, 1995).

Los estudios en la prevención de los riesgos son muy diversos y, actualmente, abarcan enfoques más amplios. No sólo desde los conceptos básicos de los parámetros de la probabilidad y las consecuencias; y la frecuencia y grado de exposición al riesgo. Sino que se extiende el análisis preventivo a parámetros técnicos de diseño durante las fases de desarrollo inicial de una edificación y en la fase de desarrollo productivo. También abarca el análisis de los procedimientos constructivos en los diferentes tipos de materiales, medios auxiliares, maquinaria, sistemas preventivos de seguridad y en la formación de seguridad de los trabajadores. Llegando hasta las relaciones personales, roles de comportamiento, clima de seguridad y comportamientos seguros. Siendo un objetivo esencial establecer las bases para definir un modelo que reúna todas las posibilidades de análisis en el ámbito de las obras de construcción.

Dentro del ámbito constructivo, la cuantificación de las consecuencias del riesgo es una tarea muy compleja debido a que un mismo accidente puede producir bastantes y diferentes consecuencias, además de que puedan existir distintas valoraciones para evaluar la severidad de un mismo daño (Pinto, Nunes & Ribeiro, 2011). Así pues, el análisis del transcurso completo de una edificación comienza por los planteamientos iniciales de los proyectistas en el documento del proyecto de ejecución de obras, pasando por las necesidades del constructor y del promotor, y terminando por los comportamientos de los propios trabajadores. Larsson y Field estudiaron los riesgos de caída en altura en los diferentes oficios y diferentes escenarios que se requieren en el

² Subjetivo: es una declaración que ha sido delineada por el carácter del hablante o escritor. A menudo tiene una base en la realidad, pero que refleja la perspectiva a través de puntos de vista del autor. No se puede verificar utilizando datos y cifras concretas. Opiniones, interpretaciones, y cualquier tipo de presentación de marketing son subjetivos.

Objetivo: es una afirmación que es totalmente imparcial. No es tocado por experiencias anteriores o gustos del orador. Es verificable por buscar datos o realizar cálculos matemáticos. Hechos científicos son objetivos, como son las pruebas matemáticas, básicamente cualquier cosa que pueda ser respaldada con datos sólidos. (página visitada el 30/03/2017).

<http://www.diferenciaentre.net/diferencia-entre-objetivo-y-subjetivo/>

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

proceso constructivo, considerando como base que la prevención se tiene que desarrollar en el ámbito del diseño, en las soluciones constructivas previas, en la planificación de las tareas y en el control de las mismas (Larsson & Field, 2002). A su vez Forteza, Sesé y Carretero establecieron la necesidad de recabar información desde diferentes enfoques debido a las especiales características del proceso constructivo. Dicha información se toma a partir de las características propias de la obra, documentación, condiciones del entorno, protecciones, maquinaria, etc., realizando un análisis previo antes de que pueda suceder el accidente, anticipándose al mismo (Forteza, Sesé & Carretero-Gómez, 2016). Incluso, también, indican la falta de información generalizada sobre los entornos de obra. En dicho método se informa del entorno de una obra de edificación en base a los agentes, sus funciones, tipología de obra y fases de obra; con la consiguiente valoración de las condiciones generales de seguridad, del tajo, de las protecciones y de los medios. Todo ello facilita la priorización en intervenciones generales o puntuales.

Dentro del ámbito del clima de seguridad y de los comportamientos seguros, Gillen evaluó la percepción del daño en los trabajadores de la construcción respecto al clima de seguridad en el lugar del trabajo, demanda psicológica en el trabajo, la libertad de decisión y el apoyo de los compañeros; elogiando el comportamiento seguro y el trabajo seguro de una manera culturalmente aceptable (Gillen, Baltz, Gassel, Kirsch & Vaccaro, 2002). También, en la misma línea, Mohamed indica que está ampliamente aceptado que el comportamiento inseguro está íntimamente combinado a los accidentes de trabajo. Existiendo una correlación positiva entre el comportamiento seguro de los trabajadores y el clima de seguridad en zonas de construcción. Por lo que la actitud de los trabajadores de la construcción hacia la seguridad está influenciada por sus percepciones del riesgo, la gestión, los roles seguros y los procedimientos de trabajo (Mohamed, Ali & Tam, 2009).

Abarcando los diferentes ámbitos mencionados, hay metodologías de evaluación de riesgos que han aumentado los parámetros de observación en la exploración de su idoneidad de aplicación para obras de edificación. Así, Forteza en su metodología de Herramienta global para la evaluación de obras de construcción³, recabó información sobre la estructura de la obra, su medio, el entorno, el desarrollo físico, los agentes y la tipología de obra; para identificar y valorar los riesgos, las barreras y los medios (Forteza, Sesé & Carretero-Gómez, 2016). También, Pinto establece los criterios de su metodología QRAM⁴ en el Árbol de Sucesos sobre los que se analizan determinados

³ Metodología de evaluación de riesgos CONSRAT, cuyas siglas identifican los términos ingleses: "Construction sites risk assessment tool".

⁴ Metodología de evaluación de riesgos QRAM, cuyas siglas identifican los términos ingleses: "Qualitative Occupational Risk Assessment model".

riesgos característicos de las obras de construcción a partir de cuatro dimensiones de observación: Clima de seguridad, Factores de severidad en cuanto a las consecuencias, Factores de posibilidad en cuanto a la probabilidad y Barreras de seguridad en cuanto a los medios de seguridad (Pinto, Nunes & Ribeiro, 2011). Añadida a su fórmula está el parámetro difuso basado en la teoría de conjuntos difusos (Zadeh, 1996). Por otro lado Juan Reyes unificó criterios en la jerarquía de la toma de decisiones y evaluaron las consecuencias de las modificaciones que se pueden plantear sobre el ciclo de vida de la edificación; desde la fase de diseño hasta la reintegración (Reyes, San José, Cuadrad & Sancibrián, 2014). Sousa analizó los accidentes en obras en la industria de la construcción, y determinaron que una correcta definición del proyecto con unas medidas adecuadas en la planificación y organización de la obra, puede minimizar en más del 60% los accidentes, haciendo hincapié en la necesidad de gestionar la seguridad y salud durante el ciclo de vida de la edificación: diseño, ejecución y uso (Sousa, Almeida & Dias, 2014). Finalmente, Salanova establece la importancia del estudio de los factores psicosociales y ergonómicos, ya que, generalmente, las evaluaciones de riesgo en la construcción consideran los aspectos físicos, técnicos y de dirección, siendo el exceso de confianza y las posturas forzadas las principales causas de los accidentes en la construcción (Salanova, Gracia & Lorente, 2005).

La siniestralidad laboral en la industria de la construcción, demanda el análisis de los riesgos desde un punto de vista de entorno integral (Úbeda, 2002; Oliveira, 2010; Claudino, 2012). Las metodologías de evaluación, tanto las diseñadas para el sector de la industria como las diseñadas, últimamente, para el sector de la construcción, determinan diferentes y variados criterios de observación y análisis según las características de los puestos de trabajo y los enfoques característicos de las propias metodologías. Buscando la identificación de los peligros, la evaluación y cuantificación del riesgo, y su clasificación. Todas y cada una de las metodologías aplican los parámetros y los sistemas de protocolización que mejor se adaptan para el objetivo buscado. Abarcando, en mayor o menor medida, cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo: la seguridad en el trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología.

En el origen de la seguridad y salud en el trabajo las metodologías de evaluación de riesgo consideraban más los resultados negativos (lesiones y enfermedades) frente a los resultados positivos (seguridad y salud) que eran conceptos bastante más abstractos (Molina, 2006). Se analizaban de manera individual las técnicas de lucha contra el riesgo; con lo que se ofrecían procedimientos de prevención en seguridad en el trabajo, en higiene industrial, en ergonomía y en psicología muy complejos para su aplicación de manera conjunta. Pese a la existencia de diversos sistemas de evaluación de riesgos no se han encontrado herramientas que posibiliten la obtención de la valoración global de una obra de construcción en su conjunto (Forteza, Sesé & Carretero, 2015). No obstante, son muchas las investigaciones que incorporan el clima

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

de seguridad por la incertidumbre que genera el comportamiento humano en la prevención del riesgo (Emre & Mungen, 2009), siendo necesaria la evaluación del riesgo desde los aspectos conjuntos de la seguridad en el trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología (Mohamed, Ali & Tam, 2009). Para luchar contra los accidentes laborales es preceptivo integrar la prevención de riesgos en todas las fases de actuación empresarial (BOE, nº: 269, 1995), implantando un plan de prevención de riesgos laborales que emplea como herramienta la evaluación de riesgos (Takala, 2009), para realizar la planificación preventiva y poder luchar contra los accidentes de trabajo. Como factores clave de los accidentes se han identificado y medido la cantidad de causas asociadas a los accidentes de trabajo. Así se tienen los problemas derivados de los trabajadores o el equipo de trabajo (70% de los accidentes), problemas en el lugar de trabajo (49%), las deficiencias de los equipos (incluyendo los equipos de protección personal) (56%), problemas con la idoneidad y condición de los materiales (27%), y deficiencias en la gestión de riesgos (84%). Es imprescindible enfocar la seguridad y la salud fuera de los roles burocráticos y económicos, siendo necesaria una mayor implicación de todos los agentes que componen la construcción (Haslam et al, 2005).

Esta investigación parte del análisis crítico de varias metodologías de evaluación de riesgos y su aplicación en obras de edificación. Existe la necesidad de establecer los parámetros que reflejen mejor la realidad del entorno de una obra, abarcando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología) y en base a la tolerancia del riesgo; añadiendo el factor de la realidad constructiva, los riesgos asociados a la complejidad de las unidades de obra, su ubicación e interdependencia (Lyons & Skitmore, 2004); el factor de respuesta económica del contratista con la ejecución directa de los sistemas constructivos y medios de prevención; y el factor social con el interés, la participación y el estado de ánimo de los trabajadores (Martínez, Rubio & Gibb, 2010). Abarcando estos factores el entorno documental (Zhi, 1995), el entorno constructivo (Haslam et al, 2005) y el entorno social (Mohamed, Ali & Tam, 2009) como elementos fundamentales asociados a la ejecución de una obra.

La dificultad y características del entorno constructivo de la obra establecen un valor directamente proporcional de complejidad que afecta a las directrices iniciales establecidas en el entorno documental. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas de prevención, la actividad social, los roles, las jerarquías y el estrés laboral añaden parámetros evaluables en el entorno constructivo (Neal, Griffin & Hart, 2000).

Este estudio analiza el riesgo de una obra añadiendo el factor de la realidad documental, constructiva y social. Dichos riesgos se corresponden con el factor de la complejidad de las unidades de obra y su ubicación e interdependencia; con el factor de la ejecución directa de los sistemas constructivos y medios de prevención; y con el factor social de la percepción del entorno y el estado de ánimo de los trabajadores. En segundo lugar,

se han establecido los criterios de evaluación del nivel de la acción preventiva, como nuevo método de evaluación adaptado a obras de edificación, en base al desarrollo de la fórmula de evaluación de William T. Fine y extrayendo los conceptos fundamentales que identifican los métodos de evaluación del INSHT (con la tolerancia del riesgo), ANACT (la importancia del trabajo), RNUR (la satisfacción personal) y FINE (la justificación de la acción preventiva). Finalmente, se ha protocolizado el nuevo método en cinco fases a partir de la observación técnica y de la toma de datos respecto a los medios de seguridad, higiénicos y ergonómicos; con una encuesta psicosocial a pie de obra. La dimensión determinante de la efectividad de los procedimientos preventivos, hacia el control óptimo de la acción preventiva, se manifiesta con la participación directa de los trabajadores y agentes de obra en cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo.

1.2. EL RIESGO Y SU EVALUACIÓN

El concepto de seguridad y salud en una obra de edificación juega un papel fundamental para el desarrollo de la misma, en cada una de las fases que desarrolla su esquema (Castellano, 2008), desde los momentos iniciales con el interés de una promoción pública o privada, pasando por los análisis económico-constructivos, definición de las geometrías, aplicación de las normas, contrataciones de los agentes, ejecución constructiva, adaptación de la geometría proyectada a la realidad, controles de ejecución, documentación del edificio, entrega de lo construido, uso del bien inmueble, mantenimiento y responsabilidades. La seguridad y la salud de cada uno de los agentes que intervienen en cada una de las fases anteriores (Haslam et al, 2005) debe y tiene que primar de una manera efectiva y natural.

El desarrollo urbano implica que las personas que se integran y forman parte de él, se desarrollen de la misma manera y en consonancia a la evolución social, técnica y matemática. El sector de la edificación ha implicado un impulso determinante en la evolución del ser humano (Magrinyá, 2002). Y en esta constante evolución de los sistemas constructivos, siempre han sucedido accidentes que han culminado con la modificación y adaptación de estos sistemas para conseguir que los trabajadores realizasen la labor de una forma más productiva y segura (Monjo-Carrió, 2007).

Desde que se tienen observaciones históricas respecto a la temática en seguridad y salud laboral, y cómo se han ido desarrollando a lo largo del tiempo; ha habido una materia constante en el proceso de salvaguardar la vida de los trabajadores: la observación de la ejecución constructiva, analizando las circunstancias que acaecían para la motivación de un accidente y los daños físicos que sufrían los trabajadores. Esta observación conseguía cambiar la manera de trabajar y de hacer que el entorno fuera más seguro.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Actualmente, y consensado a nivel internacional, con el sistema de evaluación de riesgos se ha conseguido desarrollar e implantar una industria⁵ que trabaja de manera paralela allí donde existe un trabajador y un entorno de trabajo, recabando información sobre los riesgos que pueden llegar a ser dañinos en menor o mayor medida.

Todos los países que tienen algún tipo de desarrollo cultural y social, incorporan en las empresas, de manera próspera, los conceptos esenciales para una evaluación de los riesgos laborales: observación y toma de datos, valorización cualitativa y cuantitativa de los datos, evaluación de los riesgos, modificación y adaptación de los sistemas evaluados y control de la integración. No obstante, el trabajador y su entorno son diferentes según la actividad de la empresa. Hay trabajos que implican un movimiento repetitivo del trabajador, o una dependencia de niveles inferiores y superiores, o estar sentado ante una pantalla de ordenador, o una industria nuclear de alto riesgo, o una industria constructiva con carga de material, etc. La incorporación de los conceptos esenciales de evaluación de riesgos en las empresas, ha hecho que resulten diversas metodologías adaptadas a las necesidades de cada tipo de empresa.

Las distintas metodologías han surgido como consecuencia de la observación continua y modificación de las tareas para que el proceso de la tarea sea rentable. Los diversos tipos de riesgos observados han determinado las diferentes técnicas de evaluación: Paralelamente, se tienen diferentes técnicas de lucha contra el riesgo, en función del tipo de daño que se pretenda prevenir: en seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía, psicología, medicina del trabajo, política social y formación, estando estas dos últimas técnicas enfocadas a mejorar las actuaciones de carácter preventivo. Y todo ello para la salvaguarda de los trabajadores, buscando el equilibrio entre la necesidad de un entorno seguro y adecuado, en consonancia con la labor empresarial.

1.2.1. Antecedentes históricos de la seguridad y salud en el trabajo

El apartado que a continuación se desarrolla está basado en la Tesis Doctoral de D. José Antonio Molina Benito: “Historia de la Seguridad en el Trabajo en España.” (Molina, 2006).

A lo largo de la trayectoria de la humanidad, si bien el término “seguridad en el trabajo” ha sido objeto de diferentes interpretaciones, siempre se ha hecho referencia a la presencia de riesgos que pueden afectar a la vida o a la salud de las personas en el ejercicio de su actividad profesional, constituyendo el objeto inicial y prioritario del concepto de mejora de las condiciones de trabajo.

⁵ El término industria se refiere al sector de la seguridad y salud laboral.

El concepto de Seguridad se ha transformado pasando de ser un concepto religioso a considerarse un derecho de la persona. Sin embargo, se tienen pocas referencias sobre el daño provocado de manera mecánica (accidente) y muchas sobre las consecuencias derivadas del medio ambiente (enfermedad).

Es dificultosa la determinación histórica sobre la pretendida evolución del derecho a la salud e integridad corporal y por extensión, el derecho a la vida. Dentro del concepto de “actividad de trabajo”, el riesgo ha formado parte de aquélla, constantemente y no se puede excusar que el hombre comete errores muy diversos, que le hacen pasar peligro a su propia vida. Al estar históricamente ligado el valor de la vida a la categoría social de la misma, la afirmación del Derecho a la Vida, no se ha planteado en las mismas condiciones a lo largo de la historia, ni siquiera en las sociedades modernas. Hubo épocas primitivas donde el interés del dueño sobre la vida de sus esclavos, residía en las condiciones de propiedad que se tenían sobre la vida de estos. Los oficios están establecidos en la vida social y colaboran conjuntamente con sistemas de seguridad adecuados. Además, las condiciones laborales de las mujeres y los niños eran tratadas de manera diferente.

1.2.1.1. Acontecimientos más destacados

A continuación se relacionan las etapas de la historia con los acontecimientos más destacados:

a) **Civilizaciones primitivas:** El Código Legal de Hammurabi, (1.700 años a.c.), refleja algunas prescripciones derivadas a partir de los daños que sufrieran los trabajadores. Así por ejemplo, la muerte de un esclavo, debía restituirse con otro de igual valor. El derrumbe que no provocaba daños corporales, se sentenciaba con reconstrucciones a cargo del contratista, muy similar a la actual responsabilidad de promotores y contratistas, durante los diez años siguientes a la edificación de viviendas tal como se tiene reglamentado (BOE, nº: 266, 1999).

b) **La germanización:** La Gestión de la Salud se realiza a partir del Código de Recesvinto, conocido como Fuero Juzgo en su versión romance. Como referencia concreta, se destaca la Ley VI, que se consideró como un importante precedente en las normas de seguridad e higiene en el trabajo⁶.

⁶ “Que todo judío cese de todas huebras en los días de los domingos e de las fiestas (clara influencia cristiana). Nos non dubdamos, nin se cela á nenguno, que todo cristiano que non ondra el día del domingo, es enemigo de la fe católica, que la quebranta, é la desfaze (...). E establecemos con derecho e decimos que todo omme que labrare en campo o huerto en los días de domingo, o la muger filare lino o lana, o ficiere otra huebra alguna en casa, o en el campo, o en yuguería, acontra de la noble costumbre de los nobles que es usada entre cristianos, aquel que fuera osado de facer lo que nos defendemos, ráyanle la cabeza, e

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

c) **El Islamismo:** De gran influencia en la zona del *Al-Andalus*, el Corán se convierte en norma de comportamiento y de actuación en el ámbito de trabajo, que se divide en tres apartados o grupos:

- el artesano,
- el comercio con potenciación de los gremios y la agricultura,
- el señor de la tierra y el colono que alcanza un nivel superior al de siervo.

d) **Edad Media:** Cabe destacar la Ley castellana de las Siete Partidas o el Libro del Peso de los Alarifes y Balanza de Menestrales (Arízaga & Solórzano, 2010)⁷, que se encuentra recogido en las Ordenanzas de Sevilla (1527) siendo el documento más antiguo que regula el sector de la construcción; data de finales del siglo XIII e inicios del siglo XIV. En el texto, hay normas constructivas, diseños de herramientas y aparejos para la edificación, e incluso se identifican consejos urbanísticos, como por ejemplo el trazado y ordenación de calles y vías urbanas, así como su limpieza. Se observa que en el control de las exigencias de seguridad, no sólo tiene atribuciones el poder público, sino que de alguna manera se solicita la peritación de expertos conocedores del trabajo en las minas. Este mismo criterio, hoy sigue vigente en la aplicación de la normativa preventiva en nuestro país.

e) **España Unificada:** En lo referente al control y gestión de las Condiciones de Trabajo en la época, son de destacar las Ordenanzas Reales de Castilla y fundamentalmente, las Leyes de Indias (1512-1652), recopiladas finalmente por el rey Carlos II por Real Orden de 8 mayo de 1680. Aplicadas para regular las condiciones más extremas y duras de trabajo que tenían los americanos colonizados por españoles. Los aspectos a destacar en cuanto a los ámbitos laborales son los que se indican a continuación:

- La prohibición de trabajar en domingo.
- Prohibiciones de trabajos a los hidalgos.
- Fijación de horario de trabajo, marcándolo desde la salida del sol, hasta el ocaso.
- Establecimiento del salario y percibiéndolo en la noche del día trabajado.
- Prohibición de espigar rastrojos a las mujeres de los segadores, yugueros y jornaleros.

f) **Edad Contemporánea:** El entorno laboral en España fue promovido por la Casa de Los Austrias, pero la instalación de la Casa de Borbón en la sucesión monárquica

reciba cien azotes (...). E si los sennores les mandaren facer lo que nos defendimos, pechen cien maravedís (...)"

⁷ Donde se contienen las ordenanzas urbanas de Toledo y Sevilla. Atribuidas a Alfonso X el Sabio. Que se han estado utilizando y adaptando en varias Ordenanzas hasta 1866.

española supuso un cambio sustancial en los ámbitos referentes a las relaciones industriales y de trabajo. Condicionado por las influencias europeizadoras y progresistas de sus integrantes, cuyos objetivos se centraban en la promoción de la libertad industrial, minera y comercial, en la que el siervo, debería dejar de serlo para convertirse en ciudadano. Por lo que es fácil comprender el auge progresivo de la figura del proletario u obrero, muy similar al que hoy día tenemos del mismo.

g) **Siglo XX:** Se inicia con una nueva recopilación de la legislación en materia laboral muy en la línea de los nuevos tiempos y exigencias de otros estados europeos. Ocupando el poder Eduardo Dato, se aprueba el Acta de Compensación de los Trabajadores, que constituye la primera Ley española sobre Accidentes de Trabajo. El horario laboral también es motivo de limitación, al considerarlo circunstancia básica en la prevención bajo el principio de: menor esfuerzo, menor nivel de exposición, igual a mejor nivel de salud. Así, se establecen en 1902, un máximo de 11 horas al día para mujeres y niños, que son reducidas, por el gobierno liberal del Conde de Romanones (1919) en términos absolutos a 8 horas/día o su equivalente de 48 horas/semana, para todos los trabajadores y oficios. La construcción tiene también un apartado específico en cuanto a la vigilancia de las condiciones de trabajo, puesto que se establece la responsabilidad de los Directores de Obras en la previsión de los accidentes que pudieran ocurrir, estableciendo sistemas de seguridad para los andamios que tengan que montarse para la ejecución de las obras y control de los mismos por la Inspección de Trabajo. A finales del siglo XX, el Consejo de Ministros de las Comunidades Europeas celebrado el 25 de junio de 1991, dio luz verde al proyecto de realización de un Año Europeo de la Seguridad, la Higiene y la Salud en el Lugar de Trabajo durante 1992, coincidiendo con la entrada en vigor de la Directiva Marco 89/391/CEE (DOUE nº:183, 1989). Con el siguiente eslogan:

“1992. Hagamos de Europa un lugar mejor para trabajar.”

h) **Siglo XXI:** los aspectos jurídicos y técnicos cambian constantemente y nos hace oscurecer la visión objetiva de nuestro papel ante la mejora de la seguridad y salud laboral. Lo cierto es que la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, pasada su mayoría de edad, ya le aparecen grietas en forma de dificultades de aplicación, no en su estructura filosófica, sino en su desempeño dada la enorme complejidad burocrático-administrativa que incorporó su articulado para la redacción final del texto definitivo.

Existe una relación cronológica desde las antiguas civilizaciones hasta nuestros días en el libro “Historia de la seguridad y salud en España” (Molina, 2006) que puede ser considerada como parte del listado de relación de normativa de aplicación, por interés informativo. Con éstas y otras normativas la seguridad de los trabajadores es una de las preocupaciones en el desarrollo y mejora de las condiciones de los puestos de trabajo.

1.2.2. Evolución de la normativa de construcción

Desde 1957 las normas técnicas MV, competencia del Ministerio de la Vivienda, regulaban el sector de la edificación. La reglamentación fue desarrollada por la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación, institución creada en 1937. A continuación, estas normas se transformaron en las Normas Básicas de la Edificación (NBE) en 1977, cuando el Gobierno decidió crear una recopilación para toda la normativa concerniente con la edificación. Se le añadieron las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) para completar el régimen jurídico. Finalmente, el conjunto de normas creadas en 1977 se completaba con las Soluciones Homologadas de la Edificación (SHE), que no llegaron a desarrollarse.

En 1999 se publica la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación (BOE, nº: 266, 1999) que tiene como concepto fundamental el de regular el sector de la edificación. La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) responde a la necesidad de restablecer este conjunto de normas, pero también de completar una regulación que hasta 1999 había sido disgregada y poco clara.

Finalmente, el Código Técnico de la Edificación (BOE, nº:74, 2006) viene a establecer en descripciones los objetivos de la LOE y a traducir al lenguaje técnico estos empeños. El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el Marco normativo que establece y define las Exigencias Básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, y que permiten demostrar que se satisfacen los Requisitos Básicos de la edificación.

Como continuación a dicha evolución de normativa cabe destacar algunos comentarios e interpretaciones de varios autores relativos a este argumento. Así, García realiza un trabajo de recopilación y análisis estadístico tratando el sector de la construcción como término clave para la economía española durante la última década del siglo XX y su incidencia en el P.I.B. de España para la generación de empleo como factor fundamental (García, 2002). Ya en 2004 se consideraba que la construcción era el sector más eficiente de la economía española, y ocupaba el segundo lugar, en tamaño, de la Unión Europea, estableciendo una cuarta parte (23%) de todos los empleos creados en España.

Por otro lado, Taltavull hace referencia hacia el sector de la construcción, formado por varias actividades industriales enfocadas a la creación y producción de edificaciones o infraestructuras (Taltavull, 2012). Al producir bienes de capital, éstos se acumulan como parte de la riqueza de la economía acumulando igualmente su valor. El hecho de ser un sector productor de bienes de capital y de congregar la mayor proporción de inversión de una economía, da a la construcción una imagen estratégica concluyente para el progreso de un país. Hace mención a la necesidad de la intervención de diferentes agentes con misiones bien diferenciadas debido a la complejidad propia del sector de la construcción.

También, cabe destacar el estudio de población y su implicación en el sector de la edificación que realiza Cuchí sobre un estudio estadístico del crecimiento poblacional y su relación con el crecimiento de la edificación (Cuchí, 2010). Después de más de un siglo de crecimiento de la población española, a finales de los años setenta su pirámide de edad empezó a encoger por su base y no se ha estabilizado hasta nuestros días, con lo que el incremento de la demanda de vivienda debido al aumento de la población que llegaba a la edad de fundar hogares, habrá llegado a su fin durante estos últimos años. Así, el sector de la edificación debe ser replanteado desde el análisis de su sostenibilidad para mantener la habitabilidad. Desde esta visión, el sector de la edificación comprende una ineludible demanda de recursos y de generación de residuos y de los consiguientes impactos, asociados a su vertido al medio, necesarios para fabricar los materiales de construcción, construir los edificios, y hacerlos habitables durante su uso. Con lo que se entra en una nueva consideración del concepto de la seguridad de los trabajadores, ya que se prevé la necesidad de cambiar el procedimiento de trabajo y su, consiguiente, implicación a las técnicas constructivas, nuevos materiales y gestión de obra. Dicha situación determinará un cambio de concepto en los recursos de prevención.

1.2.3. El riesgo laboral

En base a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (BOE, nº: 269, 1995), en el artículo 4 se da una definición al riesgo laboral:

“Se entenderá como riesgo laboral la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño⁸ y la severidad⁹ del mismo.”

Bestratén, sugiere que el trabajo es una acción que no tiene que entenderse bajo la posibilidad de que produzca un daño al trabajador (Bestratén, 2004). El fin primordial del trabajo es el desarrollo y la autorrealización profesional y de la persona. En determinadas ocasiones se producen situaciones inesperadas en las que el trabajo puede llegar a generar daño al trabajador. Los riesgos que se generan se suelen identificar por la forma en que se producen o por el elemento que lo genera, ya que pueden ser clasificados mediante:

⁸ Se considerarán como daños derivados del trabajo las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo.

⁹ Se entenderá como riesgo laboral grave e inminente aquel que resulte probable racionalmente que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer un daño grave para la salud de los trabajadores.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Lesiones por accidentes. La Ley General de la Seguridad Social, en su artículo 156, define que el accidente de trabajo es cualquier lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena (BOE nº:261, 2015). Son riesgos por accidentes las caídas de personas a distinto nivel, proyección de fragmentos o partículas, contactos eléctricos, etc.
- Enfermedades profesionales. En esta misma Ley, en su artículo 157, se define la enfermedad profesional como la contraída a consecuencia del trabajo ejecutado, por cuenta ajena, debida a la acción de elementos o sustancias contaminantes y el tiempo de exposición al mismo; y encuadrada en el ámbito de las enfermedades profesionales legalmente reconocidas. Son riesgos por enfermedades profesionales la exposición a contaminantes biológicas, exposición al ruido, vibraciones, etc.
- Fatiga, provocada por el trabajo, es una expresión (general o local) de la tensión que éste ocasiona y suele eliminarse mediante un apropiado descanso (De Arquer, 1999). La prolongación de la fatiga puede provocar estados de alteración fisiológicos y psicológicos. Son riesgos por fatiga física la posición del trabajador, manejos de cargas; y por fatiga mental la recepción de la información, la respuesta, etc.
- Insatisfacción laboral, estrés, burnout, etc. Del Hoyo, identifica el estrés como un fenómeno muy frecuente cuyas consecuencias afectan al bienestar físico y psicológico del trabajador, pudiendo deteriorar la salud de las organizaciones (Del Hoyo, 2004). Definiéndolo como uno de los aspectos fundamentales del estudio de la seguridad y salud laboral. Son riesgos por insatisfacción laboral los riesgos por el contenido de la tarea, los roles, las relaciones, etc.
- Patologías inespecíficas. Son aspectos que pueden ser enmarcados en los epígrafes anteriores, por las consecuencias que generan en base a la indeterminación del riesgo que lo provoca, tales como el contenido de una tarea, la monotonía, la baja participación, etc.

Para facilitar el análisis y la definición de las medidas de prevención más efectivas, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo establece un sistema de clasificación de las causas de accidentes de trabajo (Bestratén, 2004; Fraile, 2011), cuyo listado general se muestra en la tabla (tabla 1.1).

Cuanto más desencadenantes se produzcan durante el trabajo para potenciar el riesgo de accidente, mayor será la probabilidad de que se produzcan daños físicos, para el trabajador, y económicos, para la empresa.

CÓDIGO	RIESGO	CÓDIGO	RIESGO
	ACCIDENTES		ENFERMEDAD PROFESIONAL
010	Caídas de personas a distinto nivel	310	Exposición a contaminantes químicos
020	Caída de personas al mismo nivel	320	Exposición a contaminantes biológicos
030	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	330	Ruido
040	Caída de objetos en manipulación	340	Vibraciones
050	Caída de objetos desprendidos	350	Estrés térmico
060	Pisadas sobre objetos	360	Radiaciones ionizantes
070	Choques contra objetos inmóviles	370	Radiaciones no ionizantes
080	Choques contra objetos móviles	380	Iluminación
090	Golpes/cortes por objetos o herramientas		FATIGA
100	Proyección de fragmentos o partículas	410	Física. Posición
110	Atrapamiento por o entre objetos	420	Física. Desplazamiento
120	Atrapamiento por vuelco de máquina o vehículo	430	Física. Esfuerzo
130	Sobresfuerzos	440	Física. Manejo de cargas
140	Exposición a temperatura ambiental extrema	450	Mental. Recepción de la información
150	Contactos térmicos	460	Mental. Tratamiento de la información
161	Contactos eléctricos directos	470	Mental. Respuesta
162	Contactos eléctricos indirectos	480	Fatiga crónica
170	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas		INSATISFACCIÓN
180	Contacto con sustancia cáustica y/o corrosiva	510	Contenido
190	Exposición a radiaciones	520	Monotonía
200	Explosiones	530	Roles
211	Incendios. Factores de inicio	540	Autonomía
212	Incendios. Propagación	550	Comunicaciones
213	Incendios. Medios de lucha	560	Relaciones
214	Incendios. Evacuación	570	Tiempo de trabajo
220	Accidentes causados por seres vivos		
230	Atropello o golpes por vehículos		

Tabla 1. 1 - Clasificación de los riesgos por el INSHT.

1.2.4. La siniestralidad laboral

El sector de la construcción, según las encuestas consultadas desde el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT, 2010; INSHT, 2011; INSHT, 2012b; INSHT, 2013; INSHT, 2014; INSHT, 2015a; INSHT, 2016; INSHT, 2017), es el que más accidentes laborales registra en España debido al número de horas de trabajo, las características de la labor, objetivamente peligrosa, las formas de contratos y subcontratos utilizados y la falta de medidas de seguridad. Como ejemplo en el primer semestre del año 2007, en la Comunidad de Madrid, murió un trabajador en la construcción cada dos días. Ante estos datos tan preocupantes, se requiere un análisis de las posibles causas y de las repercusiones sociales exponiéndolo a continuación y abordándolo en cuatro periodos temporales:

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- a) Haciendo referencia anterior al año 2005, Narocki, realiza un estudio sobre la percepción de los trabajadores respecto a la exposición a los riesgos laborales y su calidad de vida (Narocki, 2007). La situación de la siniestralidad en la construcción se destaca del resto de sectores en base al índice de incidencia¹⁰, dando los valores mayores en siniestralidad laboral para el sector de la construcción.
- b) Con posterioridad al año 2005 hasta el año 2012, la Unión General de Trabajadores (UGT) en su Informe Anual sobre los accidentes de los trabajadores durante el año 2012 (UGT, 2013), recuerda la situación de la crisis económica mundial, reflejándose en todos los ámbitos de la sociedad y, sobre todo, en las condiciones laborales y en la destrucción de empleo. Según la Encuesta Nacional de Gestión de la Seguridad y Salud, en las empresas, menos del 40% de los centros de trabajo con seis o más trabajadores cuentan con delegado de prevención, casi el 20% de los centros de trabajo no realizan la evaluación de riesgos (preceptiva por ley), siendo el sector agrario donde menos centros han realizado dicha evaluación. Menos del 60% de las empresas ha realizado alguna actividad de formación sobre seguridad y salud en los dos últimos años (Almodóvar, Galiana, Hervás & Pinilla, 2011).
- c) En la actualidad, los datos no son alentadores; tal y como se describe en el Informe de Accidentes de Trabajo para el año 2015 (UGT, 2016), en España perecen cada día 2 trabajadores como resultado de su trabajo, 13 soportan un accidente de trabajo grave durante su jornada laboral, 1.252 tienen un accidente de trabajo leve en el intervalo de su actividad y 1.907 toleran un accidente sin baja. Igualmente, 43 personas cada día en España son víctimas de una enfermedad profesional. Esta siniestralidad es debida, entre otras, a la antigüedad en el puesto de trabajo (30% menor a 7 meses); a la temporalidad (10 contratos temporales por 1 indefinido); a la precariedad de las condiciones de trabajo: entre los accidentes laborales destacan los jóvenes menores de 24 años con contratos temporales frente a los indefinidos; a la subcontratación, a la falta de formación; y por la ausencia de prevención de riesgos laborales en la pequeña y muy pequeña empresa española.
- d) En cuanto a la irrealidad actual en base al anuario de accidentes de los trabajadores realizado por la Unión General de Trabajadores para el año 2015 (UGT, 2016), la industria de la construcción continua un descenso marcado de la actividad y con una tónica de aumento de los accidentes. Respecto al año 2014 se ha producido un aumento del índice de incidencia del 6,0% con un total de 3.252 accidentes de trabajo. Indicando que comienza a subir el índice de

¹⁰ representa el número de accidentes con baja acaecidos durante la jornada de trabajo por cada cien mil trabajadores expuestos al riesgo.

incidencia por la precariedad laboral antes aludida. Pero aun así, la realidad es otra, el aumento de accidentes sigue creciendo, mientras la actividad cae imparable. Esta aparente contradicción unida a los recortes en derechos y empeoramiento de las condiciones de trabajo, frente a la reforma laboral (BOE nº:185, 2013), por las facilidades que encuentran empresas y servicios de prevención ajenos, para mantener a las plantillas, en un permanente estado de miedo y tensión por la posible pérdida del empleo (dentro del riesgo de la psicosociología), consiguen escenarios de inseguridad, en los que es mucho más fácil reducir costes en prevención de riesgos laborales sin encontrar mucha oposición, haciendo perder la salud y la vida de los trabajadores y trabajadoras.

1.2.5. Clasificación de los riesgos laborales

La evaluación de riesgos es un procedimiento indispensable para que la empresa tenga conocimiento de sus condiciones con respecto a la seguridad y la salud de sus trabajadores¹¹ (Direcció General de Relacions Laborals, 2006). Es una de las principales actividades en materia de prevención que reglamentariamente deben llevar a cabo todas las empresas, independientemente de su producción o su tamaño (BOE, nº: 269, 1995).

Este es el principal objetivo de la evaluación de riesgos: establecer un análisis de la prevención de los riesgos laborales en una empresa para que sus responsables puedan aportar las medidas de prevención indispensables. El concepto de evaluación de riesgos se define a partir de unas fases diferenciadas y correlativas:

- La identificación de los factores de riesgo en base a las deficiencias producidas por las condiciones de trabajo¹²,
- La eliminación de los factores que sean eludibles,
- La valoración de los factores no evitables y,
- Proposición de medidas para controlar, reducir y eliminar los factores de riesgo.

Para que el trabajo de identificación de los riesgos sea correcto, los encargados del proceso de evaluación deben ser competentes¹³, con la preparación obligatoria que les

¹¹ El uso de formas masculinas en este documento responde a la voluntad de conseguir un texto más legible y ágil. No deben desprenderse de ello, pues, connotaciones de uso sexistas o discriminatorias.

¹² El concepto de condiciones de trabajo aplicado a la seguridad y la salud en el trabajo es muy amplio. Se recoge en el artículo 4 de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), e incluye no sólo las condiciones materiales (locales, equipos, instalaciones, etc.) y ambientales (contaminantes físicos, químicos o biológicos), sino también las que tienen que ver con la organización del trabajo y el contenido de la tarea efectuada.

¹³ El artículo 4.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP), exige que las personas que realicen la evaluación de riesgos laborales dispongan de los conocimientos indicados en el capítulo VI de dicho RSP.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

permitan identificar y advertir de la existencia de factores de riesgo y de situaciones defectuosas e incorrectas. Los técnicos encargados de esta identificación deben utilizar todas las herramientas o los indicadores¹⁴ que, además de sus conocimientos, les ayuden a realizar y desarrollar un buen análisis (CEPYME, 2011). También es importante la información que puedan aportar los trabajadores, tanto directamente como mediante sus representantes. Con la participación directa de los trabajadores en el procedimiento de evaluación de riesgos, partiendo desde la elección de la metodología de evaluación hasta la elaboración de la inspección en conjunto con los técnicos que la desarrollan.

Es, a mediados del siglo XX, en el año 1960, cuando aparece el primer método “Cálculo y apreciación del riesgo de incendio en 10 puntos¹⁵” y como precursores la industria aeroespacial, la nuclear y la química. Es cuando *Bell Telephone Laboratories*¹⁶ introduce el análisis de árbol de fallos. Con posterioridad aparecen los estudios de riesgos y operabilidad HAZAN y HAZOP, por la *Imperial Chemical Industries*¹⁷. Y a su vez, Las compañías de seguros los incorporan en estudios de riesgo patrimonial (Rubio, 2004).

Al hablar de metodologías de evaluación de riesgos, se basa la cuestión a la referencia sobre un conjunto ordenado y sistematizado de instrucciones y de actuaciones, de cosas que hacer y conocer, para llegar a establecer cuáles son las condiciones materiales y operativas en una empresa; y poder valorarlos desde la perspectiva de la Prevención

¹⁴ En la empresa se dispone de mucha información que se tiene que utilizar como indicadores, entre otros:

- Estadística de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- Informes de investigación de accidentes de trabajo, de enfermedades profesionales o de incidentes.
- Resultados de la vigilancia de la salud.
- Informes efectuados por los delegados de prevención y/o los comités de seguridad y salud.
- Estudios sobre absentismo.
- Manuales de los fabricantes para la utilización de los equipos de trabajo.
- Certificados oficiales de instalación o revisión de equipos.
- Comunicación de apertura del centro de trabajo.

¹⁵ ITSEMAP es una sociedad del Grupo MAPFRE para la prestación de servicios técnicos en el campo de la Seguridad y el Medio Ambiente. Cuyo objetivo es identificar y evaluar los riesgos asociados a la actividad, y proponer y desarrollar las mejores soluciones para su minimización.

URL http://www.itsemap.com/es/info/quienes_somos.html

¹⁶ es una compañía estadounidense de investigación y desarrollo científico, propiedad de la empresa finlandesa Nokia. Su sede se encuentra en Murray Hill, Nueva Jersey, además de tener otros laboratorios en otros lugares de los Estados Unidos y en otros países. Su origen se remonta a los Laboratorios Telefónicos Bell, fundados en el año de 1925 por la empresa AT&T y luego fueron propiedad de Lucent Technologies.

¹⁷ Imperial Chemical Industries (ICI) fue una empresa química británica con sede en Londres. Fabricaba pinturas y productos químicos especiales (incluyendo ingredientes alimentarios, polímeros especiales, materiales electrónicos, saborizantes y aromatizantes) ICI llegó a contar con 32.000 trabajadros y generaba para 2005 unos 5.800 millones de libras.

de Riesgos Laborales. Los métodos más completos conllevan la implementación de “sistemas de prevención”, según el esquema siguiente (figura 1.2), en el que se esquematiza el paralelismo que se debe mantener para los sistemas de prevención entre las gestiones de las condiciones de trabajo y los riesgos; y las interdependencias entre ambas gestiones. Así, los sistemas de prevención para la gestión de las condiciones de trabajo implican tres etapas que son:

- En primer lugar un análisis,
- en segundo lugar una valoración y
- en tercer lugar las acciones correctoras, de mejora y de aseguramiento de las condiciones de trabajo.

Y los sistemas de prevención en la gestión del riesgo implican:

- En primer lugar la identificación del riesgo,
- en segundo lugar su evaluación y
- en tercer lugar el control sobre el riesgo.

Tabla 1. 2 - Sistemas de prevención.

Prestando atención a la definición dada por la normativa, la evaluación de riesgos: es un proceso, su finalidad es estimar la magnitud de los riesgos que no hayan podido eliminarse previamente y debe facilitar la adopción de medidas preventivas. Por ello es necesario contar con medios o instrumentos de detección de los riesgos que sean aplicados de manera permanente en los lugares y puestos de trabajo, por parte de los responsables designados con ese fin.

Los riesgos son generales en las instalaciones, zonas y elementos comunes, que afectan a los trabajadores de forma colectiva y están relacionados con las condiciones materiales y ambientales existentes en las instalaciones. Por otro lado, son específicos

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

los riesgos ligados a los puestos de trabajo y sus tareas en base al entorno, a la función, al proceso y a las características de cada puesto. El ámbito de aplicación, en base a las disposiciones legales, establece que la evaluación de riesgos se realice en todos los puestos de trabajo de la empresa y en todas las tareas.

1.2.6. Evaluación de riesgos laborales en el control de la siniestralidad

Las normativas de seguridad y salud laboral establecen las determinaciones específicas de actuación en materia de seguridad y salud laboral en las empresas. Siendo la construcción el sector con los datos más altos en la siniestralidad laboral, se interpreta que el ejercicio de la ley no tiene relevancia a nivel de los trabajadores según su responsabilidad propia frente a la situación de un accidente o un incidente. Los procedimientos para evitar o controlar un accidente están muy desarrollados técnica y jurídicamente, lo cual implica la existencia de factores en el entorno de la situación de riesgo que no están suficientemente recogidos en el derecho. Así, para el control de los riesgos particulares, que engloban una situación de accidente, es imprescindible adaptar las normas de seguridad y salud a las obras de edificación. Las evaluaciones de riesgos laborales están adecuadas a riesgos específicos, controlando de forma particular, el riesgo. Pero la siniestralidad laboral requiere el análisis desde un enfoque global (Úbeda, 2002; Oliveira, 2010; Claudino, 2012).

Las metodologías de evaluación, tanto las diseñadas para el sector de la industria como las diseñadas, últimamente, para el sector de la construcción, establecen criterios de observación y análisis según las características de los puestos de trabajo y los enfoques particulares de las propias metodologías. Buscando la identificación de los peligros, la evaluación y cuantificación del riesgo, y su clasificación. Todas y cada una de las metodologías aplican los parámetros y los sistemas de protocolización que mejor se adaptan para el objetivo buscado. Abarcando, en mayor o menor medida, cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo: la seguridad en el trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología.

1.2.7. Técnicas de lucha contra el riesgo

Básicamente, son dos las técnicas fundamentales que se aplican sobre los riesgos profesionales (Montes, 1992):

- Técnicas médicas, que actúan sobre la persona, abarcando la prevención respecto a la selección de personal, respecto a los reconocimientos médicos periódicos y respecto a la formación; abarcando la asistencia sanitaria y abarcando la rehabilitación corporal.
- Técnicas no médicas, que actúan sobre el ambiente, abarcando la seguridad respecto a la prevención de accidentes; abarcando la higiene respecto a las

enfermedades profesionales; abarcando la ergonomía respecto a la fatiga y abarcando la psicosociología respecto a todos los riesgos profesionales; y finalmente, abarcando la formación para crear hábitos de prevención.

Los trabajos en construcción llevan asociados gran cantidad de riesgos que pueden llegar a causar accidentes muy graves y mortales. Excavación, movimiento de tierras, construcción, montaje y desmontaje de elementos prefabricados, acondicionamiento de instalaciones, transformación, rehabilitación, reparación, desmantelamiento, derribo, mantenimiento, conservación, trabajos de pintura, de limpieza o de saneamiento, reuniones a pie de obra, climatología, premuras para la entrega en fechas, son las tareas generales más destacadas.

1.2.7.1. Técnicas de seguridad en el trabajo

La seguridad en el trabajo tiene como objetivo la prevención de los accidentes laborales en los que se produce un contacto directo entre el agente material, (equipo, sustancia, producto o energía) y el trabajador con unas consecuencias traumáticas (quemaduras, heridas, contusiones, fracturas, amputaciones, etc.). Son factores de riesgo derivados por el lugar y superficie de trabajo, máquinas y equipos de trabajo, riesgos eléctricos, riesgo de incendio, manipulación y transporte

El accidente laboral suele estar acompañado, primero, por una situación imprevista que altera el desarrollo habitual del trabajo y, segundo, por el tipo de lesión que se produce cuando el trabajador entra en contacto con el agente material que le causa la lesión. Estos dos conceptos determinan la probabilidad de que se produzca toda la secuencia del accidente.

Los riesgos desde las técnicas de seguridad son a menudo los más conocidos. Sin embargo, el cambio que se produce en las condiciones de trabajo debido a la evolución de los nuevos productos, equipos y tecnologías, junto con la modernización de la normativa vigente, implica que los riesgos comunes de seguridad también vayan cambiando y se vayan modificando; y, por lo tanto, es imprescindible disponer de elementos que ayuden para la identificación, evaluación y eliminación. En la obra de construcción en la que se han tomado datos para este trabajo de investigación, se han realizado varias fotografías que muestran diferentes situaciones de riesgo. Así, en la siguiente fotografía (Figura 1.1) se muestra una situación que reúne varios riesgos, que desde el punto de vista de las técnicas de seguridad en el trabajo, se pueden identificar como caída en altura en borde de forjado, manipulación de cargas en bordes, incorrección o inexistencia de protecciones colectivas y posición tareas incómodas de los trabajadores.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Figura 1. 1 - Falta de seguridad en el trabajo.

1.2.7.2. Técnicas de higiene industrial

Se la define como la rama no médica de prevención de las enfermedades profesionales, que actúa sobre el ambiente y las condiciones de trabajo. Su objetivo es la prevención de las enfermedades profesionales. La evaluación de los riesgos higiénicos en los lugares de trabajo es la herramienta clave para abordar la eliminación, la reducción y el control de la exposición a agentes químicos, biológicos y físicos, mediante una planificación preventiva (Collado, 2008):

- Identificación de riesgos por exposición a agentes químicos. En la identificación de riesgos higiénicos derivados de la exposición a agentes químicos debe especificarse la naturaleza y la forma del agente químico, además de su vía de entrada. Según la vía de entrada en el cuerpo de los agentes contaminantes, los riesgos pueden ser por inhalación, por absorción cutánea, por contacto, por ingestión, por penetración y por vía parenteral (BOE, nº: 104, 2015).
- Identificación de riesgos por exposición a agentes biológicos. La identificación de los riesgos derivados de la exposición de los trabajadores a agentes biológicos no es sólo el paso previo para evaluar y gestionar el riesgo, sino que también es la actuación más importante para prevenirlos (BOE, nº: 124, 1998).

- Identificación de riesgos por exposición a agentes físicos. Entre los riesgos físicos están el ruido (BOE, nº: 60, 2006), el ambiente térmico (estrés térmico por calor, estrés térmico por frío) y las radiaciones (radiaciones no ionizantes y radiaciones ionizantes). La evaluación de los riesgos higiénicos por exposición a agentes físicos se realiza de acuerdo con la naturaleza del agente y según los criterios que se establecen y reflejan de los riesgos antedichos (BOE, nº: 27, 2015).

Véase la siguiente fotografía de la obra en la que se han tomado datos para esta investigación (Figura 1.2) en la que se muestran riesgos higiénicos y de cómo los trabajadores hacen uso limitado de las protecciones individuales¹⁸.

Figura 1. 2 - Falta de higiene industrial en la obra de referencia.

Varios operarios están trabajando la colocación de placas prefabricadas de forjado con ayuda de un camión con grúa telescópica en un entorno de trabajo con altos niveles de iluminación, riesgos de manipulación de cargas de forma indebida, riesgos de tropezón, sin protecciones individuales ni colectivas, etc. Se observan varios operarios muy cercanos entre ellos y sometidos a dicho estrés laboral. La evaluación de riesgos de la situación dispondría de unos niveles de probabilidad y exposición al daño muy altos; lo

¹⁸ Para una correcta selección de los EPI frente a calor y llama en la industria, debería comenzarse con una evaluación de riesgos. El proceso para realizar la evaluación de riesgos debería incluir:

Identificar las actividades a realizar por la(s) persona(s), que deben llevar la ropa de protección. Listado de los peligros presentes. Cuantificar el riesgo que puede resultar de la exposición al peligro. Antes de la utilización de un equipo de protección individual, tomar en consideración la protección proporcionada por otras medidas de control. Determinar el nivel y la extensión de la protección necesaria, proporcionada por la ropa de protección (en términos absolutos o relativos). Determinar si la incorporación de distintivos o logotipos a una prenda puede incrementar el riesgo (por ejemplo, la incorporación de un logotipo puede formar un borde o superficie levantados, donde se adhiera metal fundido, el logotipo no está fabricado en materiales resistentes a las llamas, etc.).

que implica que se tiene que parar el proceso y establecer nuevas pautas a los operarios, máquinas, entorno y órdenes.

1.2.7.3. Técnicas de ergonomía

El trabajo tiene aspectos beneficiosos para la persona, pero cuando se exigen situaciones excesivas puede perjudicar su salud. Es importante conocer que la capacidad de adaptación de la persona es condicionada y que se identifica dentro de una franja de confort estrecha, que es la que pretende preservar la ergonomía. El sector de la construcción tiene una clara incidencia en las patologías de los trabajadores, al requerir un esfuerzo físico en gran medida (CCOO, 2013b).

Es preciso entender la ergonomía como un conjunto de métodos y técnicas cuya aplicación consigue mejoras en dos ámbitos. En el ámbito individual con beneficios para la salud y el confort en el puesto de trabajo de las personas expuestas, es decir, una mejor calidad de vida laboral y, en consecuencia, un mejor rendimiento personal. Y en el ámbito colectivo de la empresa para una productividad más alta, un ahorro en los costes por bajas o absentismo y una mejor imagen para el bienestar global de los trabajadores. La ergonomía se encarga de acomodar las técnicas de trabajo¹⁹ a las particulares, las restricciones y las necesidades de sus usuarios con el objetivo de mejorar su eficacia, y también con el objetivo de mejorar su seguridad, salud y calidad de vida laboral. Las áreas de actuación que intervienen en un estudio ergonómico son: antropometría, biomecánica, fisiología, ergonomía ambiental, ergonomía cognitiva, ergonomía de necesidades específicas y ergonomía tras-generacional. Véase la siguiente fotografía de la obra en la que se han tomado datos para esta investigación (Figura 1.3), en la que se puede apreciar que uno de los principales causantes de riesgos ergonómicos es la utilización de máquinas y herramientas manuales en el sector de la construcción (Rosel & Gómez, 2010). Las tareas que se están desarrollando son el vertido de hormigón entre los encofrados para los muros de semisótano; en el que se aprecia que no hay elementos que faciliten la movilidad de los operarios quedando sometidos a un espacio de trabajo muy estrecho con el alto riesgo que supone la manipulación del cubilote con la grúa. En dicha situación existía un ambiente enrarecido entre los trabajadores por dichas condiciones. La siguiente fotografía muestra el manejo de pequeñas máquinas para la limpieza de los ladrillos vistos de la fachada, en la que se aprecia la falta de medios que faciliten dicha tarea, obligando al trabajador a

¹⁹ Sistema de trabajo. Según la norma UNE-EN 81-425-91, sobre principios ergonómicos que es preciso considerar en el proyecto de los sistemas de trabajo, un sistema de trabajo comprende la combinación de personas y de medios de trabajo que actúan conjuntamente sobre el proceso de trabajo con el fin de llevar a término una actividad laboral dentro de un espacio de trabajo, y que están sometidos a un determinado ambiente de trabajo y a unas condiciones de trabajo impuestas por la tarea que debe ejecutarse.

mantener equilibrios innecesarios o sometidos a salpicaduras de los agentes químicos del producto de limpieza.

Figura 1. 3 - Medidas ergonómicas erróneas.

1.2.7.4. Técnicas de psicología

Los factores psicosociales son aquellas características de las normas de trabajo, y sobre todo, de su organización que afectan a la salud de las personas a través de mecanismos psicológicos o fisiológicos. La organización del trabajo es el origen de la exposición y el estrés es el detonante del efecto, es decir, de la enfermedad o de la alteración de la salud que se puede producir.

Los riesgos psicosociales forman parte de los denominados riesgos emergentes, tan importantes o más que cualquiera de los riesgos más conocidos o clásicos (seguridad e higiene) y cómo éstos tienen el origen en unas condiciones de trabajo deficientes. A corto plazo se manifiesta el estrés, incluyendo diversos aspectos de la salud física, mental y social. A largo plazo puede provocar alteraciones cardiovasculares, respiratorias, inmunitarias, gastrointestinales, dermatológicas, endocrinas, musculoesqueléticas y de la salud mental.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Véase las siguientes fotografías de la obra en la que se han tomado datos para esta investigación (Figura 1.4) En la primera hubo un conflicto entre los albañiles que realizaban el muro de ladrillo y el operario que manejaba la máquina hormigonera, ya que debían vaciar totalmente la cuba en los contenedores y se quedaban sin espacio para trabajar; lo que implicaba que los contenedores se tenían que repartir y alejarse del tajo de trabajo. En la segunda fotografía, un sencillo trabajo de manipulación de telas asfálticas para impermeabilización generaba un riesgo psicosocial al operario ya que esta tarea la desconocía e implicaba que iba más despacio de lo habitual. El soldador se quedaba parado de manera intermitente. La expresión del operario era de frustración al soportar una situación de acoso y presión. Los datos porcentuales ofrecidos por la primera y segunda Encuesta Andaluza²⁰ de Condiciones de Trabajo (Gómez, 2012) indican que según los informes sobre los factores psicosociales, un 28,7% de los empleados por cuenta ajena teme perder su puesto de trabajo en seis meses. Mientras que en la encuesta realizada en el año 2008 este porcentaje quedaba en el 14,8%.

Figura 1. 4 - Riesgos psicosociales por conflicto de intereses y presión social.

²⁰ El Instituto Andaluz de Prevención de Riesgos Laborales de la Consejería de Economía, Innovación Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, es la agencia administrativa que asume competencias en dicha materia, entre otras, el análisis y estudio de las condiciones de seguridad y salud en el ámbito laboral.

1.2.8. Fundamentos para la evaluación de la seguridad

Los fundamentos en los que se basa este trabajo están categorizados desde dos aspectos muy diferentes pero, a la vez, muy relacionados entre ambos. A partir de un enfoque legal y desde un enfoque teórico.

La práctica común de la prevención del riesgo ha ido determinando el articulado existente en materia de seguridad y salud, y en particular en la evaluación, como procedimiento fundamental para la identificación, categorización y control del riesgo. Los fundamentos legales se basan en la tradición adquirida de tantos años de observación del entorno del riesgo. Así pues, los fundamentos teóricos son muy abundantes por su implicación para la seguridad.

1.2.8.1. Fundamentos legales

En base al Artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de noviembre (BOE, nº: 269, 1995) y su posterior reforma del Marco Normativo 54/2003 (BOE, nº: 298, 2003), la Evaluación de Riesgos es la acción preventiva que se planifica con una evaluación inicial general de los riesgos para los trabajadores, equipos de trabajo, acondicionamiento del lugar, actuaciones peligrosas y estará actualizada. El empresario realizará controles periódicos para detectar situaciones peligrosas, actividades de prevención que garanticen mayor nivel de seguridad integrándose en la actividad de la empresa. Las actividades inadecuadas a la protección deberán ser modificadas. La evaluación de riesgos es el fundamento para la acción eficiente de la seguridad y la salud en el trabajo. Con la Ley 31/1995 y Directiva Marco D 89/391/CEE (DOUE, nº: 183, 1989), el empresario está obligado a planear la gestión preventiva en base a la evaluación inicial de riesgos y valorar los riesgos según el equipo de trabajo, sustancias y lugares de trabajo.

“La evaluación de los riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.” (INSHT, 2008)

En base al Artículo 8 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de noviembre, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo²¹ es el órgano

²¹ El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) tiene la misión de promocionar y apoyar la mejora de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo (BOE, nº: 269, 1995; INSHT, 2015b).

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

científico-técnico, especializado de la Administración General del Estado, que se encarga del análisis y estudio de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, así como de su impulso y soporte. Asesorando técnica y legalmente para el desarrollo legal, promoción, información, investigación, estudio y divulgación en materia de prevención de riesgos laborales; con el apoyo y colaboración para organismos internacionales y desarrollo de programas de cooperación internacional. Ofreciendo apoyo a las Administraciones públicas y Comunidades Autónomas. Con certificación, ensayo y acreditación.

1.2.8.2. Fundamentos teóricos

Las evaluaciones de riesgos se agrupan en cuatro grandes bloques:

- Evaluación de riesgos impuestos por legislación específica. Enmarcadas en la legislación industrial para instalaciones y equipos, y en algunos procedimientos de evaluación y control de riesgos.
- Evaluación de riesgos para los que no existe legislación específica pero están establecidas en normas internacionales, europeas, nacionales o en guías de Organismos Oficiales u otras entidades de reconocido prestigio.
- Evaluación de riesgos que precisa métodos especializados de análisis. Enmarcadas para riesgos de incendios, explosiones, emisiones industriales con graves consecuencias al personal y empresa. Los métodos pueden ser generales: abarcando un procedimiento de análisis general sobre el funcionamiento de la empresa, Método del árbol de fallos, efectos y consecuencias, AMFEC, AFO, HAZOP, HAZAN, etc. Y específicos: abarcando un procedimiento particular sobre un riesgo MOND; DOW; PURT; GREENER; PROBIT; etc.
- Evaluación general de riesgos. Un proceso general de evaluación de riesgos se compone de las siguientes etapas: clasificación de las actividades de trabajo, análisis de riesgos, valoración de riesgos: decidir si los riesgos son tolerables, preparar un plan de control de riesgos, revisar el plan y modelo de formato para evaluación general de riesgos.

Los métodos de evaluación de riesgos laborales se clasifican de la siguiente manera:

- Por su enfoque o forma de tratar los riesgos de los puestos de trabajo, mediante métodos globales o parciales.
- Por su aplicabilidad, según el tipo de empresa, general o específico.
- Por sus objetivos, los métodos analizan las condiciones de trabajo (situación de peligro), evalúan las condiciones de trabajo (controlar la situación), mejoran las

condiciones de trabajo (participación de los trabajadores), analizan los riesgos (Probabilidad y daños), evalúan los riesgos (cuantifica) y establecen un sistema de gestión de los riesgos (implantación de la actividad preventiva).

- Por las características o tamaño de la empresa con guías de autoevaluación.

Los métodos de evaluación conllevan estudios de valorización de los riesgos:

- Métodos cualitativos que identifican, caracterizan y tipifican para describir y cualificar el riesgo.
- Métodos cuantitativos. Cuantificar el riesgo será encontrar, mediante el cálculo, un valor que lo representa.

Antes de una evaluación de riesgos se debe tener en cuenta un análisis económico del proceso de evaluación y su grado de profundidad; debe ser técnicamente posible, es decir, los técnicos son cualificados; y el método elegido debe ser aprobado por la Compañía.

1.2.8.3. Fundamentos metodológicos

En la figura 1.5 queda esquematizado el procedimiento en base a la guía de evaluación del riesgo en el trabajo publicado por European Communities (EC, 1996), estableciendo las estrategias para identificar el peligro y controlar el riesgo. La guía establece cinco pasos fundamentales que van a ser desarrollados en los apartados siguientes.

1.2.8.3.1. Clasificación de las actividades de trabajo

Se realiza la descripción de la empresa y de los centros de trabajo, así como la identificación de los puestos de trabajo objeto de la evaluación y de las tareas que se desarrollan en los mismos (figura 1.5).

- Primero: disponer una lista con las actividades de los trabajos, agrupándolas por grupos racionales para favorecer su manejabilidad.
- Segundo: sobre cada actividad se requiere información (tareas, su duración, lugares, quién realiza el trabajo, si permanente u ocasional, documentación, permisos, control, etc.).

Figura 1. 5 - Esquema de evaluación de riesgos por el INSHT.

1.2.8.3.2. Análisis de riesgos

Para cada uno de los puestos de trabajo, se realiza la identificación de todos y cada uno de los peligros a los que pueden estar expuestos los trabajadores, tanto puntualmente como durante toda la jornada laboral.

- Paso 1: Identificación de los peligros. Identificando la fuente del daño, quién puede ser dañado y cómo sucede el daño. Se identifica el suceso: caídas al mismo nivel, caídas de personas a distinto nivel, caídas de herramientas, materiales, etc.
- Paso 2: Estimación del riesgo en el que se analiza la severidad del daño en base a las partes del cuerpo que se ven afectadas por el daño. Se mide a partir de dos parámetros: las consecuencias dañinas y la probabilidad del suceso.

1.2.8.3.3. Valoración de riesgos

Se realiza la valoración de los riesgos propios de cada especialidad utilizando las metodologías más adecuadas al riesgo o las establecidas legalmente, en su caso. Los niveles de riesgos forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar unos nuevos, así como la temporización de las acciones. En la tabla 1.3 se esquematizan los tipos de riesgos en función de la probabilidad del riesgo y las consecuencias del mismo. En la transposición a la legislación española de la

Directiva Marco 89/391/CEE con la LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales; y reformada con la LEY 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales; se establecen tres categorías para el factor de probabilidad y para el factor de consecuencia:

- Parámetro de probabilidad del suceso:
 - Probabilidad baja.
 - Probabilidad media.
 - Probabilidad alta.
- Parámetro de consecuencia del daño:
 - Consecuencia baja.
 - Consecuencia media.
 - Consecuencia alta.

Tales factores implican cinco características de acción y temporización del riesgo según se indica en la tabla 1.3: riesgo trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable.

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Esquema extraído del INSHT

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Tabla 1. 3 - Probabilidad y consecuencias del riesgo y acción prevista.

1.2.8.3.4. Plan de control de riesgos

Una vez identificados todos los riesgos y las deficiencias (evitables o no), ya sean de seguridad, higiene, ergonomía o psicología; y después de valorar la magnitud de la gravedad de los riesgos no evitables, se procede a aportar las medidas preventivas con las que se tiene que eliminar el riesgo o la deficiencia. Para ello se identifica el plazo (fechas previstas de inicio y finalización) en el que quedará realizada la medida, y también quién es la persona encomendada para tal fin y cuál es la unidad de obra a las que se ha asignado esta responsabilidad sobre las que se deberá informar sobre el estado de realización. Será determinante la realización de un inventario sobre las actuaciones para diseñar, mantener o mejorar los controles de riesgos. Los métodos de control deben seguir los siguientes principios:

- Combatir los riesgos desde su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo con el fin de atenuar el trabajo monótono y repetitivo y reducir los efectos en la salud.
- Se debe considerar como elemento de importancia la evolución de la técnica.
- Se debe sustituir la situación peligrosa por lo que implique poco o ningún peligro.
- Adoptar las medidas que destaquen la protección colectiva a la individual.
- Dar las correspondientes instrucciones a los trabajadores.

El plan de actuación debe examinarse antes de su establecimiento, considerando si los nuevos sistemas de control de riesgos llevan a niveles de riesgo admisibles, si los nuevos sistemas de control han generado nuevos peligros y la opinión de los trabajadores afectados sobre la necesidad y la operatividad de las nuevas medidas de control. La evaluación de riesgos debe ser, en general, un proceso vivo y constante.

1.3. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.3.1. Régimen jurídico del proceso constructivo de la edificación

La vivienda es el resultado del proceso constructivo de la edificación, proceso que ha sufrido profundas y diversas mutaciones a lo largo de la historia debido a múltiples factores de variada naturaleza. Es importante diferenciar entre los términos de proceso de construcción y proceso de edificación, ya que no todo lo que se construye es una edificación (Castellano, 2000).

El proceso de construcción se puede definir como el método de organización y disposición de elementos y sistemas constructivos, que consiste en el empleo y

combinación de materiales en función de sus cualidades, naturaleza y destino, con la finalidad de obtener la mayor solidez, belleza y aptitud.²²

La evolución del sector de la construcción ha originado la aparición de otros agentes en el proceso, que no están contemplados en el Código Civil. La consecuencia inmediata es que la responsabilidad respecto de tales agentes tampoco está integrada en el Código Civil (Fernández, 1999) sino en las diferentes leyes sectoriales donde aparecen estas figuras, tanto en la LOE (BOE, nº: 266, 1999) como en el actual CTE (BOE, nº: 74, 2006).

Sin embargo, el proceso de edificación queda definido por varias fases de actuación:

- Primera fase: previa al proceso de ejecución. mediante un estudio topográfico, geotécnico y de calificación e infraestructura urbanística del solar.
- Segunda fase: el promotor limita sus funciones a la contratación de técnicos competentes para la redacción de los documentos preceptivos para la solicitud de licencia de obra y concesión de licencia urbanística a través de la contratación de los técnicos competentes, redacción del proyecto, redacción del estudio de seguridad y salud laboral, redacción del programa de control de calidad y concesión de licencia de obras de edificación.
- Tercera fase: procedimiento de contratación del promotor con los diferentes agentes que van a desempeñar la ejecución de la edificación. Contratación entre el promotor y el contratista, entre el promotor y el Director de Obra, entre promotor y Director de ejecución material de la obra y entre promotor y Coordinador de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Cuarta fase: procedimiento de construcción de la obra con todos los agentes que requiera el proceso constructivo de la edificación para el desarrollo de la ejecución material de la obra inicio y replanteo de la edificación, proceso de ejecución de la edificación.
- Quinta fase: procedimiento de entrega del edificio a sus nuevos propietarios con la entrega de la documentación de la obra realizada junto con el Libro del Edificio proceso de legalización del edificio, certificado final de obra, licencia de primera ocupación, cédula de habitabilidad, escritura de obra nueva y división horizontal.

En lo referente a la legislación en materia de seguridad y salud se hace una breve descripción del proceso de evaluación de riesgos en el cual destaca que es requisito previo a la evaluación y control de los riesgos que la organización establezca y mantenga al día los procedimientos para registrar los requisitos normativos en seguridad

²² Como proceso de ejecución podemos considerar aquellas actividades que de hecho nos conducen a la realización de una obra.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

y salud, que afecten a la organización. Consecuentemente, implica la evaluación de riesgos las tres fases fundamentales de identificación del peligro, evaluación de los riesgos y control. Como conclusión al apartado de seguridad se indica que mientras más tarde se agilicen los recursos para implantar una cultura del riesgo, más difícil será alcanzar el desarrollo preventivo. El proceso puede llegar a ser irreversible sin una definición concreta de los propósitos y retos estratégicos para poder reducir progresivamente los accidentes (Castellano, 2008).

Se hace mención a la necesidad de implantación de una nueva cultura preventiva, liderada por los agentes implicados en el proceso mediante una formación integral de los trabajadores y las empresas (Saari, 1995). Se hace necesario el aumento del nivel de la producción en la construcción mediante mejor formación del personal y mayor innovación tecnológica. Particularizando el contenido hacia la seguridad y salud, se vuelve a matizar la necesidad de la formación de los agentes en el que se hace hincapié al desarrollo de las empresas enfocando su dirección hacia una flexibilidad, técnica y organizativamente avanzadas, con capacidad de implantación de los sistemas de gestión en todo el ámbito del proceso empresarial (Haslam et al, 2005). Siendo indispensable una concienciación social, tanto a nivel empresarial como laboral, para adoptar una actitud de respeto hacia la cultura del riesgo (Cooper & Phillips, 2004).

1.3.2. Responsabilidades por riesgos laborales en la edificación

Los últimos años nos han permitido ser testigos de una imparable paradoja: la de una sociedad con mecanismos productivos crecientemente tecnificados y supuestamente seguros para la vida y la integridad de las personas, junto con un imparable aumento de accidentes y enfermedades ligados al trabajo, que si en otras épocas podían verse como un tributo obligado a la economía productiva, no son tolerables para la conciencia social actual (Fernández, 1999). José M. Fernández establece que la prevención y la reparación van unidas, siendo imprescindible establecer lazos de prevención frente a situaciones de riesgo, evitando las penalizaciones y los reproches con el consecuente aumento del riesgo.

Bestratén, hace indicación que nuestro sistema judicial no establece criterios específicos de responsabilidad, pudiendo constatar que son la seguridad social y el sistema público de salud los que acometen casi todo el coste por fallecimiento, invalidez y prestaciones sanitarias; mientras que las responsabilidades e indemnizaciones individuales se imponen mediante criterios objetivos, culpabilizando a individuos que nada tuvieron que ver con la acción reprochable. Utilizando para ello la mejor póliza de seguro, con la idea de que será una gran compañía la que ha de pagar. Lo que indica una auténtica corrupción del sistema, que no es fácilmente erradicable, más que a condición de un cambio de mentalidad y de propósito, pues el automatismo y

pragmatismo en la determinación de los “responsables” redundaría en una “anticultura de la prevención”, una vez que el sujeto diligente no va a ser excusado de pagar los daños causados por los verdaderamente culpables (Bestratén, 2008).

En las circunstancias actuales del mercado de la construcción puede parecer excesivo preguntarse si no habrá llegado la hora de exigir una habilitación previa para ejercer como empresario en el sector. Cuando no son capaces de garantizar ni el producto, ni a los propios trabajadores. Incluyendo la escasa cualificación profesional y formativa que abunda en el sector; incluso por lo poco interesantes o poco rentables que suponen la formación por parte de las empresas a estos trabajadores (Flintrop, 2012).

Haciendo referencia a las recomendaciones que propone el organismo Health And Safety Executive²³, hay que individualizar las responsabilidades que corresponden a cada uno, a los verdaderamente culpables, a los infractores e indiligentes, y terminar con la práctica perversa de desplazarlas hacia los sujetos con mejor póliza de seguros, como los técnicos e, incluso, que a los trabajadores se les deje de tratar como menores de edad por la normativa vigente, que no les atribuye auténticas obligaciones, ni les impone responsabilidad administrativa alguna (INDG417, 2013). Constituye una intolerable barbarie jurídica para una sociedad civilizada el que no se pueda responsabilizar penalmente a nadie²⁴, para que la responsabilidad penal pueda servir de soporte a la obtención de indemnización para la víctima o sus familiares, concurra o no culpa del condenado.

1.3.3. Convenios con la Organización Internacional del Trabajo, OIT

Es con el **Convenio 155** de la Organización Internacional del Trabajo (OIT, C-155, 1981) y ratificado en España el 11 de septiembre de 1985²⁵ sobre la Seguridad y Salud de los Trabajadores y Medio Ambiente del Trabajo; el que implica las prescripciones de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre sobre la Prevención de Riesgos Laborales (BOE, nº: 269, 1995). En su artículo 4 obliga a los estados miembros a formular una política coherente en materia de seguridad y salud de los trabajadores y del medio ambiente de trabajo; y a prevenir los accidentes y los daños para la salud como consecuencia del trabajo desarrollado. Haciendo balance sobre las causas que los provocan. Dicho artículo se relaciona directamente con el concepto de evaluación de riesgos en cuanto al análisis y

²³ Health and Safety Executive (HSE) es el organismo propuesto por el gobierno de Reino Unido para la prevención de la muerte, las heridas y la enfermedad de la salud en los puestos de trabajo.

²⁴ Como se hace en nuestra práctica judicial con indeseable frecuencia.

²⁵ Convenio 155 de OIT, actualmente en vigor.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

alcance de un peligro, comprobando la probabilidad y la exposición al riesgo en base a los daños ocasionados.

Otros convenios que implican una relación hacia la evaluación de los riesgos para las obras de edificación son:

- **Convenio 42**, relativo a la indemnización por enfermedades profesionales (OIT, C-042, 1936), obligando a garantizar a las víctimas de enfermedades profesionales o a sus derechohabientes una indemnización basada en los principios generales de su legislación nacional sobre la indemnización por accidentes del trabajo.
- **Convenio 62**, relativo a las prescripciones de seguridad en la industria de la edificación (OIT, C-062, 1937), que se aplicará a todos los trabajos efectuados en el tajo y relacionados con la construcción, reparación, transformación, conservación y demolición de toda clase de edificios.
- **Convenio 115**, relativo a la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes (OIT, C-115, 1962), en el que se deberán adoptar todas las medidas apropiadas para lograr una protección eficaz de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes, desde el punto de vista de su salud y de su seguridad.
- **Convenio 119**, relativo a la protección de la maquinaria (OIT, C-119, 1963), considerando que las máquinas están movidas por una fuerza no humana, ya sean nuevas o de ocasión.
- **Convenio 127**, relativo al peso máximo de la carga que puede ser transportada por un trabajador (OIT, C-127, 1967), para que todo trabajador empleado en el transporte manual de carga que no sea ligera reciba, antes de iniciar esa labor, una formación satisfactoria respecto de los métodos de trabajo que deba utilizar, a fin de proteger su salud y evitar accidentes.
- **Convenio 148**, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el puesto de trabajo (OIT, C-148, 1977) siendo la contaminación del aire el aire contaminado por sustancias que sean nocivas para la salud o entrañen cualquier otro tipo de peligro; siendo el ruido cualquier sonido que pueda provocar una pérdida de audición o ser nocivo para la salud o entrañar cualquier otro tipo de peligro; y siendo las vibraciones toda vibración transmitida al organismo humano por estructuras sólidas que sea nociva para la salud o entrañe cualquier otro tipo de peligro.
- **Convenio 167** sobre seguridad y salud en la construcción (OIT, C-167, 1988), el cual se aplica a todas las actividades de construcción, es decir, los trabajos de edificación, las obras públicas y los trabajos de montaje y desmontaje, incluidos

cualquier proceso, operación o transporte en las obras, desde la preparación de las obras hasta la conclusión del proyecto.

- **Convenio 170** sobre los productos químicos (OIT, C-170, 1990), siendo de aplicación a todas las ramas de actividad económica para la producción de productos químicos; para la manipulación de productos químicos; para el almacenamiento de productos químicos; para el transporte de productos químicos; para la eliminación y el tratamiento de los desechos de productos químicos; para la emisión de productos químicos resultantes del trabajo; y para el mantenimiento, la reparación y la limpieza de equipo y recipientes utilizados para los productos químicos; productos químicos.
- **Convenio 187** sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo (OIT, C-187, 2006), para promover la mejora continua de la seguridad y salud en el trabajo con el fin de prevenir las lesiones, enfermedades y muertes ocasionadas por el trabajo mediante el desarrollo de una política, un sistema y un programa nacionales, en consulta con las organizaciones más representativas de empleadores y de trabajadores.

1.3.4. Normativa comunitaria

Es a través del Tratado Constitutivo de la Comunidad Económica Europea, en el Acta Única del Tratado de Roma, en el que se incluyeron dos artículos que implicaban consecuencias en el tratamiento para la seguridad y salud laboral. El Artículo 118.a) promueve la mejora del medio de trabajo mediante la armonización de las normativas nacionales en materia de seguridad y salud; y el Artículo 118.b) establece el diálogo necesario entre los empresarios y los trabajadores. Finalmente, el Artículo 100.a) impide la comercialización de productos inseguros con el fin de la protección de los consumidores (empresarios y trabajadores) y de los ciudadanos en general.

La aplicación de estos articulados se lleva a cabo mediante las Directivas de la CEE. La más significativa es la **Directiva Marco 89/391/CEE** (DOUE nº:183, 1989) en la que se establecen las directrices fundamentales en materia de prevención comunitaria. Dicha Directiva queda traspuesta en el estado español mediante la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 de 8 de noviembre** (BOE, nº: 269, 1995).

Directivas relacionadas con el concepto de Evaluación de Riesgos a nivel general de una obra de construcción:

- **Directiva D-89/391/CEE**, de 12 de junio de 1989, sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo (Directiva Marco).

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- **Directiva D-89/654/CEE** (DOUE nº:393, 1989), de 30 de noviembre de 1989, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los puestos de trabajo (1ª específica).
- **Directiva D-89/655/CEE** (DOUE nº:260, 1989), de 30 de noviembre de 1989, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo (2ª específica), modificada por las Directivas 95/63/CEE y 2001/45/CEE.
- **Directiva D-89/656/CEE** (DOUE nº:393, 1989), de 30 de marzo de 1989, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual (3ª específica).
- **Directiva D-90/269/CEE** (DOUE nº:156, 1990), de 29 de mayo de 1990, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que tenga riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores (4ª específica).
- **Directiva D-92/58/CEE** (DOUE nº:245, 1992), de 24 de junio de 1992, sobre las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (9ª específica).
- **Directiva D-2009/104/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE nº:260, 2009), de 16 de septiembre de 2009, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo.

Directivas relacionadas con el concepto de Evaluación de Riesgos a nivel específico de una obra de construcción:

- **Directiva D-90/270/CEE** (DOUE Nº:171, 1990), de 29 de mayo de 1990, pantallas de visualización.
- **Directiva D-91/383/CEE** (DOUE nº:206, 1991), de 25 de junio de 1991, trabajo temporal.
- **Directiva D-92/57/CEE** (DOUE nº:245, 1992), de 24 de junio de 1992, construcciones temporales o móviles.
- **Directiva D-98/24/CEE** (DOUE nº:131, 1998), de 7 de abril de 1998, agentes químicos durante el trabajo.
- **Directiva D-2000/54/CE** (DOUE nº:262, 2000), de 18 de septiembre de 2000, exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- **Directiva D-2002/44/CE** (DOUE nº:177, 2002), de 25 de junio de 2002, agentes físicos (vibraciones).

- **Directiva D-2003/10/CE** (DOUE nº:42, 2003), de 6 de febrero de 2003, agentes físicos (ruido).
- **Directiva D-2006/25/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE nº:114, 2006), de 5 de abril de 2006, agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales).
- **Directiva D-2008/46/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE nº:114, 2008), de 23 de abril de 2008, agentes físicos (campos electromagnéticos).
- **Directiva D-2009/148/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre exposición al amianto durante el trabajo (DOUE nº:330, 2009).

1.3.5. Transposición de Metodología de evaluación de riesgos

1.3.5.1. Gran Bretaña

Gran Bretaña tiene una extendida tradición en la regulación de la salud y la seguridad laboral, y que se remonta a más de 150 años. En la actualidad, la base del programa gubernamental en materia de prevención se basa en la Ley de 1974 “*Health and Safety at Work etc.*” (Act-1974-37, 1974) que en su capítulo 37 establece asegurar la salud, seguridad y bienestar de las personas en el trabajo, protegiendo contra los riesgos para la salud o la seguridad en función a la actividad que desempeña el trabajador, controlando el uso y prevención de adquisiciones ilegales, posesión y uso de sustancias peligrosas y el control de emisiones peligrosas a la atmósfera. Las últimas modificaciones se han realizado en el año 2008. Proporcionando una estructura institucional unificada en el marco jurídico de la salud y la seguridad. Y a través del ejecutivo de Seguridad y Salud²⁶ se hace cumplir la ley en los campos de las instalaciones nucleares, fábricas, granjas, hospitales, escuelas, instalaciones de gas y petróleo en alta mar, sistemas de distribución eléctricos, transporte de mercancías y sustancias peligrosas; incluso en los sectores minoristas y finanzas (HSE-49, 2013; HSG-150, 2006).

A través de la Directiva Marco 89/391/EEC se procedió a la transposición a la legislación británica con la Ley 1999 Regulación de la Gestión para la seguridad y salud en el trabajo (HSG-65, 2013) que estableció las bases obligatorias de los empresarios para evaluar, evitar y reducir los riesgos laborales. La evaluación de riesgos que se establece en el Reino Unido para proteger a los trabajadores y a las empresas complementando las obligaciones legales, se definen de igual manera que en España. Los requerimientos para la evaluación de riesgos quedan definidos en la siguiente relación de leyes (INDG218, 2004):

²⁶ HSE, Health and Safety Executive. Su misión es la de evitar la muerte, lesiones y problemas de salud en los lugares de trabajo en Gran Bretaña.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Management of Health and Safety at Work Regulations 1999 (Management Regulations);
- Manual Handling Operations Regulations 1992 (as amended by the Health and Safety (Miscellaneous Amendments) Regulations 2002) (Manual Handling Regulations);
- Personal Protective Equipment at Work Regulations 1992 (PPE);
- Health and Safety (Display Screen Equipment) Regulations 1992 (as amended by the Health and Safety (Miscellaneous Amendments) Regulations 2002) (Display Screen Regulations);
- Noise at Work Regulations 1989 (Noise Regulations);
- Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (COSHH);
- Control of Asbestos at Work Regulations 2002 (Asbestos Regulations); and
- Control of Lead at Work Regulations 2002 (Lead Regulations).

1.3.5.2. Alemania

A partir de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo se sintetizan las características sobre la Seguridad y Salud del ordenamiento alemán.

El sistema alemán de protección del trabajador se caracteriza por una estructura dual. Consta de la protección estatal de los trabajadores (de ámbito federal y regional) y de los seguros de accidente, en régimen autónomo. El componente estatal (federal y regional) promulga leyes, ordenanzas y reglamentos a partir de comités estatales. En caso necesario y previa aprobación del gobierno federal o los gobiernos regionales, las entidades aseguradoras formulan su propia normativa de protección contra accidentes. Es el Ministerio Federal de Trabajo y Asuntos Sociales (BfAS)²⁷, a través del Organismo de Seguridad y Salud²⁸, la gestión en materia de prevención para la Seguridad y Salud en los puestos de trabajo. Es el órgano competente en materia de seguridad e higiene en el trabajo en Alemania. Ofrece asesoramiento y asistencia a empresas, gobierno, agentes sociales, y al público en general.

Se basa en la Directiva Marco 89/391/ECC y en las leyes internacionales establecidas por el Organismo Internacional del Trabajo (OIT), transpuestas al ordenamiento jurídico

²⁷ Bundesministerium für Arbeit und Soziales, BfAS.

²⁸ Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz.

alemán con la Ley para la Seguridad Ocupacional. El BfAS coordina todos los organismos que participan en materia de seguridad y salud laboral²⁹, que son:

- Comité Federal para la Seguridad y Salud Laboral (LASI);
- Seguridad Social para accidentes de Alemania (DGUV);
- Instituto Federal para la Seguridad y Salud Laboral (BAuA); El Federal Institute for Occupational Safety and Health, es un organismo público alemán, constituido el 01.07.1996, y dependiente del Ministerio Federal de Trabajo y Asuntos Sociales. Es el órgano competente en materia de seguridad e higiene en el trabajo en Alemania. Ofrece asesoramiento y asistencia a empresas, gobierno, agentes sociales, y al público en general.
- Asociación Federal de las Instituciones de Seguros de Accidentes para el Sector Agrícola (BLB);
- Confederación de Sindicatos Alemanes (DGB) y
- Confederación de Asociaciones de Empresarios de Alemania (BDA).

Al ser una ley transpuesta de la Directiva Marco, las generalidades sobre la evaluación de riesgos se basan en las mismas características, por lo que los fundamentos son los mismos, aunque las gestiones burocráticas sean muy diversas.

1.3.5.3. Francia

A partir de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo se sintetizan las características sobre la Seguridad y Salud del ordenamiento francés. El sistema francés de prevención de los riesgos profesionales abarca el Ministerio de Trabajo, que desarrolla y utiliza las leyes de salud y seguridad en el trabajo, e impulsa la relación con los agentes sociales en el seno del Consejo de ordenación sobre las condiciones de trabajo; Los organismos de la Seguridad Social que colaboran en la prevención de los riesgos profesionales y se apoyan en la Caja Nacional de seguro de enfermedad de los trabajadores asalariados y en las Cajas regionales del seguro de enfermedad; Corporaciones con vocación científica, operativa o médica, encargados de la prevención, la anticipación, el conocimiento y la gestión de los riesgos profesionales. El más importante es la Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria del Medioambiente y el Trabajo³⁰, que determina en el fomento de la mejora de los conocimientos en materia

²⁹ Länder-Ausschuss für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (LASI); Deutsch Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV); Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA); Bundesverband der Berufsgenossenschaften der Agricultural Sector (BLB); Bundesvereinigung der Deutschen Gewerkschaftsbund (DGB); Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA).

³⁰ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

de prevención de los riesgos profesionales. La Agencia Nacional para la Mejora de las Condiciones de Trabajo³¹ que asesora a las empresas y actúa en lo referente a la prevención de los riesgos laborales; y finalmente, los Servicios Laborales Médicos están asegurados por uno o varios especialistas en medicina laboral cuyo papel preventivo es evitar la alteración de la salud de los trabajadores debido a su actividad.

El Instituto Nacional de Investigación de Seguridad³² es el equivalente al INSHT de España. La transposición de la Directiva Marco al reglamento francés con la Ley 91-1414 de 31 de diciembre del año 1991; y que en base al artículo L.4121-1, que obliga al empresario a tomar todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad y proteger la salud de los trabajadores, como base al principio general de prevención (L.4121-2 y L.4121-2) y a la realización de una evaluación de riesgos (L.4121-3). El Decreto 2001-1016 del 5 de noviembre del año 2001 establece la obligatoriedad de la realización de un documento único de los resultados de la evaluación de riesgos para todas las empresas (ED5018, 2012).

Los métodos de evaluación franceses se caracterizan por la inclusión de los riesgos psicosociales en los formularios.

1.3.5.4. Países miembros de la Unión Europea

Cada uno de los países dispone de un Organismo que gestiona las normas en materia de seguridad y salud. Siendo las transposiciones a cada país las normas de obligado cumplimiento; y concernientes a la evaluación de riesgos laborales, se basan en la Directiva Marco 89/391/CEE (DOUE nº:183, 1989).

1.3.5.5. España

Respecto a la normativa en cuestión de Seguridad y Salud Laboral existen Real Decretos, Ley, Órdenes, Ordenanzas, Resoluciones, datadas desde el año 1940 con el Reglamento General de 31 de enero, derogada parcialmente por Orden de 9 de marzo de 1971 y derogada, definitivamente, por Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre³³. Desde entonces se han publicado normativas en materia de seguridad y

³¹ Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail. Comenzó su andadura en 1973 con el objetivo de impulsar la calidad en las condiciones de trabajo para la eficiencia de las empresas.

³² l'Institut National de Recherche et de Sécurité. (INRS).

³³ Fuente de información: Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la provincia de Sevilla, en el siguiente enlace:

http://www.coaat-se.es/colegio/col13/normativa_gt_individual.asp?IdDisposicion=1861&CodigoTipo=
(Consulta: 19/09/2013).

salud muy variables y adaptadas a las condiciones de las empresas y de los trabajadores que en ellas efectúan su labor.

El Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo³⁴ realiza un compendio de la relación de normativa en base a la Prevención y Gestión y en particular a la evaluación y planificación de la seguridad y salud, en las que se indican los artículos de ley específicos hacia la evaluación de riesgos. Varios caracteres se especifican para la identificación de las normas de evaluación y sus correspondientes artículos relacionados con la materia, publicados por la Agencia Estatal del Boletín Oficial del Estado y actualizado 27 de marzo de 2017, que son las siguientes (BOE, 2017):

- Normas generales.
- Normas reglamentarias.
- Inspección de trabajo y seguridad social.
- Comisión nacional de seguridad y salud en el trabajo.
- Coordinación de actividades empresariales.
- Servicios de prevención.
- Administración general del estado.
- Centros y establecimientos militares.
- Guardia Civil.
- Cuerpo nacional de policía.
- Infracciones y sanciones.

A su vez el INSHT publica una serie de guías técnicas relacionadas con la evaluación de riesgos laborales:

- Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales. Basada en el RD 604/2006 (BOE, nº:127, 2006).
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a las obras de construcción. Basada en el RD 1627/1997 de 24 de octubre y en el RD 39/1997 (BOE, nº: 256, 1997).

³⁴ En el siguiente enlace están localizadas las normativas en relación a la evaluación de riesgos, publicadas por el INSHT:

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.4ad57ff5e71385ff212d8185060961ca/?vgnextoid=ff3cc6b33a9f1110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&tipo=54268d22749f5210VgnVCM100000d02350aTAXC>
(Consulta: 19/09/2013).

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Guía técnica de simplificación documental. Basada en el RD 39/1997 de 17 de enero (BOE, nº:27, 1997), Con orientaciones para la elaboración de un documento único que contenga el plan de prevención de riesgos laborales, la evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva.
- Guía técnica para la mejora de la eficacia y calidad de las actuaciones de los Servicios de Prevención Ajenos. Basada en el RD 39/1997 (BOE, nº: 27, 2015).
- Directrices básicas para el desarrollo de la prevención de los riesgos laborales en la empresa (Castellá, 2013).

1.3.6. El CTE y la Seguridad y Salud en las obras

El Código Técnico de la Edificación fue aprobado en España el 17 de marzo del año 2006 (BOE, nº: 74, 2006). Su entrada en vigor implicó novedad en la manera de entender la construcción (Urbicad, 2013).

El CTE hace referencia a la Seguridad y Salud laboral en base a los documentos que deben contener el Proyecto de Ejecución en la *Parte I* con el Estudio Básico DE Seguridad y Salud o, en su caso, el Estudio de Seguridad y Salud; considerando implícito, que es de aplicación el RD 1627/1997 (BOE, nº: 256, 1997). De la misma forma hace mención al presupuesto de seguridad y salud, entendido como un capítulo más con desglose de precios y mediciones.

En el *Anejo II de la Parte I*, respecto a la documentación del seguimiento de la obra, en cuanto al Libro de Incidencias en materia de seguridad y salud, con referencia al RD 1627/1997.

Por último el CTE hace referencia a las labores de seguridad y salud en el Documento Básico para la seguridad estructural de los cimientos: CTE-DB-SE-C, en su punto 3 sobre estudios geotécnicos, en el que las técnicas de prospección se realizarán conforme al 1627/1997.

Básicamente, el CTE no establece las condiciones de seguridad y salud para el desarrollo de las obras, haciendo ver que la documentación sea un “trámite”³⁵ administrativo. Ni el INSHT ni el Ministerio de Fomento dejan claro que las condiciones constructivas y las fases de obras deberían estar implementadas con la Seguridad y Salud, haciendo partícipes a las empresas para la realización efectiva de la actividad preventiva en su estructura organizativa.

³⁵ Entiéndase el término “trámite” como documentación administrativa de fácil realización, de concepto repetitivo.

1.3.7. Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo

Esta agencia, cuyas siglas son EU-OSHA, trabaja para establecer en Europa los entornos de trabajo más seguros, saludables y productivos, fomentando la cultura de la prevención de riesgos, mejorando, así, las condiciones de trabajo. Mediante campañas de sensibilización y difusión de información posibilitan diseños de guías de trabajo en la ayuda de la evaluación.

La agencia colabora con los Organismos de cada estado miembro mediante la investigación para identificar y evaluar nuevos riesgos en el trabajo y, a su vez, integrando la seguridad y salud laboral en otros temas como son la educación, la salud pública y la investigación.

El documento legislativo europeo más importante en materia de evaluación de riesgos es la Directiva³⁶ marco 89/391 (DOUE nº:183, 1989). Esta directiva es un marco que contiene los «principios generales relativos a la prevención de riesgos laborales... así como una guía general para la adopción de dichos principios» (Art.1.2.)³⁷. Hace responsables a los empresarios de garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con el trabajo, y la evaluación de riesgos es un aspecto integral de la gestión de la seguridad y la salud en el trabajo obligatoria. Según lo dispuesto en la Directiva, la evaluación de riesgos debe ser la base de un proceso exhaustivo. Desempeña un papel central porque permite a los empresarios adoptar las medidas necesarias para proteger la seguridad y la salud de sus trabajadores.

1.3.8. Occupational Safety And Health Administration, OSHA

OSHA³⁸ es parte del Departamento de Trabajo de los Estados Unidos. Su Administrador es el Secretario Auxiliar del Trabajo para la Seguridad y Salud Laboral. Responde a la Secretaría de Trabajo, miembro del gabinete del Presidente de los Estados Unidos. La

³⁶ Una directiva es un acto jurídico previsto en el Tratado de la Unión Europea. Es jurídicamente vinculante en su totalidad y obliga a los Estados miembros a transponerla al Derecho nacional dentro de un plazo determinado. Una directiva entra en vigor cuando se publica en el Diario Oficial de la Unión Europea.

³⁷ Artículo 1. Objeto.

1.- El objeto de la presente Directiva es la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.

2.- A tal efecto, la presente Directiva incluye principios generales relativos a la prevención de los riesgos profesionales y la protección de la seguridad y de la salud, la eliminación de los factores de riesgo y accidente, la información, la consulta, la participación equilibrada de conformidad con las legislaciones y/o los usos nacionales, la formación de los trabajadores y de sus representantes, así como las líneas generales para la aplicación de dichos principios.

3.- La presente Directiva no afecta a las disposiciones nacionales y comunitarias, existentes o futuras, que sean más favorables para la protección de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.

³⁸ Administración para la Seguridad y Salud Laboral.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Ley OSH cubre a empresarios de los sectores privados y sus trabajadores, además de algunos empresarios y trabajadores del sector público en los 50 estados y en algunos territorios y jurisdicciones bajo autoridad federal. Esas jurisdicciones incluyen el Distrito de Columbia, Puerto Rico, las Islas Vírgenes, Samoa Americana, Guam, Islas Marianas del Norte, Isla Wake, Isla Johnston, y las Plataformas Continentales Externas tal como se definen en la Ley de Tierras de la Plataforma Continental Exterior.

Leyes y Legislación pertinentes para la regulación de la Seguridad y Salud laboral: Ley 91-596 sobre la Seguridad y Salud Laboral de 1970, del 29 de diciembre de 1970 con las modificaciones hasta 1 de enero del 2004³⁹. Para asegurar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores y trabajadoras; al autorizar la aplicación de las normas elaboradas conforme a la Ley, de ayudar y alentar a los Estados en sus esfuerzos por garantizar unas condiciones de trabajo seguras y saludables, mediante el establecimiento de la investigación, la información, la educación, y la formación en materia de seguridad y salud en el trabajo, y para otros fines.

Para las obras de construcción (Bridges, 2008) se recomienda la realización de evaluaciones de riesgos durante todo el proceso constructivo, desde la concepción del proyecto hasta el mantenimiento posterior del edificio. Tal y como muestra la tabla 1.4 en la que se identifica en qué momento durante el proceso de un proyecto se debe realizar una evaluación del riesgo y con qué tipo de metodología de evaluación.

PROCESS SAFETY MANAGEMENT APPLIED TO PROJECTS					
PSR STAGE	DESCRIPTION	APPROPRIATE PHA	APPROPRIATE OSHA 29 CFR 1910, 119	PROJECT PROGRAM	IMPORTANT DOCUMENTATION

Tabla 1. 4 - Proceso de gestión de la seguridad aplicado a proyectos.

Esquema del proceso de gestión de la seguridad durante un proyecto. Extraído de la ponencia “Selection of Hazard Evaluation Techniques” (Bridges, 2008). Véase la tabla completa en el Anexo IV.

1.3.9. Asociación Internacional de la Seguridad Social, ISSA

Es una institución internacional que promueve y desarrolla la seguridad social en el mundo. Fundada en 1927, tiene su sede en la Oficina Internacional del Trabajo en Ginebra. En cuanto a la prevención en la industria de la construcción durante la XXX-Coloquio Internacional del Comité Internacional para la prevención de los riesgos

³⁹ Occupational Safety & Health Act of 1970 (Public Law 91-596, December 29, 1970 with amendments through January 1, 2004).

profesionales en la construcción y obras públicas celebrado el 16 de octubre del año 1012 en Boston, EEUU, se trataron los problemas sobre el envejecimiento y la globalización, y su influencia en materia de seguridad y salud. Mirado desde tres perspectivas muy diferentes: economía, empresa e individuo⁴⁰. En cuanto a la cultura de la prevención se basa en los objetivos fijados en la Declaración de Seúl para la seguridad y salud en el Trabajo⁴¹, debido a que 2,3 millones de trabajadores mueren cada año en su puesto de trabajo implicando una pérdida económica de más de 4% del producto interior bruto. Se estableció priorizar la seguridad y la salud en el trabajo y fomentar una cultura de la prevención, mediante derechos, responsabilidades y deberes bien definidos. La Declaración establece las pautas para los gobiernos⁴², los empleadores⁴³ y los trabajadores⁴⁴ (Cumbre de Seúl, 2008).

En cuanto a la evaluación de riesgos establecer una cultura de la prevención de riesgos a nivel gubernamental, empresarial y laboral, tal y como se dice en la Declaración de Seúl, facilita el análisis inicial frente a los riesgos existentes haciendo partícipes a todos los agentes.

1.3.10. The National Institute for Occupational Safety and Health, (NIOSH)

Los principales objetivos del NIOSH⁴⁵ son desarrollar y establecer una nueva etapa para los profesionales de la seguridad y salud, fundamental para el futuro. Una parte de la misión es definir un programa soporte para los Centros de Educación e Investigación y Subvenciones para proyectos de formación. Y establecer los niveles de enseñanza en nueve disciplinas, que son seguridad en el trabajo, higiene industrial, medicina del trabajo, enfermería del trabajo, salud física ocupacional, ergonomía, epidemiología ocupacional, psicología de la salud ocupacional y prevención de accidentes de trabajo.

⁴⁰ Fuente consultada para dicho evento; se puede localizar en la siguiente enlace a internet:

<http://www.issa.int/esl/Noticias-y-Eventos/Events/XXXe-Coloquio-Internacional-del-Comite-Internacional-de-la-AISS-para-la-Prevencion-de-los-Riesgos-Profesionales-en-la-Construccion-y-Obras-Publicas> (19/09/2013).

⁴¹ La Declaración de Seúl sobre seguridad y salud en el trabajo fue adoptada el 29 de junio de 2008 por unos 50 responsables de la toma de decisiones de alto nivel provenientes de todo el mundo, como un nuevo e importante proyecto para crear una cultura mundial de seguridad y salud en el trabajo.

⁴² Considerar prioritario la ratificación del Convenio sobre el Marco Promocional para la Seguridad y Salud en el Trabajo, 2006 (núm.187) de la OIT, así como otros convenios pertinentes de la OIT en materia de seguridad y salud en el trabajo, y deberían garantizar la aplicación de sus disposiciones para mejorar el funcionamiento nacional de la seguridad y salud en el trabajo de manera sistemática.

⁴³ Deberían garantizar que Los trabajadores y sus representantes sean consultados, capacitados, informados e implicados en todas las medidas relacionadas con su seguridad y salud en el trabajo.

⁴⁴ Deberían seguir las instrucciones, participar en los cursos de formación y concienciación, y cooperar con sus empleadores, en las medidas de seguridad y salud laboral.

⁴⁵ NIOSH – Su traducción al español: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud en el Trabajo.

1.4. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1. Métodos tradicionales de evaluación de riesgos

A continuación se procede al estudio teórico y analítico mediante búsqueda de información experta, a través de términos seleccionados en el tesauro⁴⁶ especializado de la base de datos ProQuest⁴⁷ dentro de dos áreas temáticas: ciencia y tecnología, y ciencias sociales y jurídicas.

1.4.1.1. Método del INSHT

Es el método general de evaluación de riesgos que emite el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Gómez-Cano, 1996). El método que propone el INSHT para la evaluación de riesgos es adaptable a las obras de edificación. En sí, es el método más extendido para la realización de las evaluaciones de riesgos. Aunque la capacidad para interpretar los datos requiera de especialistas en prevención y técnicas constructivas. Tal y como se indicaba en la tabla 1.3, como modelo propuesto por el INSHT, hay que valorizar la probabilidad, consecuencias y el riesgo. Dicha valorización queda al amparo de la interpretación subjetiva del especialista en prevención, con la posibilidad de rellenar con asteriscos o con valores numéricos, estableciendo escalas internas dentro de la propia tabla. Las bases de datos, por la experiencia acumulada en las empresas, determinan valores cada vez más objetivos.

Los resultados que ofrece son subjetivos y analizan la tolerancia del riesgo en cinco niveles:

- Tolerancia del riesgo trivial.
- Tolerancia del riesgo tolerable.
- Tolerancia del riesgo moderada.
- Tolerancia del riesgo importante.
- Tolerancia del riesgo intolerable.

El esquema que representa este método corresponde a la tabla 1.5 en el que se identifica la matriz de la tolerancia del riesgo entre la probabilidad de que ocurra el suceso y las consecuencias que puede llegar a tener si ocurre. Dicho método fue seleccionado para su aplicación práctica en el estudio preliminar.

⁴⁶ RAE: Tesauro es la lista de palabras o términos empleados para representar conceptos. Proviene del latín thesaurus ('tesoro'), y este a su vez del griego clásico thesauros (θησαυρός, 'almacén', 'tesorería').

⁴⁷ ProQuest, es una compañía centrada en la información para la investigación. <http://www.proquest.co.uk/en-UK/languages/spanish/>

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Esquema extraído del INSHT

Tabla 1. 5 - Esquema de evaluación general de riesgos.

Este esquema es el que plantea el INSHT como metodología genérica de evaluación de riesgos.

1.4.1.2. Método de ANACT

NTP 210: Análisis de las condiciones de trabajo: método de la A.N.A.C.T. “*Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail*”⁴⁸, información del INSHT (Nogareda, 1988).

La premisa inicial del método se basa en la descripción formal de una empresa, de su funcionamiento y de los posibles fallos de su organización. Basando la información en unas fichas en las que se recopila información y proceder a un análisis sistemático de las condiciones de trabajo. Considerando las condiciones de trabajo, a partir de la definición de Leplat (Leplat, Cuny & Iraeta, 1978):

“...el conjunto de factores que pueden influir sobre las conductas de trabajo, entendiendo como tales las actividades necesarias para desarrollar el trabajo, ya sean físicas o verbales.”

La metodología se presenta como una herramienta para analizar las condiciones de trabajo de una empresa con el fin de suscitar la acción. Se basa en la convicción de que (Exiga, Piolet & Sainsaulieu, 1981):

“...los trabajadores, sea cual sea su función, son los mejores expertos de sus condiciones de trabajo.”

Pretende ser una guía para los distintos actores sociales de una organización por lo que es directamente utilizable por todas aquellas personas que, de una manera u otra, estén

⁴⁸ Agencia Nacional para la Mejora de las Condiciones de Trabajo.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

relacionadas con la mejora de las condiciones de trabajo, ya sea la Dirección, el Departamento de Seguridad e Higiene, el Comité de Seguridad e Higiene, el Comité de Empresa o los trabajadores.

El método de ANACT Es un método de evaluación de riesgos para las empresas que publica la Agencia Nacional para la Mejora de las Condiciones de Trabajo de Francia. Es un método que analiza todos los factores de riesgos (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología) que se dan en la empresa, haciendo partícipes a los trabajadores. Es un método empleado en empresas en las que la seguridad y la higiene han alcanzado, ya, un cierto grado de desarrollo. Es un método global que diagnostica situaciones de trabajo con presencia de acciones críticas; y, además, suscita la acción y participación de los miembros de la empresa. El método es una guía para los distintos actores sociales de una organización, instrumento de participación y mejora a distintos niveles de gestión. Particularizando el método a las circunstancias o factores de riesgo en las obras de edificación nos encontramos que habitualmente, los operarios suelen establecer una relación social con el entorno más próximo a su puesto de trabajo, durante su fase o paso por el tajo de obra. Generalmente, en las obras de edificación en España, no se produce una participación pluridisciplinar ya que está muy marcada la jerarquía de los agentes que participan en la obra. Y la posible participación estaría condicionada a los intereses propios (personales y empresariales) más que a los intereses de la seguridad y la evaluación del riesgo.

El método de la A.N.A.C.T. comprende las siguientes etapas:

- Conocer la empresa; con una visión global del estado de las condiciones de trabajo en los distintos sectores de la empresa.
- Análisis global de la situación. El objetivo de esta etapa es realizar una evaluación del estado de las condiciones de trabajo y en qué dependencias deberá realizarse un análisis complementario.
- Encuesta sobre el terreno. Se contemplan nueve aspectos globales, cada uno de los cuales es evaluado a través de una serie de indicadores, sobre los que se adjudican diferentes criterios (0: sin importancia; 1: tener en cuenta, 2: bastante importante y 3: muy importante).
- Balance del estado de las condiciones de trabajo. Se rellenan dos fichas respecto a la evaluación global de cada uno de los indicadores anteriores: bien, regular, mal; trazando el perfil proporcionado a la dependencia estudiada.
- Discusión de los resultados obtenidos y propuesta de un programa de mejora. Controlando la puesta en práctica de las acciones, en base a los posibles retrasos, poniendo de manifiesto las dificultades imprevistas y comprobando la adecuación o no de las soluciones previstas.

Dicho método fue seleccionado para su aplicación práctica en el estudio preliminar.

Esquema del método. En la tabla 1.6 se resumen los cinco pasos a seguir con el método ANACT, con los conceptos y fichas de cada uno de ellos.

Tabla 1. 6 - Método de evaluación de riesgos ANACT.

1.4.1.3. Método de FIABILIDAD HUMANA

En base a la Nota Técnica de Prevención NTP 401: “*Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos.*” Ficha técnica de información del INSHT (Arquer, 1998); este método se lleva utilizando desde mediados del siglo XX, y es uno de los más antiguos y efectivos. Es un método que se particulariza en todo lo que se refiera a sistemas nucleares, buscando la aceptación de la población y su puesta en marcha. Es un método que se basa en dos técnicas de análisis de fiabilidad humana: La técnica para la predicción de la tasa de error humano (método THER) y la técnica para la predicción y reducción del error humano sistemático (método SHERPA); ambas no fueron seleccionadas debido a su complejidad para la aplicación en obras de edificación.

1.4.1.3.1. Método para la Predicción del Error Humano. THERP

La técnica “Technique for Human Error Rate Prediction” (THERP) es considerada por los expertos como la mejor de las técnicas actualmente disponibles, y se encuadra entre los métodos predictivos y cuantitativos de análisis de fiabilidad humana; en base a la Nota Técnica de Prevención NTP-377 del INSHT (Arquer, 1999). El objetivo del método THERP es:

*«Predecir las probabilidades de error humano y evaluar el deterioro de un sistema individuo-máquina causado por los errores humanos (tomados aisladamente o en relación con el funcionamiento de los equipos técnicos), por los procedimientos o las prácticas de ejecución, así como por las otras características del sistema o de la persona que influyen en el comportamiento del mismo»*⁴⁹

El Método para la Predicción del Error Humano es la técnica más utilizada para estimar el impacto del error humano (Swain & Guttman, 1983; Lewis, 1989). Permite predecir la probabilidad de error humano en la realización de las tareas. Considera a la persona como fuente de fallos y, así, la fiabilidad humana puede evaluarse de la misma manera que la de un dispositivo técnico. Las etapas de procedimiento que se desarrollan en la aplicación del método THERP son muy parecidas a las de una evaluación de probabilidades de riesgos. Son las siguientes:

- Identificación de las funciones del sistema, localizando los puntos débiles que puedan verse afectados por errores humanos.
- Listado, descripción y análisis de las tareas. Localizando errores por omisión y de acción. Y clasificando las conductas y factores que pueden influir en la respuesta de la persona. A través de un árbol de sucesos.
- Estimación de las probabilidades de error humano y de sus efectos sobre el sistema. Mediante evaluación de expertos y datos existentes. Basándose en el entorno de trabajo, la calidad de la interrelación individuo-máquina, las habilidades, la experiencia de la persona concreta que está en el puesto y sobre el nivel y el tipo de estrés de la situación. Y a través de veintisiete tablas de probabilidades de errores humanos. La probabilidad del error humano se obtiene según la siguiente expresión [3]:

$$P_E = P_1 \times K \times P_2, \quad [3]$$

⁴⁹ Se encuadra entre los métodos predictivos y cuantitativos de análisis de fiabilidad humana. Considera las acciones de las personas desde el mismo punto de vista que las máquinas o herramientas.

Donde P_1 es la probabilidad nominal de error, que está en función de las características de la operación; K es un coeficiente de corrección (por ejemplo: según el nivel de estrés de la persona) y P_2 es la probabilidad de no recuperación del error.

- Estimación de los efectos de error humano, integrando la fiabilidad humana en la probabilidad del riesgo humano, y valorar lo que contribuye el fallo humano.
- Recomendaciones para modificar el sistema. Y reducir los fallos humanos que afectan al sistema, estableciéndose modificaciones.
- Nuevo cálculo de la probabilidad de fallo. Y a estas modificaciones se les realiza una nueva estimación de error humano para ver su evolución.

El desarrollo de este método queda esquematizado en la tabla 1.7.

Tabla 1. 7 – Método THERP: Technique for Human Error Rate Prediction.

El método considera a la persona como fuente de fallos y, así, la fiabilidad humana puede evaluarse de la misma manera que la de un dispositivo técnico. Sería muy

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

complejo evaluar el error humano en las obras de edificación, cuando se requiere el uso de la mano de obra en un porcentaje tan elevado. Esta técnica de evaluación de riesgos está adaptada para situaciones o trabajos de alto riesgo tales como industria nuclear, química, aeroespacial, transporte, electrónica y construcción. Su elaboración es muy laboriosa y con bastante peso subjetivo. Sólo una persona experta en fiabilidad humana puede determinar con precisión las modificaciones ergonómicas necesarias, para tratar sobre las causas psicológicas de algunos errores.

El método de evaluación de la fiabilidad humana es bastante adecuado para su aplicación en el campo de las obras de edificación, al tratar aspectos globales como son el tipo de trabajo a desarrollar, la persona que lo desarrolla y la relación que se produce entre el sistema constructivo y el trabajador. Requieren de un personal, para la toma de datos, de cierta experiencia; y una interpretación de los mismos, con los conocimientos necesarios en psicología y técnicas constructivas, adecuados. La evaluación de los riesgos implica la mejora de la ergonomía del entorno constructivo y busca el personal adecuado para cada tipo de tarea a realizar.

Por lo que no conviene incluirlo en el análisis de las metodologías para obras de edificación.

1.4.1.3.2. Método de Predicción y Reducción del Error humano. SHERPA

La Técnica “Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach”, (SHERPA) desarrollada por D.E. Embrey (Embrey, 1986), que elabora recomendaciones para disminuir la probabilidad del error humano en los procedimientos, formación de personal y diseño de equipos; evaluando cualitativa y cuantitativamente la fiabilidad humana. Ideada para las fases de proyecto. Este método se basa en el análisis funcional de la conducta humana. En base a la Nota Técnica de Prevención NTP-377 del INSHT (Arquer, 1999).

La técnica SHERPA se desarrolla en diferentes módulos de análisis (tabla 1.8):

- Análisis jerárquico de las tareas. Y en cada tarea, mediante entrevistas a los trabajadores, examen del puesto de trabajo, toma de datos de los procedimientos e indicaciones prescritas; y definiciones previas. Catalogando cada tarea en categorías de práctica mental (modelo de Rasmussen⁵⁰): categoría 1. habilidades y automatismos, categoría 2. diagnóstico según unas

⁵⁰ **Modelo de Rasmussen.** basado en un análisis funcional de la conducta humana que tiene en cuenta los diferentes modos de funcionamiento de la persona.

reglas, categoría 3. regla del tipo: “*si x, entonces y*”, y categoría 4. basado en conocimientos.

- Análisis de los errores humanos. Búsqueda de errores humanos en cinco etapas: etapa 1. consiste en identificar los objetivos, las personas y las tareas; etapa 2. Fiabilidad del éxito de tareas, acciones erróneas, factores psicológicos del error, cuantificar la fiabilidad humana y probabilidad de recuperación del error; etapa 3. observación del impacto del error y su entorno; etapa 4. efectos de la disfunción del procedimiento humano; y etapa 5. recomendaciones para reducir el error.
- Cuantificación para obtener índices de probabilidad de éxito de las tareas.
- Reducción de los errores para mejorar los sistemas, el personal y los equipos.
- Valoración con una evaluación objetiva de las conductas.

Tabla 1. 8 – Método SHERPA: Systematic Human Error Reduction & Prediction Approach.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Este método se basa en el análisis funcional de la conducta humana. En su predicción y reducción. Muy adaptable a situaciones de alto riesgo, como en el sector de la construcción. Aunque relacionar los riesgos ergonómicos con los psicosociales implica un estudio pormenorizado del mismo. Es de aplicación en sectores de alto riesgo (industria nuclear), servicios, minas de extracción y plataformas petrolíferas. Su utilización es relativamente sencilla para no especialistas, usando modelos cognitivos con recomendaciones, tratando el error de modo positivo. Por otro lado es un método poco desarrollado y con falta de aspectos temporales.

Por lo que no fue seleccionado para el análisis de las metodologías en obras de edificación.

1.4.1.4. Método de perfiles de puesto. RNUR

En base a la Nota Técnica de Prevención NTP 176: “*Evaluación de las condiciones de trabajo: método de los perfiles de puestos.*” Ficha técnica de información del INSHT (Chavarría, 2013). Elaborado por la Régie Nationale Des Usines Renault⁵¹. Es un método que data de mediados del siglo XX, indicado para labor industrial de cadenas de montaje. Valorando objetivamente todas las variables del puesto de trabajo para mejorar la seguridad personal y del entorno, disminuyendo la carga física y mental, bajando las molestias repetitivas y aumentando los puestos con trabajo elevado. Se parte de ocho factores conceptuales del puesto de trabajo sobre los que se establecen cinco criterios de satisfacción. Cada uno de los factores se subdivide en los criterios a analizar del puesto de trabajo; Finalmente, se procede a generar un perfil visual analítico del puesto de trabajo individual y de grupo; y un perfil global de los grupos de puestos en base a cinco niveles de satisfacción. El esquema de los criterios de trabajo de dicho método se expone en la tabla 1.9.

Es un método elaborado por las plantas de fabricación Renault, enfocado para cadenas de montaje, y con un análisis de los riesgos personales, del entorno, físicos y mentales. Considerando que el sector de la construcción puede interpretarse como un sector de cadena de montaje tanto de las propias unidades de obra, como de las dependencias entre las unidades y capítulos, para el desarrollo de las obras. En los diferentes tajos de trabajo que existen en edificación suele darse el aspecto repetitivo a la hora de la ejecución material de los elementos que conforman la unidad de obra determinada. En el levantamiento de una pared de ladrillo, en la colocación de placas de cartón yeso, colocación y atado de ferralla en las estructuras de hormigón, colocación de tuberías o pintado de paredes. Son actividades que requieren repetitividad, aunque el entorno suele variar bastante: ejecución en sótanos, plantas inferiores, plantas superiores,

⁵¹ Consejo Nacional de las plantas de Renault.

cubiertas, etc. Y la dependencia entre otras unidades de obra también las hace ser variables, tales como dependencia de los tabiques a la estructura, dependencia de la instalación a los tabiques, etc. Los criterios sobre cada uno de los factores se hacen muy complicados de identificar al haber variabilidad, haciendo que el análisis sea más subjetivo y dependiente de otros factores de otras unidades de obra.

Dicho método fue seleccionado para su aplicación práctica en el estudio preliminar.

Tabla 1. 9 - Método de perfiles de puesto. RNUR.

1.4.1.5. Análisis mediante ARBOL DE FALLOS

NTP-328, “Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos.” Ficha técnica de información del INSHT (Bestratén, 2013). Dicho método establece un sistema de análisis cuantitativo y cualitativo de riesgos a partir de hipótesis de accidentes con el fin de verificar la prevención existente. En esta técnica se plantean sucesos que implican

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

una incidencia en la que se comprueba sus medidas preventivas; para limitar o minimizar los efectos negativos; analizándola probabilísticamente. Son ocho las etapas de análisis en el desarrollo del árbol de sucesos.

- Etapa previa, familiarización con la planta. Con la participación de los grupos de trabajo que conozcan su entorno de trabajo, adquiriendo documentación de los incidentes y accidentes acaecidos.
- Identificación de sucesos iniciales de interés. Relación de los sucesos en otros lugares, comparación con análisis previos y análisis preliminar.
- Definición de circunstancias adversas y funciones de seguridad previstas para el control de sucesos. La función de seguridad (“→”) interrumpe la consecuencia peligrosa, en base a un sistema primario (“frontal”) de respuesta y un sistema secundario (“soporte”) de garantía. La función de seguridad se organiza cronológicamente y las circunstancias adversas pueden repetirse.

En la siguiente ecuación [4] se muestra la relación lógica entre el suceso causal y el suceso consecuente. Dicha relación se debe contrarrestar con la función “implica” (“→”), denominada “función de seguridad”: al suceso causal se le aplica una función de seguridad para controlar el suceso consecuente.

$$\textbf{Suceso causal} \rightarrow \textbf{Suceso consecuente (indeseado)} \quad [4]$$

- Construcción de los árboles de sucesos con inclusión de todas las posibles respuestas del sistema. Se analiza la probabilidad del suceso indeseado en cada función de seguridad. En la siguiente ecuación [5] se muestra una expresión probabilística interpretada de los ejemplos prácticos de la NTP-328 (Bestratén, 2013), donde la probabilidad del suceso causal es equivalente al sumatorio de los productos de las probabilidades consecuentes.

$$P_{causal} = \sum P_{sucesos\ consecuentes}$$

$$P_{causal} = \sum P (P^{\pm}_{Ai} \cdot P^{\pm}_{Bi} \cdot \dots \cdot P^{\pm}_{zi})_i \quad [5]$$

- Clasificación de las respuestas indeseadas en categorías de similares consecuencias. Reunir los sucesos indeseados y analizar factores del entorno, para incorporarlos en sucesivas evaluaciones.
- Estimación de la probabilidad de cada secuencia del árbol de sucesos. La función de seguridad tiene una probabilidad de suceso (positivo o negativo), basado en datos conocidos de estudios anteriores y datos de experiencia propia.

- Cuantificación de las respuestas indeseadas. La probabilidad del suceso descontrolado es equivalente al producto de las probabilidades de las funciones de seguridad fallidas.
- Verificación de todas las respuestas del sistema. Mediante datos históricos y sentido común del analizador.

En la tabla 1.10 se sintetiza el esquema del método, que sobre un suceso causal se interponen funciones de seguridad puntuales (para métodos de trabajo en cadena o instalaciones industriales), con probabilidades de sucesos exitosos o fallidos ($P^{\pm}_{Ai}$). Con la expresión ($P^{\pm}_{Ai} \cdot P^{\pm}_{Bi} \cdot \dots \cdot P^{\pm}_{zi}$) que es el producto de estas probabilidades, se obtiene un valor que se sumará a todos los sucesos descontrolados. El valor así obtenido indica la probabilidad, por sucesos fallidos, del suceso causal.

La probabilidad de ocurrencia de un camino específico puede obtenerse multiplicando las probabilidades de todos los acontecimientos posteriores existentes en una trayectoria (Hon, Lee, Shin, Nam & Kong, 2009). Se trata de una técnica de análisis cualitativa y cuantitativa de riesgos (Ferdous, Khan, Sadiq, Amyotte & Veitch, 2009).

En esta técnica se plantean sucesos que implican una incidencia en la que se comprueban sus medidas preventivas; para limitar o minimizar los efectos negativos; analizándola probabilísticamente. Requiere la existencia de un accidente para su análisis y probabilidad del suceso. Pudiendo verificar la efectividad de las medidas tomadas. El método está enfocado hacia las máquinas, por lo que su aplicación a las obras de edificación es complejo. Y su análisis es motivo de estudio pormenorizado al sumarse el concepto humano.

Este método es muy sencillo en su estructura, y, aunque, el planteamiento correcto es desde el suceso causal planteando las funciones de seguridad y la probabilidad del suceso exitoso o fallido; permite su elaboración desde el momento final o suceso consecuente (indeseado), hacia el suceso causal. En su elaboración pueden darse circunstancias de limitación de datos o incorrecciones en la aplicación, con lo que puede darse que las ramas del árbol no sean los caminos adecuados, llevando a situaciones indeseadas para volver a corregirlo. Además, el método es único para cada causa-efecto que se produzca. La manera de adaptar este método a la edificación está en el estudio de las circunstancias personales y del entorno más próximo que se han sumado para la consecuencia indeseada. Hay que plantear como funciones de seguridad los planteamientos de seguridad de proyecto y los existentes en obra y añadir los elementos que rodeaban la situación de accidente. Esto implica una elaboración de árbol bastante compleja que requiere la presencia de un experto en su realización. Por lo que fue conveniente no incluirlo en el análisis de las metodologías para obras de edificación.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Tabla 1. 10 - Método de Árbol de fallos.

1.4.1.6. Método LEST

NTP 175: "Evaluación de las condiciones de trabajo: el método L.E.S.T." Ficha técnica de información del INSHT (Pérez, 1988). Dicho método fue elaborado por Guélaud, miembro del "Laboratoire de Economie et Sociologie du Travail" (L.E.S.T.), del "Le Centre national de la recherche scientifique" (C.N.R.S.), en Aix-en-Provence (Guélaud, Roustang, Beauchessne & Gautrat, 1975). Y sirve para cuantificar las variables subjetivas de las condiciones de trabajo, y que los autores lo definen como el conjunto de sucesos referentes al trabajo y que repercuten sobre la salud y la vida de los trabajadores. Sin embargo, el método deja fuera de esta definición los sucesos de salarios, ventajas sociales, seguridad personal y seguridad e higiene en el trabajo. Sirve para realizar una evaluación psicosocial ergonómica de los factores que afectan negativamente al entorno físico, la carga de trabajo físico, aspectos psicosociales y

horas de trabajo de los obreros (Callejón-Ferre, Pérez-Alonso, Carreño-Ortega & Velázquez-Martí, 2011).

La metodología L.E.S.T. es una herramienta que sirve para mejorar las condiciones de trabajo de un puesto en particular o de un conjunto de puestos considerados en forma globalizada. Hay que señalar también que es un método que no requiere conocimientos especializados para su aplicación. En su ámbito de aplicación aconseja su utilización para puestos de trabajo del sector industrial poco o nada cualificados. Sin embargo, por el contrario, desaconseja su uso en condiciones laborales variables como son el mantenimiento y la construcción.

Cabe destacar del método la importancia que da a la participación de los trabajadores como vía imprescindible para la mejora de las condiciones de trabajo. Son dieciséis variables a evaluar con calificaciones de 0 á 10, en base al entorno físico (ambiente térmico, ruido, iluminación, vibraciones), carga física, carga estática, carga dinámica, carga mental (apremio de tiempo. complejidad-rapidez. atención. minuciosidad), aspectos psicosociales (iniciativa. estatus social. comunicaciones. cooperación. identificación con el producto) y tiempo de trabajo. La calificación se corresponde con la situación del entorno de trabajo, siendo las puntuaciones referidas a los siguientes criterios: 0, 1 y 2 (Situación satisfactoria), 3, 4, 5 (Débiles molestias), 6, 7 (Molestias medias), 8, 9 (Molestias fuertes) y 10 (Nocividad). En la tabla 1.11 se sintetiza el concepto este método.

Tabla 1. 11 - Esquema del método LEST.

Sirve para cuantificar las variables cualitativas. Y está, principalmente, concebido para puestos de trabajo sin cualificación; Y, a su vez, desaconseja su utilización en sistemas de producción variables, como son el sector de la construcción, entre otros. En la base de aplicación del propio método, sus autores desaconsejan su desarrollo en puestos de

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

trabajo cambiantes. Las condiciones laborales de una obra de edificación son cambiantes en vertical y en horizontal, por lo que las posibles valoraciones cuantificadas de los operarios serán variables. No es un método aconsejable para obras de edificación, puesto que los histogramas cambiarían de un día para otro, e incluso en horas, con lo que no se podrían establecer valoraciones de control adecuadas a los puestos de trabajo. Por lo que fue conveniente no incluirlo en el análisis de las metodologías para obras de edificación.

1.4.1.7. Método de William T. FINE

El método Fine se elaboró para controlar los riesgos que se generaban y que ocasionaban tomar medidas para reducirlos con altos costes. Fue publicado en el año 1971 (Rubio, 2005). Este método fue desarrollado por William T. Fine bajo el nombre “Mathematical Evaluation for Controlling Hazards” (Fine & Kinney, 1971) fue publicado en 1971 por el Naval Ordnance Laboratory Norteamericano. Este método establece una fórmula para relacionar los factores de control y “calcular el riesgo”, dando una evaluación numérica a la importancia de la medida correctiva del peligro. A partir de la puntuación del riesgo se establecen las prioridades de corrección. Otra fórmula adicional establece el coste estimado y la efectividad de la acción correctiva hacia el riesgo, y determina si el coste está justificado. La expresión que define la fórmula del riesgo, relaciona el grado de peligrosidad (que depende del daño esperado en función del tiempo) en base a la relación directa del producto de la probabilidad del suceso (que depende del accidente esperado en función de la situación de riesgo) por las consecuencias (que depende del daño esperado en función del accidente esperado) y la exposición al riesgo (que depende de la situación de riesgo en base al tiempo). El riesgo se calcula teniendo en cuenta las posibles consecuencias de un accidente, el factor de exposición y el factor de probabilidad (Marhavidas & Koulouriotis, 2008; Marhavidas, Koulouriotis & Gemeni, 2011). Y que se expresa, matemática y literalmente, en la ecuación siguiente [6-7]:

$$R = C \cdot E \cdot P \quad [6]$$

$$\frac{\text{Daño esperado}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{Daño esperado}}{\text{Accidente esperado}} \cdot \frac{\text{Situación de riesgo}}{\text{Tiempo}} \cdot \frac{\text{Accidente esperado}}{\text{Situación de riesgo}} \quad [7]$$

En la tabla 1.12 se han sintetizado los valores que cuantifican las variables de los tres factores anteriores.

Probabilidad		Consecuencias		Exposición	
Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor
Muy probable	10	Catastrófica	100	Continua	10
Bastante posible	6	Desastrosa	50	Frecuente	6
Inusual	3	Muy seria	25	Ocasional	3
Poco posible	1	Seria	15	Poco usual	2
Remota	0,5	Importante	5	Rara	1
Imposible	0,1	Leve	1	Muy rara	0,5

Tabla 1. 12 - Grado de severidad de las consecuencias. Método William T. Fine

La consecuencia es el daño producido por el riesgo, considerando desgracias personales y daños materiales. La exposición es la frecuencia que tiene el riesgo; y cuanto mayor sea la exposición al riesgo, mayor será el riesgo asociado a dicha situación. La probabilidad se refiere a que sucedan los acontecimientos de la secuencia completa del accidente, en el tiempo.

El grado de peligrosidad, o la magnitud del riesgo, queda definido en la tabla 1.13, en la cual se expresan el rango de los valores que más comúnmente se utilizan para este método y el criterio de actuación frente a la magnitud del peligro:

Magnitud del riesgo	Grado de peligrosidad	Actuación frente al riesgo
Mayor de 400	Riesgo muy alto	Detención inmediata de la actividad peligrosa
Entre 200 y 400	Riesgo alto	Corrección inmediata
Entre 70 y 200	Riesgo notable	Corrección necesaria urgente
Entre 20 y 70	Riesgo posible	No es emergencia, pero debe ser corregido el riesgo
Menos de 20	Riesgo aceptable	Puede omitirse la corrección

Tabla 1. 13 - Clasificación y criterio de actuación de grado de peligrosidad. Método William Fine.

A continuación se establece si el coste de la acción correctiva para disminuir el peligro está justificado y es efectivo. Para lo cual se añaden dos parámetros que son inversamente proporcionales al grado del riesgo y que reflejan el coste estimado para corregir el peligro y el grado de corrección de la acción preventiva, indicado literalmente [8] y cuya expresión de la medición de la justificación [9] es:

$$\text{Justificación} = \frac{\text{Grado de peligrosidad}}{\text{Cantidad de prevención}} \quad [8]$$

$$\text{Justificación} = \frac{\text{Probabilidad} \cdot \text{Consecuencias} \cdot \text{Exposición}}{\text{Factor de Coste} \cdot \text{Grado de Corrección}}$$

$$\text{Medición de la justificación, } J = \left(\frac{P \cdot C \cdot E}{F_C \cdot G_C} \right) \quad [9]$$

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los valores obtenidos se interpretan según la tabla 1.14 justificando la acción propuesta en base al resultado obtenido. Para ello se establece el factor de coste o inversión necesaria para minimizar el peligro y se determina el grado de corrección del peligro que implica la acción correctiva. Si el resultado es mayor al valor crítico de 10 la acción correctiva se considera justificada para disminuir el peligro; si el valor resultante es menor que 10, la acción correctiva no está justificada ni es efectiva.

Factor de coste		Grado de corrección		Justificación	
Definición \$	Valor	Peligro	Valor	Resultado	Acción
> 50.000,00	10	Eliminado al 100%	10	> 10	Justificada
25.000,00 – 50.000,00	6	Reducido al 75 %	6		
10.000,00 – 25.000,00	4	Reducido 50%-75%	3	< 10	No Justificada
1.000,00 – 10.000,00	3	Reducido 25%-50%	2		
100,00 – 1.000,00	2	En menos del 25%	1		
25,00 – 100,00	1				
< 25,00 \$	0,5				

Tabla 1. 14 - Interpretación del factor de justificación. Método de William T. FINE.

No obstante, en la utilización del método, los autores establecen como consejo y garantía de utilización que tanto los valores dados a cada parámetro como el valor crítico de justificación de la acción están basados en la experiencia, en la toma de decisiones y en la situación económica, en el momento de su desarrollo. Y que no obstante, a su vez, el método permite ampliar las posibilidades de los valores y el valor crítico dependiendo de la tipología de los accidentes a estudiar, situación económica y a la apreciación de los sistemas de prevención. En la tabla 1.15 se esquematiza el método.

El método Fine se elaboró para controlar los riesgos que se generaban y que ocasionaban tomar medidas para reducirlos con altos costes. Este método parte de una cuantificación de situaciones o sucesos subjetivos en base al tipo de daño causado y la valoración económica de su corrección. Aunque permita la extrapolación de los valores en base a la cuantificación del suceso, en más o en menos. Y desarrolla un planteamiento bastante adecuado en base al riesgo, la probabilidad de que suceda y al daño que pueda dar, incorporando una estimación del coste previsible o coste acaecido de reparación del riesgo o accidente. Con lo que se requiere que suceda un accidente o situación de riesgo para poder valorar su reparación y relacionarla con los diferentes parámetros.

Es un método que se adapta bien al proceso constructivo de una obra de edificación. Aunque no valoriza las circunstancias que han acaecido ni la suma de sucesos que han favorecido la aparición del riesgo. Queda valorado el riesgo de seguridad y el de higiene, que son los que se identifican más rápidamente; Quedando fuera la estimación de riesgo ergonómico y, totalmente fuera, el riesgo psicosocial. Ya que el aporte económico para la corrección del suceso es de difícil integración para los riesgos ergonómicos y psicosociales. La naturaleza de la obra de edificación implica encadenados en la

ejecución en niveles horizontales y niveles verticales, por lo que estimar sus probabilidades a un valor concreto hace que este método sea utilizado por personal especializado en materia de prevención.

Tabla 1. 15 - Método de evaluación de riesgos FINE.

Basado en "Manual para formación a nivel superior en prevención de riesgos." (Rubio, 2005)

Es un método que permite su modificación a las circunstancias de evaluación del puesto de trabajo, por lo que se consideró adecuado para su análisis y puesta en práctica en obras de edificación.

1.4.1.8. Método del ANÁLISIS ERGONÓMICO del puesto de trabajo

NTP 387: "Evaluación de las condiciones de trabajo: método del análisis ergonómico del puesto de trabajo." Ficha técnica de prevención del INSHT (Nogareda, 1995). El análisis ergonómico está enfocado hacia la actividad manual de la industria y la manipulación de materiales. Realizando una descripción sistemática y cuidadosa del puesto de trabajo y su tarea; a partir de la observación y la entrevista, de los parámetros de puesto de trabajo mirando el equipo, el mobiliario, y otros instrumentos auxiliares de trabajo, así como su disposición y dimensiones; actividad física general en base a la intensidad de la actividad física que requiera el trabajo, los métodos utilizados y los equipamientos; levantamiento de cargas por el estrés causado por la carga, la distancia horizontal (distancia de agarre), y la altura de alzamiento; postura de trabajo y movimientos haciendo referencia a la posición del cuello, de los brazos, de la espalda, de las caderas

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

y de las piernas durante el trabajo; riesgo de accidente (Ahonen, Launis & Kuorinka, 1989; Nogareda, 1995). Ante la posibilidad de sufrir una lesión repentina o un envenenamiento provocado por una exposición laboral inferior a un día; contenido del trabajo. el contenido del trabajo está determinado por el número y la calidad de las tareas individuales incluidas en el trabajo; la autonomía de las condiciones en un trabajo limitan la movilidad del trabajador o su libertad para escoger cuándo y cómo debe hacerse el trabajo; la comunicación del trabajador y contactos personales con sus superiores u otros compañeros de trabajo; la dificultad en la toma de decisiones está influenciada por la idoneidad de la información y el riesgo que puede implicar una decisión; la repetitividad del trabajo está determinada por la duración media de un ciclo de trabajo repetido y se mide desde el principio al fin del ciclo; la atención y observaciones que un trabajador tiene que poner en su trabajo; los niveles de iluminación y el grado de deslumbramiento se pueden valorar por observación o medición; el riesgo de estrés térmico depende del efecto combinado de la temperatura del aire, humedad, velocidad del aire, carga de trabajo y el tipo de ropa⁵²; y por el riesgo de daño en la audición cuando el nivel de ruido es mayor de 80 dbA.

En la evaluación se clasifican con los valores desde 1 á 5. Y el trabajador hace una evaluación subjetiva con los parámetros de buena, regular, deficiente y muy deficiente. Estos dos criterios deben ser lo más similares posible, en caso contrario se debe evaluar el puesto de trabajo otra vez. O cuando el resultado obtenido indique precariedad en el puesto. En la tabla 1.16 se esquematiza el modelo de evaluación. A partir de una entrevista del trabajador y la observación del puesto de trabajo se particulariza a los criterios de evaluación con calificaciones objetivas y subjetivas, comparando ambos criterios se obtiene un esquema global del puesto de trabajo.

El análisis ergonómico está enfocado hacia la actividad manual de la industria y la manipulación de materiales. En base a la valorización del técnico que realiza la evaluación y la valorización del trabajador. Al ser un método específico de evaluación del riesgo ergonómico, se entiende que para un desarrollo a pie de obra sería para los lugares de oficina y producción de la obra. Para la ejecución de obra es un método muy escaso que requeriría evaluaciones continuadas para analizar las variaciones de las condiciones del entorno del puesto de trabajo. Debido a los encadenados durante la fase de ejecución, tanto en vertical como en horizontal, los riesgos por condiciones ergonómicas se incrementarían de la misma manera. Siendo necesario realizar una evaluación del puesto de trabajo de manera individual y en grupo; adaptándose a las circunstancias reales de la ejecución.

⁵² En un trabajo con radiación térmica o en trabajos con exposición continuada a temperaturas que exceden los 28 °C, la evaluación se basa en el índice WBGT (ISO 7243).

Por lo que se convino no incluirlo en el análisis de las metodologías para obras de edificación.

Tabla 1. 16 - Método del análisis ergonómico del puesto de trabajo.

1.4.1.9. Método de evaluación de FACTORES PSICOSOCIALES

NTP 926: “Factores psicosociales: metodología de evaluación”. Ficha técnica de prevención del INSHT (Pérez & Nogareda, 2012). El concepto teórico de los factores psicosociales fue definido por el comité mixto OIT/OMS en 1984⁵³ como:

“aquellas condiciones presentes en una situación de trabajo, relacionadas con la organización, el contenido y la realización del

⁵³ Informe del Comité Mixto OIT-OMS sobre Medicina del Trabajo, novena reunión Ginebra, 18-24 de septiembre de 1984. http://biblioteca.uces.edu.ar/MEDIA/EDOCS/FACTORES_Texto.pdf

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

trabajo susceptibles de afectar tanto al bienestar y la salud (física, psíquica o social) de los trabajadores como al desarrollo del trabajo”.

El impacto sobre la salud debido a una situación psicosocial inadecuada puede afectar a los diversos niveles de salud: alteraciones fisiológicas⁵⁴, psicológicas⁵⁵ o emocionales, y pueden darse directamente o estar mediatizados por una situación de estrés o por la interacción con otros factores (por ejemplo, el entorno físico). Cuando las necesidades, expectativas o capacidades del trabajador no quedan adaptadas por las exigencias del trabajo es cuando aparecen los problemas de salud. Como consecuencia de ello aparecen el absentismo, conflictividad laboral, abandonos voluntarios, productividad baja, etc.

Los riesgos psicosociales son factores que, al contrario que los riesgos de seguridad, higiénicos y ergonómicos, se deben optimizar en lugar de eliminar o cambiar, para promover los efectos beneficiosos. Es importante diferenciar que la realidad psicosocial depende del concepto de las condiciones objetivas que se dan y cómo son percibidas y experimentadas por el individuo.

El método que plantea el INSHT es una aplicación informática llamada F-PSICO, y con posibilidad de ser realizada en soporte de papel. Se basa en un formulario de 44 preguntas, que se eleva a 89 por tener preguntas múltiples. Y se basa en 9 temas o factores, como son el tiempo de trabajo y tiempo de descanso de la actividad, cantidad y calidad, y su efecto en la vida social; la autonomía para gestionar y tomar decisiones del tiempo de la actividad, a través de la autonomía temporal⁵⁶ y la autonomía decisional⁵⁷. La carga de trabajo, que puede ser cuantitativa (mucha carga) y cualitativa (muy difícil); demandas psicológicas con exigencias cognitivas⁵⁸ y exigencias emocionales⁵⁹; la sensación del trabajador por el significado y utilidad de la tarea, hacia la empresa y la sociedad; Participación y supervisión con intervención y colaboración del trabajador y la valoración del trabajador por sus superiores; interés y grado que la empresa muestra por la preocupación (promoción, desarrollo y formación) personal, y a largo plazo, de los trabajadores; por los problemas entre los cometidos de los puestos de trabajo debido a la claridad, conflicto o sobrecarga del rol; y, finalmente, por las

⁵⁴ enfermedades cardiovasculares, alteraciones gastrointestinales, afecciones cutáneas...

⁵⁵ alteraciones de la conducta, de las capacidades cognitivas...

⁵⁶ Libertad para elegir el ritmo de trabajo, descansos, y tiempo libre para cuestiones personales.

⁵⁷ Posibilidad de influir en el desarrollo del trabajo en las tareas, distribución, procedimientos, métodos e incidencias.

⁵⁸ Grado de movilización y esfuerzo intelectual en el desempeño de las tareas.

⁵⁹ Emociones que el trabajador puede sentir al realizar la tarea. Generalmente reprimiendo los sentimientos o emociones.

relaciones personales en el entorno del trabajo como apoyo social o relaciones conflictivas sin protocolo de actuación por parte de la organización.

Las aplicaciones del método pueden servir para evaluar situaciones específicas, localizar fuentes de problemas, diseñar cambios y priorizar actuaciones, comparación del grupo con momentos distintos o con otro grupo y tomar conciencia de la situación.

Los resultados de la valoración se presentan en la tabla 1.17 para cada uno de los factores antes mencionados. En base a la tabla siguiente:

Percentil obtenido	Riesgo
Percentil $\geq$ P85	Muy elevado
$P75 \leq$ Percentil $<$ P85	Elevado
$P65 \leq$ Percentil $<$ P75	Moderado
Percentil $<$ P65	Situación adecuada

Tabla 1. 17 - Riesgo según el percentil. Factores Psicosociales.

Tabla extraída del NTP926 del INSHT (Pérez & Nogareda, 2012).

En la tabla 1.18 de perfil valorativo de representan los valores de media, desviación típica, mediana y número de trabajadores en cada nivel de riesgo.

Tabla 1. 18 - Ejemplo de una tabla de perfil valorativo.

Las condiciones esenciales que debe reunir el método de evaluación serán por el fundamento en la investigación científica, contraste y prueba científica específica del método, fiabilidad, validez, contraste de la calidad de los ítems, puntuación, estandarización y consideración de los pasos de evaluación, conexión entre evaluación de riesgos psicosociales, propuestas de intervención y adaptación a la legislación vigente (UGT, 2008). Finalmente la evaluación determina el tipo de situación, que se puede dar:

- satisfactoria (de 0 á 4 puntos),
- intermedia (de 4 á 7 puntos) y
- nociva (de 7 á 10 puntos).

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Cuando las necesidades, expectativas o capacidades del trabajador no quedan adaptadas por las exigencias del trabajo es cuando aparecen los problemas de salud. El método sólo analiza las cuestiones de tipo psicológico y social, quedando fuera los riesgos de seguridad, higiénicos y ergonómicos. Por la cantidad de personal que se requiere para la realización de una edificación es imprescindible una evaluación de riesgos psicosociales para advertir con antelación la situación personal y del grupo y prevenir que se incrementen otros posibles riesgos inherentes a la edificación como son los de seguridad, higiénicos y ergonómicos. Si se analiza la interdependencia que hay entre los capítulos de obra, los recorridos críticos de ejecución, las condiciones del entorno y relaciones personales de la obra, se puede observar que los factores psicosociales afectan a la calidad y productividad de las empresas, y están siempre presentes en todos los puestos de trabajo, abarcando la organización del trabajo, la dirección, la tarea, el grupo de trabajo, la supervisión e incluso las personas ajenas a la organización, y a las características psicosociales del trabajador. Por lo que se consideró no conveniente incluirlo en el análisis para obras de edificación.

1.4.1.9.1. Método para el riesgo del estar quemado (Burnout)

El síndrome de burnout (síndrome de agotamiento laboral o fatiga laboral crónica) es un padecimiento que consiste en la presencia de una respuesta prolongada de estrés en el organismo ante los factores estresantes emocionales e interpersonales que se presentan en el trabajo, que incluye fatiga crónica, ineficacia y negación de lo ocurrido.

Este síndrome no se encuentra reconocido en el DSM⁶⁰ aunque sí es mencionado brevemente en la Clasificación internacional de enfermedades bajo el código Z 73.0, pero dentro del apartado asociado a “problemas relacionados con el manejo de las dificultades de la vida”. Cabe indicar que en algunos países europeos a los pacientes con Burnout se les diagnostica con el síndrome de Neurastenia (ICD-10, código F 48.0) siempre que sus síntomas estén asociados al trabajo, en concordancia con la lógica de planteamientos presentes en algunas investigaciones, quienes la vinculan con el síndrome de burnout, considerándolo, por lo tanto, como una forma de enfermedad mental (Velázquez, 2005). En base a la escala MBI⁶¹ se rellena un cuestionario por el trabajador para medir el agotamiento emocional la despersonalización y la realización

⁶⁰ Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (en inglés Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM) de la Asociación Estadounidense de Psiquiatría (en inglés American Psychiatric Association, o APA) contiene una clasificación de los trastornos mentales y proporciona descripciones claras de las categorías diagnósticas, con el fin de que los clínicos y los investigadores de las ciencias de la salud puedan diagnosticar, estudiar e intercambiar información y tratar los distintos trastornos mentales.

⁶¹ Maslach Burnout Inventory. La necesidad de estudiar el síndrome de quemarse por el trabajo está asociada al derecho a la protección de la salud que todo trabajador tiene en cuanto está insertado en una organización.

personal en el trabajo. Este tipo de evaluación se está incorporando a todo tipo de profesionales. Entre los métodos para su evaluación están Maslach Burnout Inventory, Staff Burnout Scale, Matthews Burnout Scale for Employees, etc. (Fidalgo, 2013).

Este método considera solo los riesgos derivados de la psicología, quedando fuera las técnicas de seguridad, higiene y ergonomía. No se consideró su utilización y análisis para las obras de edificación.

1.4.1.9.2. Método para el riesgo de acoso laboral (Moobing)

El acoso laboral o acoso moral en el trabajo (Martín, 1998), conocido comúnmente a través del término inglés mobbing ("asediar, acosar, acorralar en grupo"), es tanto la acción de un hostigador u hostigadores conducente a producir miedo, terror, desprecio o desánimo en el trabajador afectado hacia su trabajo, como el efecto o la enfermedad que produce en el trabajador. Esta persona o grupo de personas reciben una violencia psicológica injustificada a través de actos negativos y hostiles dentro o fuera del trabajo por parte de grupos sociales externos, de sus compañeros ("acoso horizontal", entre iguales), de sus subalternos (en sentido vertical ascendente) o de sus superiores (en sentido vertical descendente, también llamado bossing, del inglés boss, jefe). Dicha violencia psicológica se produce de forma sistemática y recurrente durante un tiempo prolongado, a lo largo de semanas, meses e incluso años, y a la misma en ocasiones se añaden "accidentes fortuitos" y hasta agresiones físicas, en los casos más graves. Este método considera solo los riesgos derivados de la psicología, quedando fuera las técnicas de seguridad, higiene y ergonomía. No se consideró su utilización y análisis para las obras de edificación.

1.4.1.10. Programas informáticos de evaluación de riesgos

Durante la elaboración de este trabajo se ha realizado búsqueda de aplicaciones informáticas para evaluación de riesgos en edificación. Hay muchas herramientas y metodologías disponibles para la gestión de las empresas y organizaciones a evaluar los riesgos propios de la empresa. La elección de la metodología dependerá de las condiciones de trabajo, como, por ejemplo, el número de trabajadores, el tipo de actividades y equipos de trabajo, las características particulares del lugar de trabajo y cualquier otro riesgo específico. Las herramientas de evaluación de riesgos más comunes son las listas de control, que constituyen una herramienta muy útil para identificar peligros. Entre otras herramientas de evaluación de riesgos cabe mencionar: guías, documentos orientativos, manuales, folletos, cuestionarios, y "herramientas interactivas" (software interactivo, como programas específicos para determinados

sectores). Estas herramientas pueden ser genéricas o específicas dependiendo de la rama/riesgo.

1.4.1.10.1. Programa On-Line de evaluación de riesgos OiRA

La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo ha creado una base de datos de herramientas para la evaluación de riesgos de toda Europa. Estas herramientas son gratuitas y están disponibles en el sitio Web⁶². La aplicación se denomina “OiRA”⁶³, está basada en la metodología de evaluación de riesgos holandesa, conocida como RI&E⁶⁴ en la que se van señalando en varias etapas, indicando los riesgos, su valorización, evaluación, implementación y control; tal y como indica la Directiva Marco D 89/391/CEE del 12 de agosto del año 1989 y en sus obligadas transposiciones a cada ámbito legal de los países miembros de la Unión Europea. Es una aplicación sencilla e intuitiva que requiere un registro on line, tras el cual se procede en cinco etapas: preparación del proceso de evaluación, identificación de los daños y la exposición del trabajador al riesgo, evaluación del riesgo derivado de cada peligro, plan de acción para la eliminación del riesgo y descarga del informe con los resultados del procedimiento de evaluación.

El programa OiRA facilita la evaluación de riesgos online interactivamente que publica de forma gratuita la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo. Es una aplicación informática para la evaluación de riesgos en pequeñas y medianas empresas. Es un método basado en la evaluación de riesgos RI&E, holandesa. Es un método poco utilizado en el sector construcción. Por lo que no se consideró su utilización y análisis para las obras de edificación.

1.4.1.10.2. Programa Senmut Evaluación de Riesgos

Programa Informático Senmut Experto EPSHEOP®. Aplicación informática desarrollada por la empresa “Beguería y Borda Consultores Asociados, S.L.” (Beguería & Borda, 2005), cuyo programa está indicado para la realización de la evaluación inicial definitiva de los riesgos en la obras de edificación (y obra civil), para la realización de los estudios y planes de seguridad y salud y para el Manual de riesgos de la actividad empresarial

⁶² <http://www.oiraproject.eu/>

⁶³ *Online Interactive Risk Assessment*. Evaluación de Riesgos interactive y por internet.

⁶⁴ *Risk Inventory and Evaluation*. Inventariado y evaluación del riesgo. Es una obligación a las empresas de Holanda la realización de una evaluación previa del sitio de trabajo, debiendo chequear: Cuáles son los riesgos que se encuentran entre el empresario y el trabajador. Cuál es la medida preventiva a implementar. Qué medidas se van a adoptar según el plan de actuación.

propia. La aplicación permite modificar y gestionar la base de datos de las dependencias, relaciones, elementos y sus riesgos, afectados a la generación de los documentos de Seguridad y Salud. Y permite la definición de nuevos elementos; genera los documentos de identificación del riesgo, su evaluación y la eficacia de las protecciones previstas para las actividades de obra, oficios, medios auxiliares, máquinas, instalaciones provisionales y protecciones colectivas.

Dicha aplicación desarrolla un soporte informático basado en evaluación de riesgos que propone el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Por lo que queda incorporado en el análisis del método INSHT. Aunque el uso de este tipo de aplicaciones informáticas en el sector de la construcción quedan muy por debajo del uso requerido.

Por lo que no se consideró su utilización y análisis para las obras de edificación.

1.4.2. Metodologías recientes de evaluación de riesgos

1.4.2.1. Metodología CONSRAT

Metodología de evaluación de riesgos ideada por el grupo de trabajo formado por Forteza F.J., Sesé A. y Carretero J.M. en el departamento de Construcciones arquitectónicas e ingeniería de edificación de la Universitat de Illes Balears (España). Dicha metodología se denomina “Construction sites risk assessment tool⁶⁵” bajo las siglas CONSRAT (Forteza, Sesé & Carretero-Gómez, 2016). Este nuevo método obtiene información generalizada a partir de las características de la obra, el promotor, el contratista, documentación, condiciones del entorno, riesgos específicos del tajo, protecciones, medios auxiliares y maquinaria. En dicho trabajo se hacen indicaciones sobre la precariedad de información existente acerca de las metodologías de evaluación de riesgos en su adaptación a las obras de edificación. Siendo, generalmente, metodologías de análisis puntual respecto al estudio pormenorizado de las técnicas de lucha contra el riesgo: seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología. Dicho análisis puntual no es suficiente para observar con exactitud las condiciones de riesgo en obras de edificación debido a las características particulares de este tipo de trabajos (Swustea, Frijtersb & Guldenmunda, 2012). Para ello se proponen tres ámbitos de trabajo:

- El análisis de los accidentes en base a la investigación existente. Estos estudios abarcan la investigación de riesgos en base a las lesiones observadas, tablas de estadísticas, análisis de factores que influyen en los riesgos, influencia de la

⁶⁵ Herramienta de evaluación de riesgos para los lugares de construcción.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

gravedad del accidente, relación entre la empresa y el accidente, y aplicación de normativas en los procesos de trabajo.

- La introducción de la lógica difusa⁶⁶ se ha propuesto para solucionar las limitaciones en los métodos probabilísticos como el Árbol de Causas (Pinto, Nunes, Ribeiro, 2011), en el que se establece un sistema de evaluación de riesgos, denominado QRAM⁶⁷, que introduce incertidumbres con el uso de la teoría de conjuntos difusos (Pinto, 2014).
- Finalmente, estableciendo el análisis de los precursores en base a la anticipación del accidente y plantear un análisis previo antes de que pueda suceder éste, estableciendo un valor cuantitativo de la probabilidad de que suceda; dicho método se conoce por CHASTE⁶⁸ (Rozenfeld, Sacks, Rosenfeld & Baum, 2010) que mide el nivel probable de severidad si ocurre el accidente.

La dificultad del método queda en la necesidad de cuantificar las variables de estudio; como consecuencia la dificultad en determinar las variables y el argumento cuantificador. Los diferentes métodos de evaluación al respecto proponen la observación como clave en la parametrización de las variables. Dicha observación se basa en la inspección asidua (semanal) analizando o tomando datos sobre los hábitos de trabajo, protecciones, medios auxiliares, maquinaria, iluminación, redes eléctricas, información de la empresa, gestión, entrevistas, etc. El método propuesto plantea una herramienta sencilla con 11 variables de riesgo, caracterizando las empresas y relacionando las variables a analizar. Recabando información sobre la estructura de la obra, su medio, entorno, desarrollo físico, agentes, tipología de obra; para identificar y valorar los riesgos, barreras y medios. Apuntando hacia la toma de información sobre el entorno de la obra. La herramienta está estructurada en dos fases (tabla 1.19):

- Descripción de la obra y de los agentes
 - Datos informativos (tipo de obra, nueva, reforma, unifamiliar, plurifamiliar, aislado, número de plantas, tradicional, obra menor, obra mayor)
 - Fase de obra (principal, secundaria, ubicación del operario)
 - Datos del promotor (particular, empresa, público, coordinador de seguridad, medianerías)

⁶⁶ Fuzzy Sets: Teoría de conjuntos difusos.

⁶⁷ QRAM: Qualitative Risk Assessment Method. Método de evaluación de riesgos cualitativo.

⁶⁸ CHASTE: Construction Hazard Assessment with Spatial and Temporal Exposure. Metodología de peligros de la construcción con exposición temporal y espacial.

- Datos del Constructor (tipo de contrato, subcontratas y municipio) también en este apartado se incluyen (sociedad, autónomo, empresario, rol de la empresa, recurso preventivo)

DESCRIPCIÓN	OBRA	DATOS INFORMATIVOS: Tipo de obra, nueva, reforma, unifamiliar, plurifamiliar, aislado, número de plantas, tradicional, obra menor, obra mayor				Valoración Textual	
		FASE DE OBRA: Tipo de obra, nueva, reforma, unifamiliar, plurifamiliar, aislado, número de plantas, tradicional, obra menor, obra mayor					
	AGENTES	PROMOTOR: particular, empresa, público, coordinador de seguridad, medianerías					
		CONSTRUCTOR: tipo de contrato, subcontratas y municipio) también en este apartado se incluyen (sociedad, autónomo, empresario, rol de la empresa, recurso preventivo)					
VALORACIÓN DE FACTORES DE RIESGO	PLAN SEGURIDAD	Existencia	Adecuación	Cumplimiento	Crítico		
		Valores 1/0 - Se toma el más desfavorable					
	CONDICIONES GENERALES DE OBRA	Cerramiento	Circulación	Señalización	Electricidad	Valor	
		Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 - Se toma la media de los cuatro ítems.					
		Protecciones Colectivas		Crítico			
		Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00					
	CONDICIONES PARTICULARE SDEL TAJO	ACCESO	Al tajo		Valor		
			Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00				
		CAÍDA EN ALTURA	Altura de caída	Nivel de deficiencia	Continuidad exposición	Crítico	
			Probabilidad	Gravedad	Necesidad intervención		
			Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 – Se toma la media de los seis ítems				
		OTROS RIESGOS	Incidencia sobre la caída de altura				Valor
			Caída al mismo nivel	Caída de objetos	Desplomes		
			Cortes	Atropellos	Proyecciones		
			Quemaduras	Contactos Eléctricos	Sobreesfuerzos		
			Intoxicaciones	Otros			
			Porcentaje de riesgos identificados				
		PROCESOS	Diferencia entre lo previsto y el desarrollo real				Valor
			Tipología	Valoración	Adecuación		
			Valores 0/1 – Se toma la media de los tres ítems				
	PROTECCION COLECTIVA	Adecuación	Valoración	Necesidades	Crítico		
		Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 – Se toma el más desfavorable					
	PROTECCION INDIVIDUAL	Adecuación	Valoración	Necesidades	Crítico		
		Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 – Se toma el más desfavorable					
	MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES	MEDIOS AUXILIARES	Andamios	Borriquetas	Escaleras portátiles	Valor	
			Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 – Se toma la media de los tres ítems				
		MEDIOS DE ELEVACIÓN	Maquinillo	Camión grúa	Medios específicos	Valor	
			Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 – Se toma la media de los tres ítems				
		OTRA MAQUINARIA	Hormigoneras	Herramienta manual		Valor	
		Valores 0-0'00; 1-0'33; 2-0'66; 3-1'00 – Se toma la media de los dos ítems					
	NIVEL GLOBAL DEL RIESGO	CRITERIO DE EVALUACIÓN					
		0'00	0'33	0'66	1'00	Análisis de los puntos CRÍTICOS	
		Correcto	Aceptable	Inaceptable			

Tabla 1. 19 - Esquema de la metodología de CONSRAT (Elaboración propia).

- Valoración de los factores de riesgo
 - Plan de Seguridad y salud (existencia, adecuación del tajo y cumplimiento en obra) – 3 ítems, dicotómico (1/0). Se toma el más desfavorable de los tres. Variable crítica.
 - Condiciones generales de obra (cerramiento, circulación, orden, limpieza, iluminación, señalización, electricidad y protecciones colectivas) - 4 ítems, ordinal 4 niveles. Se toma la media de los ítems. Y

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

las protecciones colectivas – 1 ítem, ordinal a 4 niveles. Medición directa. Variable crítica.

- Condiciones particulares del tajo
 - Acceso - 1 ítem, ordinal 4 niveles. Medición directa.
 - Caída en altura (exposición al riesgo e intervención en el tajo) – 6 ítems, ordinal 4 niveles. Se toma la media de los ítems. Variable crítica.
 - Otros riesgos (caídas a distinto nivel, desplomes, cortes, atropellos, etc) – 11 ítems, dicotómico (sí/no). Se toma la media del porcentaje de riesgos medidos respecto a su incidencia en la caída de altura.
 - Proceso (diferencia entre lo previsto y desarrollo real de obra) – 3 ítems, dicotómico (1/0). Se toma la media de las tres: tipología, adecuación y desviación.
 - Protecciones colectivas (barreras adicionales) – 3 ítems, ordinal 4 niveles. Adecuación, valoración y necesidades. Se toma la más desfavorable. Variable crítica.
 - Equipos de protección individual (barreras adicionales) – 3 ítems, ordinal 4 niveles. Adecuación, valoración y necesidades. Se toma la más desfavorable. Variable crítica.
- Maquinaria y medios auxiliares.
 - Medios auxiliares (andamios, escaleras, plataformas) – 11 ítems, ordinal 4 niveles. Se toma la media de los ítems más desfavorables.
 - Medios de elevación (diferencia entre lo previsto y desarrollo real) – 7 ítems, ordinal 4 ó 2 niveles. Se toma la media de los ítems más desfavorables.
 - Otra maquinaria (diferencia entre lo previsto y desarrollo real de obra) – 5 ítems, ordinal 4 ó 2 niveles. Se toma la media de los ítems más desfavorables.
- Nivel global del riesgo – 1 ítem, ordinal 4 niveles.

Los niveles de valoración están basados en metodologías existentes, aplicando criterios dicotómicos (sí/no, correcto/incorrecto, 1/0, presencia/ausencia), con criterios de cuatro niveles (0-completo-0,00, 1-0,33, 2-0,66, 3-nulo-1,00), incluso criterios con cinco niveles. Esto facilita la interpretación de los resultados consiguiendo valores suficientemente representativos para que no ofrezcan ambigüedades. Recabando

información con once variables de riesgo, cinco de ellas de carácter crítico o de influencia grave hacia la prevención del riesgo. Los criterios de evaluación se clasifican en tres grupos y cinco variables críticas:

- Correcto desde 0 hasta $\leq 0,33$.
- Aceptable desde $>0,33$ hasta $<0,66$.
- Inaceptable desde $\geq 0,66$ hasta 1.
 - Plan de Seguridad y Salud.
 - Condiciones generales de obra.
 - Caída en altura.
 - Protecciones colectivas.
 - Equipos de protección individual.

Comentarios:

El método informa sobre el entorno de una obra de edificación a partir de los agentes, sus funciones, tipología de obra y fases de obra; con la consiguiente valoración de las condiciones generales de seguridad, del tajo, de las protecciones y de los medios. Todo ello facilita la priorización en intervenciones generales o puntuales.

Es un método que realiza análisis preliminar sobre la información documental y de los agentes intervinientes en la obra, siendo una valoración de carácter textual. El resto de variables son de carácter técnico, cuantificando las condiciones de obra existentes en el momento de la evaluación. Quedan globalizados todos los criterios observables: documental, características técnicas del entorno y de la unidad de obra, y los riesgos evaluables asociados a la unidad de obra.

Aunque en la fase de “otros riesgos” se podrían incorporar más riesgos evaluables (riesgo por desplazamientos, riesgo por ruido, riesgo por iluminación, riesgo por monotonía, riesgo por relaciones, etc.), quedando sometidos a un valor de cuantificación muy somero en base al resto de circunstancias. El método hace evaluación de riesgos de seguridad, higiénicos y ergonómicos, pero no incluye la influencia psicosocial como elemento de peso o variable independiente que pudiera afectar al desarrollo de la ejecución de obra y a los sistemas de prevención (colectivos e individuales).

1.4.2.2. Metodología QRAM

Desarrollada por Abel Pinto que actualmente pertenece a la compañía NEBOSH⁶⁹. La metodología de evaluación de riesgos que plantea, está adaptada a las obras de construcción, y se denomina QRAM⁷⁰, que introduce incertidumbres con el uso de la teoría de conjuntos difusos (Pinto, 2014). Es una herramienta versátil para el uso en obras de construcción, la información de campo extraída ayuda a mejorar la objetividad de los procesos; con el uso de variables lingüísticas se crea la mejor manera de determinar los factores de riesgo y representar una evaluación de riesgos más objetiva y fiable.

Como en apreciaciones dichas anteriormente, los métodos de evaluación aplican una técnica común sin referencias al contexto o entorno en el cual se ha desarrollado el riesgo o el accidente. Teniendo en cuenta que la información que se toma, de las prácticas de seguridad en construcción, es imprecisa o inadecuada debido a la variabilidad de los propios lugares de trabajo. Sobre la industria de la construcción no se tienen datos precisos de los lugares de trabajo por lo que se toman referencias de otro tipo de industrias similares. El uso de las Teorías de Conjuntos Difusos puede ayudar a producir mayores soluciones y representaciones realistas. Basándose en que la persona es capaz de abstraer, pensar y razonar por lo que puede evaluar sin necesidad de experimentar las consecuencias. Sin embargo la seguridad no se puede mejorar sólo con lo sucedido en el pasado y tomar precauciones por lo sucedido. Debe también prestar atención al futuro. Este método de evaluación de riesgos está basado en el Árbol de Sucesos y tiene cuatro dimensiones:

- Clima de seguridad (SC),
- Factores de severidad (S), (consecuencias),
- Factores de posibilidad (AP), (probabilidad) y
- Barreras de seguridad (SB), (medios de seguridad).

Aplicados sobre los siguientes riesgos característicos: caídas, contactos eléctricos, golpes por vehículos en movimiento, heridas debidas a la caída de objetos, derrumbe en excavación, golpes por rodar o resbalar, contacto con máquinas en movimiento y herramientas, perder la flotabilidad en agua, fuego y explosión en espacios confinados. Dichos riesgos equivalen al 98% de los accidentes que ocurren en obras de construcción

⁶⁹ NEBOSH ofrece una amplia gama de calificaciones reconocidas a nivel mundial, diseñadas para satisfacer las necesidades de gestión de salud, seguridad y medio ambiente de todos los lugares de trabajo. <https://www.nebosh.org.uk/default.asp>

⁷⁰ QRAM: Qualitative Risk Assessment Method. Método de evaluación de riesgos cualitativo.

(Hyoung et al, 2009). La siguiente expresión [10] muestra la fórmula fundamental que desarrolla la metodología:

$$R_i(x) = \theta_{and}[SC, C_i(x), AP_i(x), SB_i(x)] \quad [10]$$

Siendo R el nivel de riesgo ocupacional, i el modo de accidente, x es la tarea de trabajo en estudio, SC el clima de seguridad, S la severidad esperada, AP la probabilidad de que ocurra el accidente, SB es la efectividad de los medios de seguridad, y θ_{and} es el parámetro difuso-and. El uso de las teorías de conjuntos difusos implica la modificación de parámetro de probabilidad en un parámetro de posibilidad. La metodología se desarrolla en catorce niveles:

- Paso 1: Elección de una muestra representativa de trabajadores del contratista, del subcontratista y autónomos; y trabajadores de la cadena de mandos para la realización de entrevistas en sitio cerrado.
- Paso 2: Clasificar los factores identificados del clima de seguridad usando las variables lingüísticas difusas adecuadas. Se realizan 53 preguntas relacionadas con los ambientes y entornos de los trabajadores. El término lingüístico para evaluar la posibilidad de accidente y los factores de influencia del clima de seguridad, y su cuantificación, son:
 - Fuertemente adecuado. Control de las Medidas de seguridad para todo evento.
 - Muy adecuado: Controladas las medidas de seguridad.
 - Adecuado: Las medidas de seguridad son suficientes.
 - Casi adecuado: Las medidas de seguridad deberían mejorar. Pueden ocurrir accidentes.
 - Poco adecuado: Las medidas de seguridad son insuficientes. Es probable que ocurra un accidente.
 - Inadecuado: Las medidas de seguridad no son apropiadas. Es probable que ocurran accidentes con frecuencia.
- Paso 3: Evaluación final del clima de seguridad con el uso del parámetro difuso-or. Se usa la siguiente expresión [11]:

$$O_{or}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1-\gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2} \quad [11]$$

$x \in X, \gamma \in [0, 1]$

- Paso 4: Análisis del trabajo y listado de todas las tareas en el sitio.
- Paso 5: Para cada tarea identificación del modo de accidente que puede ocurrir.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Paso 6: Para cada modo de accidente, identificar los factores que afectan su posibilidad con el uso de cuestionarios que relacionan los factores y los escenarios de modo de accidentes.
- Paso 7: clasificación de la posibilidad de los factores identificados usando las variables lingüísticas difusas de adecuación.
- Paso 8: Estimación de la posibilidad de que ocurra el modo de accidente utilizando el parámetro difuso-OR.
- Paso 9: Estimación de la severidad esperada para cada modo de accidente representadas en variables lingüísticas.
 - Severidad de las caídas: midiendo sobre la arena y el hormigón.
 - Severidad de contacto eléctrico en ambientes seco y húmedo.
 - Severidad del golpe por vehículo en movimiento, por mini-cargador o por excavadora hidráulica.
 - Severidad de las heridas por caída de objetos. Ladrillos del 11 o martillos, mazas.
 - Severidad por derrumbes. Por el tiempo de rescate.
 - Severidad de golpes por rodar o resbalar objetos o personas. Por piedra resbaladiza, rodar objetos por excavadora o retroexcavadora.
 - Severidad con el contacto con máquinas en movimiento.
 - Severidad a la pérdida de flotabilidad en agua. Por tiempo de rescate.
 - Severidad al fuego y a la explosión.
- Paso 10: para cada modo de accidente identificación de las barreras de seguridad para según el tipo de barrera: física, funcional, simbólica o incorpórea.
- Paso 11: establecer la efectividad de las barreras con variables lingüísticas difusas. Uso de la tabla 2:
 - Excelente. La seguridad de la barrera es adecuada.
 - Muy buena. La seguridad de la barrera es adecuada pero requiere muchos recursos para su mantenimiento.
 - Buena. La seguridad de la barrera es adecuada pero no asegura para eventos extremos.
 - Parcial. La seguridad de la barrera no es suficientemente efectiva o se duda de su fiabilidad.
 - Insuficiente. La seguridad de la barrera no cumple las expectativas.

- Mala. La seguridad de la barrera no es efectiva.

Paso 12: para cada modo de accidente estimación de la efectividad de la implementación de las barreras de seguridad con el uso del parámetro de conjunto “martilleador-or” [12]:

$$O_{ham}(x) = \frac{(1 - \gamma')\mu_A(x) \cdot \mu_B(x) + \mu_A(x) + \mu_B(x)}{1 + \gamma \cdot \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)} \quad [12]$$

$$x \in X, \gamma \in [-1, +\infty]$$

Paso 13: para cada modo de accidente se representa la evaluación final del nivel de riesgo agrupando las cuatro dimensiones del parámetro difuso-and [13]:

$$O_{and}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1 + \gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2} \quad [13]$$

$$x \in X, \gamma \in [0, 1]$$

Paso 14: Conclusiones y recomendaciones. Identificación de los factores que deben ser mejorados con un orden descendente de agresividad.

Las variables miden la adecuación del clima de seguridad y la posibilidad de accidente de trabajo (inadecuado, poco adecuado, casi adecuado, adecuado, muy adecuado y fuertemente adecuado), y la “efectividad” de los medios de seguridad (mal, insuficiente, parcial, bueno, muy bueno y excelente). A su vez se hace referencia a que diferentes investigadores definen el clima de seguridad en la industria de la construcción como los factores que influyen en los accidentes y que son similares en muchos países y apunta a las inadecuadas medidas de seguridad y bajo conocimiento de seguridad tanto de los trabajadores como de los agentes; siendo uno de los factores de mayor incidencia en los accidentes de trabajo de la industria de la construcción. Varios términos definen este concepto:

- Temperatura de seguridad de una empresa (Budworth, 1997).
- Ambiente de trabajo seguro. (Mohamed, 2002).
- Variable entre clima organizacional y acción de seguridad. (Neal, Griffin & Hart, 2000).
- Clima de seguridad positivo y clima de apoyo psicosocial. (Larsson, 2005).

El clima de seguridad puede proveer comportamiento de seguridad a los trabajadores y desde una política de acción de los agentes a todos los niveles (trabajadores, gestión y ambiente). La siguiente expresión define el clima de seguridad [14]:

$$S_C = \theta_{or}(S_{R1}^3, C_1^6, B_1^4, M_{C1}^8, L_1^9, C_{P1}^6, S_{E1}^5, S_{P1}^4, P_1^4, S_{M1}^5) \quad [14]$$

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los parámetros que se observan en el clima de seguridad son:

- Relativos a los trabajadores: analizando procedimientos y roles de seguridad, Competencia de los trabajadores y comportamiento de trabajo seguro.
- Relativos a la gestión: analizando el compromiso de la gestión y la acción de supervisión hacia la seguridad.
- Relativos al ambiente de seguridad: analizando el ambiente de apoyo, el plan de seguridad, la participación y comunicación, la presión en el trabajo y la gestión de seguridad.

El parámetro de la severidad mide lingüísticamente los grados del daño de las heridas. Aunque su determinación es compleja debido a la gran cantidad de posibles consecuencias tras un accidente. El parámetro AP es la posibilidad de que ocurra un accidente. Cada modo de accidente depende de un conjunto de factores variables que están condicionados por los equipos, materiales, procesos y organización. Para ello se emplea la variable lingüística difusa “adecuado”. Las barreras de seguridad se definen como la habilidad de realizar una función de seguridad durante un período de una forma no degradada y con unas condiciones pre-especificadas. La variable lingüística es la efectividad. Para cada modo de accidente la efectividad de la barrera de seguridad se estima con la siguiente expresión [15]:

$$S_B = \mu_{AyB}(S_{BP}, S_{BF}, S_{BS}, S_{BI}) \quad [15]$$

Las barreras de seguridad abarcan cuatro criterios: físico, funcional, simbólico e incorporado (Hollnagel, 2008); y se aplican a cada uno de los riesgos característicos para la industria de la construcción:

- Severidad de las caídas:
- Severidad de contacto eléctrico.
- Severidad del golpe por vehículo en movimiento.
- Severidad de las heridas por caída de objetos.
- Severidad por derrumbes.
- Severidad de golpes por rodar o resbalar objetos o personas.
- Severidad con el contacto con máquinas en movimiento.
- Severidad a la pérdida de flotabilidad en agua.
- Severidad al fuego y a la explosión.

Se ha esquematizado el método con las siguientes tablas (tabla 1.20, tabla 1.21):

GRAM	$R_i(x) = \theta_{and}[SC, S_i(x), AP_i(x), SB_i(x)]$	Ri(x): RIESGO ESTIMADO PARA CADA MODO DE ACCIDENTE (i) EN CADA ACTIVIDAD (x)				
		θ_{and} : OPERADOR DE CONJUNTO DIFUSO FUZZY-AND				
		SC: ADECUACIÓN DEL CLIMA DE SEGURIDAD		1ª DIMENSIÓN		
		$S_i(x)$: SEVERIDAD DEL ACCIDENTE ESPERADO		2ª DIMENSIÓN		
		$AP_i(x)$: POSIBILIDAD QUE OCURRA UN ACCIDENTE		3ª DIMENSIÓN		
		$SB_i(x)$: EFECTIVIDAD DE LAS BARRERAS DE SEGURIDAD		4ª DIMENSIÓN		
PASO 1 MUESTRA REPRESENTATIVA DE TRABAJADORES: CONTRATISTAS – SUBCONTRATISTAS – AUTÓNOMOS – CADENA DE MANDO ENTREVISTA PRIVADA						
PASO 2	CLIMA DE SEGURIDAD	VARIABLE LINGÜÍSTICA ADECUACIÓN	$S_c = \theta_{or}(S_{R1}^3, C_1^6, B_1^4, M_{C1}^8, L_1^9, C_{P1}^6, S_{E1}^5, S_{P1}^4, P_1^4, S_{M1}^5)$		FUZZY-OR	
TRABAJADORES			Procedimientos y roles de seguridad (8 preguntas)		FUERTEMENTE ADECUADO 0'06	
			Competencia de los trabajadores (7 preguntas)		MUY ADECUADO 0'21	
			Comportamiento de trabajo seguro (9 preguntas)		ADECUADO 0'56	
GESTIÓN			Compromiso de la gestión (16 preguntas)		CASI ADECUADO 0'56	
			Acción de supervisión hacia la seguridad (13 preguntas)		POCO ADECUADO 0'78	
AMBIENTE DE SEGURIDAD			Ambiente de apoyo (12 preguntas)		INADECUADO 0'94	
			Plan de seguridad (10 preguntas)			
			Participación y comunicación (12 preguntas)			
			Presión en el trabajo (9 preguntas)			
EVALUACIÓN DEL CLIMA DE SEGURIDAD	Gestión de seguridad (9 preguntas)					
	$O_{or}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1-\gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2}$ $x \in X, \gamma \in [0, 1]$		FUZZY-OR			
PASO 4	FACTORES DE RIESGO	VARIABLE LINGÜÍSTICA POSIBILIDAD	ANÁLISIS DEL TRABAJO Y LISTADO DE TODAS LAS TAREAS EN EL SITIO			
PASO 5			PARA CADA TAREA IDENTIFICACIÓN DEL MODO DE ACCIDENTE QUE PUEDE OCURRIR			
PASO 6			IDENTIFICACIÓN DE FACTORES A MODOS DE ACCIDENTES	Posibilidad de las caídas	1	FUERTEMENTE ADECUADO 0'06
				Posibilidad de contacto eléctrico	2	
				Posibilidad de golpe por vehículo en movimiento	3	MUY ADECUADO 0'21
				Posibilidad de heridas por caída de objetos	4	ADECUADO 0'56
				Posibilidad de golpes por rodar o resbalar objetos o personas	5	CASI ADECUADO 0'56
				Posibilidad de contacto con máquinas en movimiento	6	POCO ADECUADO 0'78
				Posibilidad de pérdida de flotabilidad en agua	7	
				Posibilidad de las caídas	8	
				Posibilidad al fuego y a la explosión	9	
PASO 7			CLASIFICACIÓN DE FACTORES	CLASIFICACIÓN DE LA POSIBILIDAD DE LOS FACTORES IDENTIFICADOS		INADECUADO 0'94
PASO 8			ESTIMACIÓN DE POSIBILIDAD	$O_{or}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1-\gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2}$ $x \in X, \gamma \in [0, 1]$		FUZZY-OR
PASO 9	FACTORES DE RIESGO	VARIABLE LINGÜÍSTICA SEVERIDAD	CAÍDAS	sobre arena. (0'05x, 1); (0 ≤ x ≤ 21cm; x > 21cm)		
			CONTACTO ELÉCTRICO	sobre hormigón (1); (x ≥ 0cm)		
			GOLPE POR VEHÍCULO EN MOVIMIENTO	en ambiente seco. (0'00714x, 0 ≤ x ≤ 140V); (1, x > 140V.)		
			HERIDAS POR CAÍDA DE OBJETOS	en ambiente húmedo. (0'00526x, 0 ≤ x ≤ 190V); (1, x > 190V.)		
			POR DERRUMBES	Minicargadora (0'09x, 0 ≤ x ≤ 11'08km/h), (1, x > 11'08km/h).		
			POR RODAR O RESBALAR OBJETOS O PERSONAS	Excavadora hidráulica. (0'13x, 0 ≤ x ≤ 7'49km/h), (1, x > 7'49km/h)		
			CONTACTO CON MÁQUINAS	Ladrillo del 11 (0'69x, 0 ≤ x ≤ 1'44m), (1, x > 1'44m)		
			PÉRDIDA DE FLOTABILIDAD	Martillo, maza (0'06x, 0 ≤ x ≤ 1'44m), (1, x > 1'6'90m)		
			FUEGO Y EXPLOSIÓN	Tiempo de rescate. (0'1x, 0 ≤ x ≤ 10min), (1, x > 10min)		
				Piedra resbaladiza. (0'00115x, 0 ≤ x ≤ 868'7Kg), (1, x > 868'7Kg)		
				Rodar objetos por excavadora. (3'17x, 0 ≤ x ≤ 0'315m/s), (1, x > 0'315m/s)		
				Rodar objetos retroexcavadora (1'04x, 0 ≤ x ≤ 0'96m/s), (1, x > 0'96m/s)		

Tabla 1. 20 - Esquema de la metodología de QRAM (Elaboración propia).

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

PASO 10	BARRERAS DE SEGURIDAD	VARIABLE LINGÜÍSTICA EFECTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN SEGÚN TIPO DE BARRERA	FÍSICA	FUNCIONAL	SIMBÓLICA	INCORPÓREA			
PASO 11			ESTABLECER EFECTIVIDAD	MODOS DE ACCIDENTES: 1-2-3-4-5-6-7-8-9						
				la barrera es adecuada					0'06	EXCELENTE
				la barrera es adecuada pero requiere muchos recursos					0'21	MUY BUENA
				la barrera es adecuada pero no asegura para eventos extremos					0'41	BUENA
				la barrera no es suficientemente efectiva					0'56	PARCIAL
				la barrera no cumple las expectativas					0'78	INSUFICIENTE
PASO 12			ESTIMACIÓN DE EFECTIVIDAD	la barrera no es efectiva					0'94	MALA
				$O_{ham}(x) = \frac{(1 - \gamma') \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) + \mu_A(x) + \mu_B(x)}{1 + \gamma \cdot \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}$ $x \in X, \gamma \in [-1, +\infty]$					HAMMACHER-OR	
				MODOS DE ACCIDENTES: 1-2-3-4-5-6-7-8-9						
PASO 13	EVALUACIÓN FINAL DEL NIVEL DE RIESGO	MODOS DE ACCIDENTES: 1-2-3-4-5-6-7-8-9								
		ADECUACIÓN	POSIBILIDAD	SEVERIDAD	EFECTIVIDAD					
		CLIMA DE SEGURIDAD	FACTORES DE RIESGO				BARRERAS DE SEGURIDAD			
		$O_{and}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \gamma \cdot \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) + \frac{(1 + \gamma) \cdot (\mu_A(x) + \mu_B(x))}{2}$ $x \in X, \gamma \in [0, 1]$					FUZZY-AND			
		PASO 14	EVALUACIÓN FINAL DEL NIVEL DE RIESGO	IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES PARA SER MEJORADOS CON UN ORDEN DESCENDENTE DE AGRESIVIDAD						

Tabla 1. 21 - Continuación - Esquema de la metodología de QRAM (Elaboración propia)

Comentario:

La herramienta ofrece una evaluación cualitativa de los riesgos de seguridad ocupacional, cubriendo los nueve modelos de accidentes responsables del 98% de los accidentes que ocurren en la industria de la construcción. Estableciendo criterios de clima de seguridad, por lo que el factor psicosocial se incluye como valor estadístico y probabilístico frente a la incertidumbre que genera el comportamiento humano. Es un método extensivo y sistemático con una gran colección de información sobre las condiciones del puesto de trabajo con el uso de información estadística. Prioriza el uso de variables lingüísticas para determinar los factores de riesgo, con lo que es más intuitivo y rápido de aplicar y considera cuatro dimensiones fundamentales para determinar el nivel de riesgo:

- Adecuación del clima de seguridad.
- Posibilidad de que ocurra un accidente de trabajo.
- Severidad del posible accidente de trabajo.
- Efectividad de las barreras de seguridad.

Si bien es un método global que abarca cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo, carece de simplicidad para el uso directo a pie de obra en la jerarquía de la toma de decisiones, ya que requiere un procedimiento de muestreo muy extenso. Aunque los

riesgos analizados abarcan la gran mayoría de los accidentes en la construcción, no está abierto a la posibilidad de inclusión de otros riesgos

1.4.2.3. Metodología SyMAD-3 + SA

Es un nuevo método que estudia la evaluación de la fiabilidad del diseño, la construcción, y las decisiones relacionadas con la seguridad. Desarrollado por el grupo de trabajo formado por Simanaviciene R., Liaudanskiene R y Ustinovichius L. Los autores determinan que actualmente no hay una aproximación que ayude a asegurar de forma exhaustiva la seguridad ocupacional. Indicando que muchos científicos crean nuevos métodos relacionados con la seguridad y salud pero muchos de ellos analizan de forma separada los aspectos de la seguridad en el campo de la construcción. La selección de soluciones de seguridad se desarrolla en base a la evaluación compleja de la estructura, tecnología y la seguridad. Generalmente los autores ofrecen nuevos métodos para sintetizar múltiples decisiones las cuales ayudan a elegir un proyecto de construcción efectivo desde varias alternativas, evaluando aspectos como la construcción, tecnología y soluciones de seguridad ocupacional, basadas en un conjunto de atributos cuantitativos. Sin embargo la implementación de estas soluciones puede causar dudas, a partir de la decisión tomada en construcción que siempre está asociada con la incertidumbre (Simanaviciene, Liaudanskiene & Ustinovichius, 2014). Este método complementa al método SyMAD-3⁷¹ (Simanaviciene, Liaudanskiene, & Ustinovichius, 2012) con el análisis de sensibilidad (SA), para mejorar su aplicación y evaluar la fiabilidad de la decisión obtenida. Esto permite escoger una alternativa efectiva de un proyecto de construcción. Es un método multinivel para la síntesis de la decisión de los atributos múltiples, usando tres atributos múltiples de los métodos de toma de decisión, y permitiendo el análisis de la sensibilidad de cada nivel de solución y la decisión final para ser desarrollada. Tiene dos niveles:

Nivel 1: determina la efectividad de alternativas en cada nivel y el error del valor de sus atributos (mediante los métodos TOPSIS⁷², SAW⁷³ y COPRAS⁷⁴). Los pasos a seguir:

⁷¹ SyMAD-3: siglas de la definición en inglés: “Synthesis of Multiple Attribute Decisions using three methods”. Síntesis para decisiones de atributos múltiples usando tres métodos.

⁷² TOPSIS: siglas de la definición en inglés: “Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution”. Técnica para la preferencia de orden por similitud a la solución ideal.

⁷³ SAW: siglas de la definición en inglés: “Simple Additive Weighting”. Ponderación Aditiva Simple.

⁷⁴ COPRAS: siglas de la definición en inglés: “COMplex PROportional Assessment”. Evaluación Proporcional Compleja.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Se determina el número c de niveles de solución y la creación de un sistema de eficacia de los atributos para cada etapa k de la solución ($k = \overline{1, c}$). Y, a continuación, se realiza la matriz de decisión [16]:

$$Xt = [x_{ij}^t]; \text{siendo } (t = \overline{1, m_k}, i = \overline{1, a_t}, j = \overline{1, n_k}) \quad [16]$$

- Se determina el significado de los atributos. Se realiza la matriz de comparación por parejas [17]:

$$q_{kj}^*, (i = \overline{1, a_t}, j = \overline{1, n_k}) \quad [17]$$

- Se calcula la desviación estándar $(s_{1t}, s_{2t}, \dots, s_{nt})$, ($t = \overline{1, m_k}$).
- Se generan D matrices de decisión para cada nivel k , para desarrollar el análisis de la sensibilidad, de acuerdo a una distribución normal. Se realiza la matriz de decisión [18]:

$$X_t^d, (d = \overline{1, D}, t = \overline{1, m_k}) \quad [18]$$

- Se selecciona el método de toma de decisión de múltiples atributos [19]

$$(M), M \in \{TOPSIS, SAW, COPRAS\} = \{T, S, C\} \quad [19]$$

- Se determina la efectividad de las alternativas usando el método seleccionado M , a partir de la matriz generada (X_t^d) y el vector (q_{kj}^*) con el significado de los valores de los atributos.
- Se calcula el valor promedio de la efectividad para cada alternativa y para todas las matrices generadas, cuando se obtienen todos los resultados para todas las alternativas.

Los resultados se presentan como un vector con los criterios del significado relativo acorde a los métodos TOPSIS, SAW y COPRAS [20].

$$(A_k^i[T, S, C]) = (R_{kT}^i(\delta_{kT}^i), R_{kS}^i(\delta_{kS}^i), R_{kC}^i(\delta_{kC}^i)), (k = \overline{1, c}, i = \overline{1, m_k}) \quad [20]$$

Nivel 2: se usa para formar las combinaciones alternativas, evaluar sus efectividades y determinar la fiabilidad de la decisión obtenida. Consiste en las siguientes tres etapas:

- Se crea una tabla de decisión para las combinaciones alternativas usando los valores de efectividad obtenidos, su error y el modelo de árbol de decisión obtenido en el nivel 1.

- Se construye la matriz de decisión Y de las combinaciones alternativas desde la tabla de decisión. La mejor combinación alternativa se selecciona y se evalúa la fiabilidad de la decisión.
- Se presentan la efectividad de las combinaciones alternativas, sus valores de error y rango (acorde a su importancia), evaluado por cada método en una tabla, al igual que los resultados del análisis de la sensibilidad desarrollado.

El análisis de los métodos, ofrecidos por diferentes investigadores para asegurar la seguridad y salud ocupacional en el campo de la construcción, permite que los investigadores declaren que los métodos sobre la toma de decisión efectiva usados, generalmente, solo tienen en cuenta algunos aspectos particulares de decisión y no consideran los factores estructurales, tecnológicos y de seguridad, así como diferentes objetivos y necesidades de las partes interesadas. Especial atención se debería aplicar para asegurar la seguridad cuando son evaluadas las soluciones estructurales, tecnológicas y de seguridad. También los autores estudian el efecto del error de múltiples atributos, usando soluciones alternativas de evaluación, en la decisión final. En la figura 1.6 se esquematiza el procedimiento desde el punto de inicio hasta el final del método.

Se analizó el efecto de los problemas de construcción de múltiples atributos cuando se determina la sensibilidad de la decisión final del error de los atributos de evaluación. Se presenta este nuevo método que nos permite evaluar multiniveles de decisiones de atributos múltiples, tomando en consideración el error de los valores de atributos, así como desarrollar la síntesis de estas decisiones y evaluar la fiabilidad de la decisión final. Para evaluar la fiabilidad de la decisión se emplea un análisis de algoritmos basado en la simulación de Monte Carlo. Lo cual ayuda a determinar el error potencial para los valores efectivos de cada alternativa. En el segundo nivel los valores de error se usan para generar las matrices de decisión de las combinaciones alternativas.

Comentario:

El proceso de toma de decisiones viene definido por la selección entre diferentes alternativas de acción, a partir en una selección de criterios con el fin de alcanzar uno o más objetivos (Simon, 1977). Las tomas de decisiones comienzan identificando el problema y terminan estableciendo una alternativa. Los autores consideran de importancia la toma de decisiones en el sector de la construcción a nivel estructural, tecnológico y de seguridad. Siendo un método que implicaría una presencia constante a pie de obra con la posibilidad de evaluación sobre las decisiones de los agentes de obra y de los propios obreros. Las circunstancias cambiantes por gestión, producción, coordinación e interdependencia de los diferentes equipos lo hace un método bastante inviable. Que requiere de un estudio probabilístico, matemático, pormenorizado y complejo.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Figura 1. 6 - Algoritmo de análisis de sensibilidad de decisiones de atributos múltiples.

Esquema extraído de la publicación de los autores del método (Simanaviciene, Liaudanskiene, & Ustinovichius, 2014)

1.4.2.4. Metodología WONT

Metodología WONT⁷⁵ para la evaluación y prevención de riesgos psicosociales, desarrollada por Salanova y más. La metodología determina, no solo la detección de riesgos y peligros psicosociales, sino que además desarrolla, organizacionalmente e individualmente, estrategias de prevención del estrés laboral con el fin de optimizar la salud y el bienestar de la organización de la empresa (Salanova, Gracia & Lorente, 2005).

Las bajas por el estrés laboral implican sobre-coste económico a la empresa, siendo la segunda causa de quejas concerniente con el trabajo. Implicando, por ello, un problema

⁷⁵ WONT: siglas de la definición inglesa: "Work And Organization Network". Red de trabajo y organización. Equipo de investigación WONT de la Universitat Jaime I de Castellón (España)

social debido a la extensión que implica el estrés, no sólo por la baja en la empresa, sino por la incidencia en la vida familiar y extra-laboral, generando círculos de molestia (Paoli & Merllié, 2001). Siendo el objetivo de la metodología el generar y desarrollar, a través de la actuación psicosocial, la creación de organizaciones saludables.

Actualmente, el estrés se desarrolla por los procesos cognitivos⁷⁶, de evaluación y mediacionales⁷⁷ que inciden entre el estresor⁷⁸ y la consecuencia del estrés. El estímulo estresante plantea emociones⁷⁹ diferentes a cada persona en función de la valoración cognitiva, la situación y los recursos. Los procesos psicológicos pueden establecer el camino hacia el control de los efectos de los estresores sobre el bienestar de las personas (Karasek & Theorell, 1992). El estrés laboral se identifica por tres criterios:

- Estresores o demandas laborales.
- Recursos laborales y personales.
- Efecto del estrés con daño psicosocial y organizacional.

El objetivo de la metodología es conseguir organizaciones más “saludables”, teniendo en cuenta cuatro dimensiones fundamentales básicas (Cooper & Cartwright, 1994):

- Factores ambientales.
- Salud física.
- Salud mental.
- Salud social.

El mantenimiento de la “salud psicosocial” en la empresa se consigue mediante evaluaciones periódicas de los factores psicosociales.

El procedimiento de la metodología se basa en los cuestionarios RED (Recursos, Emociones y Demandas laborales) diseñado por Kasarek y Theorell, y adaptado en

⁷⁶ Cognitivo: La psicología cognitiva o cognitivismo es la psicología que se encarga del estudio de la cognición; es decir, de los procesos mentales implicados en el conocimiento. Tiene como objeto de estudio los mecanismos básicos y profundos por los que se elabora el conocimiento, desde la percepción, la memoria y el aprendizaje, hasta la formación de conceptos y razonamiento lógico.

⁷⁷ Mediación: es un mecanismo de resolución de conflictos, en cual un tercero imparcial busca facilitar la comunicación para que las partes sean capaces de resolver un conflicto.

⁷⁸ Estresor: El concepto estresor (desencadenante de estrés, factor de estrés) describe todas las cargas o exigencias externas que provocan una reacción de estrés.

⁷⁹ Emoción: (RAE). 1. Alteración del ánimo intensa y pasajera, agradable o penosa, que va acompañada de cierta conmoción somática.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

estudios posteriores (Schiaufeli & Bakker, 2004) y basado en que las condiciones de trabajo pueden categorizarse en dos grupos (figura 1.7):

- Demandas laborales.
- Recursos laborales.

Figura 1. 7 - Metodología RED. Esquema de publicación de autores del método WONT

Los objetivos de la metodología RED son la identificación de los factores de riesgo psicosocial (empresa, grupo de trabajo, departamento, etc.), la identificación de los colectivos potenciales de riesgo (trabajadores mayores, trabajadores temporales, poco cualificados, inmigrantes, etc.) y la identificación de personas con riesgo a desarrollar problemas relacionados con el estrés (tecnoestrés, burnout, adicción al trabajo, mobbing, etc.). Siendo las principales características del método:

- Carácter de utilidad práctica y normalización. De gran sencillez en el uso y sin complicaciones de conceptos.

- Sistemático y comprensivo⁸⁰. Las escalas de medición abarcan un amplio espectro de estresores (riesgos psicosociales) y de consecuencias (daños individuales, grupales y de organización).
- Modular y flexible. Establece 37 escalas de gran adaptabilidad a las necesidades particulares de la empresa. Se elabora a partir de un árbol de decisión que cubre los procesos de información:
 - Trabajo emocional: si se trabaja con personas.
 - Trabajo mental: si se trabaja con datos.
 - Trabajo físico: si se trabaja con cosas.
- Científico. Las escalas están validadas por investigaciones publicadas en revistas de impacto, y fundamentadas en modelos teóricos de impacto científico.

El procedimiento de trabajo para la metodología RED implica el contacto con la empresa para establecer las condiciones y las necesidades, seguido de las entrevistas para fijar el tipo de diseño de evaluación; posteriormente, se comprueba el diseño con entrevistas a expertos. A continuación se procede a las entrevistas personalizadas en base a un calendario de tareas. Finalmente, se procede a la evaluación de los resultados y a la elaboración del informe final. El método WONT continúa el procedimiento realizando una “guía” para las acciones correctivas, preventivas y de mejora continua; comprobando la eficacia de los resultados con evaluaciones posteriores y comparando con las evaluaciones iniciales.

Comentario:

A partir del cuestionario se puede acceder a las condiciones que rodean el trabajo de la unidad de obra, abarcando circunstancia psicosociales, llegando a temas ergonómicos y de higiene. Sin embargo las circunstancias de Seguridad se pueden medir por la preocupación de los trabajadores pero no puede establecer el criterio de mejora.

El método WONT es muy amplio pero no establece los criterios de mejora en los procedimientos constructivos o físicos, ya que su planteamiento es exclusivamente psicosocial.

⁸⁰ La forma comprensivo, sin hache, significa tanto ‘dicho de persona, inclinada a comprender o encontrar razonable algo o a alguien’ («Era un maestro respetuoso y comprensivo»), como ‘que comprende’ en el sentido de que ‘contiene o incluye’ («Un estudio comprensivo de toda la obra del pintor»).

Por otra parte comprensivo, con hache, se usa fundamentalmente con el segundo de los sentidos, esto es, ‘que abarca, contiene o incluye’ («El pacto debería renegociarse a partir de un diagnóstico más comprensivo, en clave europea y global, y tratar de incluir a todos los grupos parlamentarios»).

1.5.2.5. Metodología MIVES

Investigación desarrollada por el grupo de trabajo formado por Reyes, analizan los criterios en seguridad y salud para la determinación del valor sostenible en obras de edificación (Reyes, San José, Cuadrado & Sancibrián, 2014). Los autores establecen que el sector de la construcción se encuentra entre los de mayor índice de accidentes. Los conceptos de Seguridad y Salud ofrecen la posibilidad de minimizar estos índices y reducir los costes de proyecto, abarcando las cuatro fases del ciclo de vida de una edificación: diseño, construcción, vida útil y reintegración. Determinando que es necesario promover el desarrollo sostenible e incorporar cuestiones relacionadas con la economía y los términos sociales. Los factores que implican mayores índices de accidentes son:

- Características inherentes de las actividades, movilidad, cambios, condiciones desde el principio hasta el final de la obra.
- Inadecuada preparación profesional.
- Altos niveles de subcontratación.
- Ausencia de cultura en redención de riesgos.
- Baja importancia de la Seguridad y Salud frente a otros conceptos como costes y calidad.

En la tabla 1.22 se esquematizan los criterios de evaluación:

La metodología propuesta funciona en tres niveles jerárquicos de la industria de la construcción, basado en la metodología MIVES (San-José & Garrucho, 2010) en base al siguiente diseño:

- Define el problema a resolver y las decisiones a tomar.
- Produce un diagrama básico de modelo de decisiones en base a variables cualitativas y cuantitativas.
- Cuantifica las variables cualitativas.
- Define la importancia o el peso relativo de cada aspecto en la evaluación.
- Define varias alternativas de diseño que corrigen el problema identificado.
- Evaluar las alternativas.
- Tomar la decisión correcta y elegir la alternativa más apropiada.

En primer lugar, a partir del nivel del índice de la seguridad y salud ($H\&S_{INDEX}$), se asigna el índice de sostenibilidad acorde a cada indicador que es definido (Alarcón, Aguado, Manga & Josa, 2011). El valor de la función varía entre 0 y 1, dependiendo de los valores máximo y mínimo de cada indicador, y de 5 parámetros que definen la forma de la

función, ofreciendo un valor con escala adimensional. La expresión de la función general que define el entorno físico junto con el gráfico característico de la misma se indica en la ecuación 1.13.

Nivel 1: Criterio	Nivel 2: Sub-criterio	Nivel 3: Indicadores
Diseño	Ubicación	Localización
		Clima
	Distribución	Superficie libre
		Tipología de construcción
	Estructura	Configuración estructural
		Hormigón
		Madera
		Acero
		Albañilería
	Gestión de la organización	Organización de trabajo
	Organización de la empresa	Incentivos económicos
		Subcontratas
Construcción	Fase de proyecto	Proyecto de construcción
		Estudio de seguridad y salud
	Fase de construcción	Plan de seguridad y salud
		Coordinación
Vida útil	Usos	Utilización
		Seguridad
		Ruido
		Evacuación y emergencia
	Gestión de la edificación	Inspecciones
		Mantenimiento
Reintegración	Demolición	Planning
		Impacto medioambiental
	Reutilización	Otros usos
		Reciclaje

Tabla 1. 22 - Gráficos del valor acumulado de dos obras representativas. (Elaboración propia)

Se requiere la utilización de un programa informático para calcular el índice de Seguridad y Salud del proyecto de construcción. Son analizados los costes del proyecto (diseño y construcción) comparados con los costes en seguridad y salud, y los costes en accidentes durante la construcción, el ciclo de vida y la demolición. A partir de la información de referencia se procede a definir el coste económico de la seguridad y

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

salud del proyecto ($H\&S_cIndex$) llegando a la evaluación económica de la sostenibilidad de cada proyecto. La expresión se indica a continuación [21]:

$$H\&S_cIndex \cong H\&S_MIndex = e^{-f\left(\frac{TSC}{NVB}\right)} \quad [21]$$

$H\&S_M$ es el Modelo del índice de seguridad y salud.

TSC son los costes totales en seguridad y salud.

NVB es el valor neto de la edificación.

En la investigación se propone un ejemplo de comparación entre dos proyectos. En el siguiente esquema [22] se extraen la validación de ambos proyectos, obteniendo un valor de 0,80 para el proyecto A y un valor de 0,17 para el proyecto B. El índice de sostenibilidad del proyecto A es más alto que el del proyecto B.

$$V_i = A + \frac{1}{B} \cdot \left[1 - e^{-k_i \cdot \left(\frac{|x_{alt} - x_{min}|}{C_i} \right)^{P_i}} \right] \quad [22]$$

C_i es el valor en abscisa donde se produce el punto de inflexión en la curva para $P_i > 1$

x_{min} es el punto de referencia mínimo sobre la escala considerada. La respuesta genera valor 0

x_{max} es el punto de referencia máximo sobre la escala considerada. La respuesta genera valor 1

x_{alt} es la respuesta a la alternativa evaluada. Entre los valores x_{min} y x_{max} . La respuesta genera un valor equivalente a $V_i(x_{alt})$.

P_i es un factor de forma que define la curvatura

Para valores $P_i < 1$ la curva es cóncava

Para valores $P_i > 1$ la curva es cóncava o en forma de "S"

Ara valores $P_i \approx 1$ la curva es recta

D_i es el valor de abscisa donde se produce el punto de inflexión para $P_i > 1$

K_i sitúa el valor de la ordenada para el punto C_i .

A es un valor de respuesta a x_{min} . $A=0$, $A=1$, generalmente $A=0$

B es un factor que mantiene el valor de la función en 0 y 1.

En dicha investigación se determina que el sector de la construcción es muy complejo y a menudo genera conflicto de intereses lo cual implica a que la toma de decisiones sea complicada entre cada una de las partes: promotores, diseñadores, constructores, subcontratas y usuario final. La propuesta metodológica, que propone, es un instrumento hacia la toma de decisiones para unificar criterios y evaluar las

consecuencias de las variaciones que se pueden plantear sobre el ciclo de vida del proyecto. El cual es, cuando las medidas de seguridad y salud en el trabajo se pueden integrar en el diseño de la edificación y de su completo ciclo de vida; llevando a la reducción e incluso a la eliminación de la accidentalidad en cada fase: construcción, vida útil y reintegración.

Figura 1. 8 - Relación entre número de accidentes y grado de progreso de obra.

Gráfica obtenida de la publicación (López, Ibarrondo, Rubio-Gámez, & García, 2013).

Comentario:

La metodología que se propone con esta investigación establece las pautas hacia las condiciones de seguridad y salud en las obras de construcción. A partir de criterios subjetivos en base a toma de decisiones respecto a factores globales como son el proyecto, el estudio de seguridad, el presupuesto de obra, el presupuesto en seguridad y salud, y las labores del coordinador de seguridad. Sin especificar las técnicas de lucha contra el riesgo. Las consideraciones de evaluación de dichos documentos son abstractas, aunque se cuantifica mediante los criterios de valoración de los documentos de seguridad y salud:

- 0-20 Mínimos estándares de la legislación.
- 20-50 Se cubren las instrucciones para los trabajadores y sus trabajos.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- 50-100 Procedimientos de trabajo, especificaciones de ejecución, Memoria y planos correctamente referenciados.

No particulariza en la evaluación de cada riesgo durante la fase de ejecución del edificio. Con esta investigación se abre el camino hacia un nuevo concepto y forma de entender la obra desde un enfoque sostenible. Sin embargo es una metodología muy compleja de implementar, su aplicación abarca condiciones temporales muy extensas; quedando la fase de construcción reducida a un ítem con todas las consideraciones que ello implica: seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología.

1.4.2.6. Metodología CDEF

Tesis Doctoral realizada por D. Carlos Gomes de Oliveira, de título: “*Proposta de uma metodologia integrada de avaliação de riscos profissionais*”⁸¹. (Oliveira, 2010). En la justificación para la investigación, se hace eco de las causas de los accidentes, incidentes y enfermedades, tales como las teológicas, del error humano, de las máquinas o materiales, de la sociología y de la salud. Caracterizando la evaluación de riesgos desde un marco jurídico explícito y riguroso que establece condiciones para los empleadores desde una gran incoherencia en la terminología y desde la gran cantidad de métodos y técnicas disponibles en la bibliografía.

Como objetivo fundamental propone una metodología para la evaluación de riesgos profesionales. Que pueda ser aplicable en muchas situaciones diferentes de forma “universal” y que lleve a resultados consistentes y reproducibles. Para ello se plantea que el riesgo se puede describir, caracterizar y clasificar en función de las causas y del análisis de las consecuencias y la posibilidad de configurar un sistema metodológico de evaluación, coherente, reproducible y comparable. Partiendo desde el concepto general de la metodología clásica del árbol de causas y efectos HEMP (“Hazards and effects of management process”⁸²) se amplía dicho concepto con cuatro tipos de árboles de sucesos (figura 1.9):

El procedimiento se denomina “Processo de gestão de Causas, Decisões, Efeitos e Falhas (CDEF)”¹⁰⁰ y el tratamiento de los datos es probabilístico. El proceso de estudio comienza con la interpretación y definición del concepto “Riesgo”, que es la probabilidad de que suceda una situación que pueda causar daño. De forma que se pueda implantar una metodología de evaluación en base al análisis del uso y enfoque inicial, de una evaluación cualitativa del riesgo presente, identificación de los puntos críticos de la red funcional y establecimiento de los principios de desarrollo para las herramientas

⁸¹ “Propuesta de una metodología integrada para la evaluación del riesgo profesional.”

⁸² HEMP son las siglas en inglés del concepto de “Proceso de Gestión de los Peligros y los Efectos” (PGPE)

fundamentales en una evaluación de riesgos profesionales. A continuación la investigación propone la validación de las propuestas comprobando su compatibilidad con algunos métodos existentes de evaluación y aplicando los criterios en un “estudio de caso”.

Figura 1. 9 - Representación del árbol de sucesos en cruz, de la metodología CDEF.

Como patrón fundamental al estudio establece las definiciones sobre los tres conceptos básicos en el riesgo, en la siguiente expresión lógica [23]:

$$\text{Evento} \rightarrow^{83} \text{Causa} \rightarrow \text{Consecuencia} \quad [23]$$

Siendo el evento una situación de riesgo y una ocurrencia profesional dañina. La causa son dos conceptos primarios: peligro de productos o sustancias, máquinas, ambiente, estado de salud, psicosociología, economía o política; y condiciones de trabajo espacial y temporal. Y la consecuencia por la vulnerabilidad de la cadena de producción y el perjuicio que resulta de cualquier secuencia de desvío. Y entre los conceptos de riesgo existen unas barreras en cuanto al objeto (físicas, humanas, organizacionales y psicosociales) y en cuanto al objetivo (prevención y protección).

El riesgo, por tanto, queda enmarcado en la siguiente expresión matemática [24] y literal, en donde se describe que la materialización de un accidente (riesgo) puede dar consecuencias diferentes y cada una de ellas con su correspondiente probabilidad. Por lo que la relación entre ambos conceptos es un factor multiplicativo (Bestratén, 2013):

$$R = p \cdot d \quad [24]$$

$$\text{Riesgo} = (\% \text{ probabilidad}) \cdot (\text{cantidad de daño})$$

⁸³ El símbolo “→” se debe interpretar con el término: “implica”

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para la propuesta de la nueva metodología se establecen cuatro etapas fundamentales que implican una descripción analítica del procedimiento, una evaluación cualitativa de los riesgos, que quedarán valorizados, jerarquizados y justificados en tablas, para, finalmente, evaluar cuantitativamente los riesgos en los puntos críticos del proceso.

La evaluación de riesgos queda en una fase predecesora del control de riesgos en un concepto de “prever” con antelación; y en base al análisis se procede a la prevención de riesgos y a la protección de riesgos. Y que se determina como el objetivo clave de la evaluación de riesgos: el control de riesgos.

En la figura 1.10 (esquema extraído de la Tesis Doctoral, Oliveira 2010) se determinan los niveles esenciales para la acción preventiva en el modelo de evaluación, que son prever con antelación, prevenir el riesgo identificado y proteger los riesgos que no pueden prevenirse.

Figura 1. 10 - Prever, prevenir y proteger.

Imagen de la Tesis Doctoral; Figura 131 (Oliveira, 2010)

En síntesis se establece una reflexión metodológica y conceptual sobre la evaluación de riesgos profesionales, para comprender en qué condiciones se genera una situación de riesgo. Abarcando las necesidades de la evaluación hacia el futuro más exigente, con más medios de información, más solidario, más global, más peligroso y más seguro⁸⁴. La propuesta establecida en este caso es la de separar en una fase de análisis anterior la evaluación de riesgos respecto al control de riesgos. Realizando en el análisis:

- Observación global del proceso productivo.

⁸⁴ **Exigente:** Con desafíos cada vez más grandes; **información:** Hay cada vez más población con acceso a los medios de comunicación; **solidario:** Cada individuo o grupo va consiguiendo más capacidad de acción; **global:** Con respeto al medioambiente y al clima; **peligroso:** Desde el punto de vista físico, psicológico y social; **seguro:** Con una evolución técnica responsable.

- Detección, caracterización y cuantificación de las causas y consecuencias.
- Valorizar y valorar los riesgos actuales.
- Utilizar los conocimientos existentes.

El método determina, en los factores de evaluación, varios subsistemas de referencia identificándolos (tabla 1.23).

Factores de probabilidad (f_{pi}):	Factores de daño (f_{dj}):
<ul style="list-style-type: none"> ○ Subsistema de máquinas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{p1}) probabilidad de fallos ▪ (f_{p2}) deficiencias ▪ (f_{p3}) inadecuaciones ▪ (f_{p4}) obsolescencia ○ Subsistema humano: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{p5}) formación de base inadecuada ▪ (f_{p6}) formación específica inadecuada ▪ (f_{p7}) inexperiencia ▪ (f_{p8}) capacidad física ▪ (f_{p9}) capacidad psicológica ▪ (f_{p10}) salud ○ Subsistema de ambiente de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{p11}) exposición ▪ (f_{p12}) agentes agresivos ▪ (f_{p13}) condiciones físicas de trabajo ▪ (f_{p14}) condición psicosocial de trabajo ○ Subsistema de empresa: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{p15}) exigencia ▪ (f_{p16}) motivación ○ Subsistema de comunidad: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{p17}) situación social ▪ (f_{p18}) situación económica ○ Subsistema del entorno: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{p19}) fenómenos naturales ▪ (f_{p20}) macro-economía ▪ (f_{p21}) percepción política ▪ (f_{p22}) percepción ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Subsistema de máquinas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{d1}) capacidad del daño ▪ (f_{d2}) alcance del daño ▪ (f_{d3}) deficiencia ▪ (f_{d4}) inadecuación ▪ (f_{d5}) obsolescencia ▪ (f_{d6}) inexistencia de EPI's ▪ (f_{d7}) inadecuación de EPI's ○ Subsistema humano: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{d8}) mal uso de los EPI's ▪ (f_{d9}) vulnerabilidad física ▪ (f_{d10}) vulnerabilidad psicológica ▪ (f_{d11}) salud ▪ (f_{d12}) efectos por agentes agresivos ▪ (f_{d13}) productividad ○ Subsistema de ambiente de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{d14}) contaminación ▪ (f_{d15}) incendio y explosión ▪ (f_{d16}) avería ○ Subsistema de empresa: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{d17}) alteración de la producción ▪ (f_{d18}) alteración del ambiente laboral ○ Subsistema de comunidad: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{d19}) efectos sociales ▪ (f_{d20}) efectos económicos ○ Subsistema del entorno: <ul style="list-style-type: none"> ▪ (f_{d21}) fenómenos naturales ▪ (f_{d22}) mercado ▪ (f_{d23}) ambiente

Tabla 1. 23 - Factores de probabilidad y daño para la generación de las matrices de cálculo.

El método plantea que los parámetros del riesgo son factores que implican el conjunto de una serie de circunstancias que están asociadas con el riesgo en base al tipo de probabilidad y al tipo de daño; siendo un conjunto de factores [25-26]:

$$\text{Riesgo por matrices: } R = \prod_{i=1}^n f_{pi} + \prod_{j=1}^m f_{dj} \quad [25]$$

$$\text{Riesgo por análisis de barreras: } R = \left(\frac{(P_r \cdot C_t) \cdot S_D}{M_{prev} \cdot M_{prot}} \right) \quad [26]$$

Comentario:

Es un interesante método, de tipo global que abarca cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo, y se fundamenta en la cuantificación de los daños por lo que su enfoque es hacia los costes/beneficios. Se centra en la organización del trabajo (en industrias de producción). Mediante la aplicación de una metodología de árbol de sucesos muy compleja de aplicar durante la construcción de una edificación. Los criterios de valoración se realizan a partir de la formación de una matriz variable de riesgo. Su aplicación es muy compleja y requiere un tratamiento posterior de estudio; que para una situación de trabajo de producción en industria, tiene su aplicabilidad; pero las condiciones cambiantes durante la fase de ejecución de un edificio lo hacen inviable.

1.4.2.7. Metodología ORL-OC/PV

Tesis Doctoral realizada por D^a Juliana Claudino Véras, con el título siguiente: “Método para la evaluación de riesgos laborales en obras de construcción de grandes viaductos.” (Claudino, 2012). Esta investigación propone y materializa un método de evaluación de riesgos en ocho obras de ingeniería, en particular en viaductos y puentes. Haciendo la siguiente observación respecto a la evaluación de riesgos laborales:

“Por otro lado, en lo que respecta a la evaluación de riesgos en sí, tratando específicamente los riesgos laborales para obras de construcción, ha de avanzarse mucho. Han de establecerse métodos y sistemas dirigidos a la práctica y que sean eficientes y aplicables en el control de los riesgos de accidentes”.⁸⁵

Se plantea una distinción entre tipos de evaluaciones de riesgos, como son los discretos⁸⁶ y los discontinuos⁸⁷. La investigación propone un modelo discreto y los objetivos del estudio comprende el análisis de las circunstancias que provocan accidentes, análisis del marco legal europeo, brasileño y español, implantación de un protocolo de verificación de las condiciones de trabajo, sistema para el tratamiento de

⁸⁵ Capítulo 3, página 10, de la Tesis Doctoral D^a Juliana Claudino Véras.

⁸⁶ Se evalúan estableciendo los factores de riesgo antes de la ocurrencia de los accidentes.

⁸⁷ los accidentes indican los factores de riesgos.

los datos de la evaluación, nuevo modelo de evaluación de riesgos, propuesta de acción para el control de los riesgos; y validación y sistematización del modelo.

Hace distinción entre la evaluación de riesgos y los riesgos laborales; en etapas o momentos diferentes, aunque ante los riesgos acontecidos implica una adaptación o re-evaluación del riesgo sucedido. Los riesgos laborales se subdividen en ambientales y de seguridad; a su vez vuelve a subdividir los ambientales en físicos, químicos y biológicos⁸⁸. Los riesgos de seguridad los subdivide en accidentes, organización, ergonómicos y psicosociales⁸⁹. Hace una llamada sobre los factores de riesgos psicosociales, fundamentales, para un estudio o evaluación adecuado:

“Ha de introducirse una categoría más de riesgos denominada riesgo psicosocial. Esta puede producir complejas patologías cuya causa principal se centra en la falta de equilibrio entre las características del trabajador y las condiciones de trabajo. Puede causar graves accidentes y enfermedades que pueden incluso llevar a la incapacidad permanente para el trabajo, como puede ser en los casos en que los trabajadores terminan sufriendo patologías cardiovasculares.

*El tema es importante y se presenta como objeto de recientes trabajos de representaciones sindicales, instituciones gubernamentales y centros de investigación”.*⁹⁰

Propone un nuevo método que se llama “Evaluación de riesgos laborales en obras de construcción de grandes puentes y viaductos” cuya abreviatura del método corresponde a la siguiente expresión: ORL-OC/PV. El diseño global del nuevo modelo consiste en un sistema para el análisis del ambiente laboral obteniéndose una serie de resultados que indican, de manera estructurada, su nivel de seguridad frente a los riesgos de accidentes laborales. El método está diseñado en tres bloques. El primero es un protocolo de requisitos del objeto de análisis, “Protocolo para obras de construcción de puentes y viaductos – OC/PV”, el segundo es el “Sistema de análisis de datos para evaluación de riesgos laborales – ERL” y el tercero es el “Procedimiento de control de riesgos – NC” y que se esquematiza en la figura 1.11.

La sección de protocolo OC/PV, que adapta cuarenta y cuatro normativas, traduce el lenguaje legal a lenguaje técnico. Consiste en una lista de verificación que posee un

⁸⁸ Ruido, radiaciones, vibraciones, presiones anormales, temperaturas extremas; productos y sustancias químicas, polvo, bruma, niebla, humo y vapor; microbios, virus, bacterias, protozoos y hongos.

⁸⁹ Caídas, electrocución, atropello, sobreesfuerzo; jornada de trabajo, distribución de las actividades, recurso de trabajo; factores cognitivos, factores físicos; insatisfacción, estrés, depresión, fatiga y agresividad.

⁹⁰ Tesis Doctoral de D^a Juliana Claudino Véras. Capítulo 3.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

procedimiento a seguir para su aplicación. Establece dos factores de riesgo fundamentales:

- Riesgo ambiental (físico, químico y biológico).
- Riesgo de seguridad (accidentes, organización, ergonómico y psicosocial).

Figura 1. 11 - Esquema del método ORL-OC/PV extraído de la Tesis.

Indica de manera estructurada los fallos del proceso constructivo en la fase de ejecución de obras, a partir de los cuáles se pueden determinar las adecuadas medidas de control. Aunque sugiere que cada obra debe contemplar su propio protocolo de actuación e, incluso, se cita textualmente: *“Para la correcta utilización del protocolo es imperativo el dominio de los conceptos de la ingeniería de seguridad y salud laboral, y de la legislación en prevención de riesgos laborales”*⁹¹. El protocolo permite su aplicación en dos tipos de evaluaciones: “evaluación de la obra en su conjunto” y “evaluación de un ciclo de actividades”. El método OC/PV es aplicable a todo tipo de obras aunque se considera que debe realizarse un protocolo específico para cada tipo de obra. El protocolo puede ser utilizado por cualquier agente de la obra (promotor, contratista, proyectista, dirección facultativa y coordinador de seguridad), trabajador de la empresa constructora o ajeno a la misma (auditoría, inspección de trabajo o servicio de prevención ajeno). Suministra la información necesaria para conocer qué situación de la obra no está conforme (o sí está conforme) en su adecuación a las normativas, e indica con un valor porcentual, en base a un sumatorio de situaciones conformes o disconformes, la cantidad que falta por cumplir las no conformidades. Indica dónde están las situaciones de peligro y los operarios asociados a dichos peligros.

El sistema de análisis de evaluación de riesgos ERL, indica el grado de cumplimiento legal, factores de riesgo de los trabajadores, cuántos trabajadores, infracciones y

⁹¹ Tesis Doctoral de D^a Juliana Claudino Véras. Capítulo 4.

sanciones, y la responsabilidad de implicación de la empresa, empresarios y técnicos. El procedimiento se basa en un programa informático para el tratamiento de datos.

El Procedimiento de control de riesgos NC consiste en un método que estructura las acciones a la identificación de los factores de riesgos. Es la etapa en la cual se realiza el control de los parámetros de riesgos que puedan finalizar en accidentes o incidentes.

La aplicación contiene los indicadores de seguridad para medir y comparar los resultados de la evaluación de riesgos. Establece un modelo para la definición del índice de seguridad. Dicho índice no existe en la bibliografía en modelos de evaluación y prevención de riesgos; y que resalta el nivel de gravedad de los factores que pueden inducir a un accidente o situación no deseada. Se basa en los resultados sobre los datos recogidos en la fase de protocolo. Mediante la expresión [27]:

$$I_s = I_b \cdot \varphi_e \cdot \varphi_p \quad [27]$$

I_s indicador de seguridad,

I_b índice básico,

φ_e coeficiente de error y

φ_p coeficiente de parcialidad.

El índice básico calcula la relación entre los requisitos no conformes y los requisitos que aplican, considerando el peso según la gravedad de cada requisito. Los coeficientes de error y de parcialidad son coeficientes de minoración. Consideran factores que pueden interferir en el índice básico.

El índice básico establece la relación entre los requisitos no conformes y los requisitos que se aplican en función de la gravedad. Los rangos de riesgo en las obras quedan establecidos en los términos de óptimo, moderado, importante y crítico. En la figura 1.12 se representa el esquema tipo con los valores que determinan la diferencia entre los rangos: 0,00, 0,76, 0,95 y 1,00.

En las conclusiones de la investigación destaca la posibilidad de aplicación del método a cualquier tipo de obra pero particularizando el análisis. El protocolo aporta una herramienta que sistematiza el reconocimiento de los riesgos *in situ* de complejos ambientes de trabajo como son las obras de construcción. El procedimiento de control de riesgos, es un documento que estructura las acciones subsecuentes a la identificación de los factores de riesgos. El sistema de análisis de datos realiza el tratamiento de las informaciones obtenidas con el protocolo.

Observaciones:

Contempla el estudio y análisis pormenorizado de las diferentes situaciones que generan las obras de construcción, realizando una cuantificación de los factores de riesgo y estableciendo un valor final que determina la contribución de la empresa a la implementación de la prevención de riesgos. Es un método que precisa conocimientos de obra, de seguridad e informáticos. El procedimiento que sigue califica cada una de

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

las 124 preguntas que abarcan la gestión, la organización de obra, las condiciones de trabajo, protecciones contra caídas, herramientas, maquinaria, maquinaria de trabajos de altura, andamios, instalaciones eléctricas, soldaduras, equipos de protección individual, estructuras y evaluación de sistemas constructivos. Muy laborioso en su utilización y desarrollo. Abarca las técnicas de lucha contra el riesgo de seguridad, higiene y ergonomía, pero las técnicas de psicología quedan establecidas de forma muy somera en el listado de preguntas. No cabe la interpretación cuantitativa de unas condiciones psicológicas en base al cumplimiento de una normativa. Por lo que esta metodología no puede considerarse de carácter global, aunque el autor determina la importancia de los parámetros de psicología para ser incorporados en las metodologías.

Figura 1. 12 - Rango del índice de seguridad laboral I_s . ORL-OC/PV.

Gráfico extraído de la Tesis Doctoral D^a Juliana Claudino Véras. Capítulo 5

1.5. ÁMBITOS EN LA INVESTIGACIÓN DEL RIESGO EN EDIFICACIÓN

Este apartado pretende abordar el conocimiento sobre la seguridad y salud laboral en obras de edificación, en particular en lo referente a los sistemas de integración de la acción preventiva, en el afán de reducir la siniestralidad en los puestos de trabajo. Y, sobre todo, analizando el enfoque de la publicación a través de las evaluaciones de riesgos, dentro de la gestión de la seguridad.

1.5.1. Ámbito general

1.5.1.1. El régimen jurídico del Arquitecto Técnico y Aparejador

Tesis Doctoral Desarrollada por D. Francisco Julio Arenas Cabello de título siguiente: “*El régimen jurídico de la profesión de arquitecto técnico y aparejador.*” (Arenas, 2002). Esta investigación propone, entre otras, que la mayoría de los litigios por facultades y

atribuciones entre los profesionales de la Arquitectura y la Ingeniería⁹² se basa en criterios irracionales y en una configuración de tipo jerarquía-subordinación; además de la presión ejercida por los Colegios Profesionales que intentan hacer suyas, en exclusiva, facultades y atribuciones propias de otras titulaciones a pesar del principio de plenitud de facultades y competencia profesional. Lo que hace que por la multitud de demandas que se formulan, los Tribunales desarrollan criterios interpretativos que intentan resolver los problemas de facultades y atribuciones.

Se hace mención a la LOE, que simplemente establece los usos principales de las edificaciones y titulaciones académicas y profesionales habilitantes de Arquitecto, Arquitecto Técnico, Ingeniero o Ingeniero Técnico. Esta Ley sólo define con claridad que la titulación académica y profesional habilitante para el grupo a) uso principal Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural, es la de Arquitecto, con carácter exclusivo y excluyente⁹³. En este mismo aspecto la LOE no determina la titulación académica y profesional habilitante para el ejercicio de coordinador en materia de seguridad y salud. Reconociendo, para ello, las cuatro titulaciones con carácter general.

El trazado de la investigación plantea la configuración del régimen jurídico de la profesión de Arquitecto Técnico y Aparejador, y su evolución histórica; al ser la más antigua de las profesiones técnicas.

En sus conclusiones recuerda que las responsabilidades de los técnicos, en el entorno comunitario, y por usos sociales, se adopta la fórmula generalizada de considerar libre el ejercicio de la profesión de Ingeniero, y que, por tanto, la formulación de proyectos, y en particular referido a la seguridad, se pueden llevar a cabo por cualquier técnico capacitado. Se establece como único técnico responsable penal en materia de seguridad y salud laboral al Arquitecto Técnico frente a la responsabilidad solidaria entre el Arquitecto y el Arquitecto Técnico.

Observaciones:

Se ha considerado oportuno introducir el significado de esta investigación en lo referente a la seguridad y salud laboral en las obras, ya que, es una oportunidad para enfocar la profesión por una vía que, actualmente, están ocupando profesionales no idóneos (como indica la tesis) sobre los tratados en seguridad y salud en la edificación. Siendo una titulación apta y capacitada legal, técnica y profesionalmente para el desarrollo y seguimiento de las labores de coordinador en fase de proyecto y de obra; con todos los documentos y estudios que ello implica.

⁹² LOE; LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Jefatura del Estado (BOE n. 266 de 6/11/1999)

⁹³ En base al artículo 2, 1 a) y artículo 10, 1 a) de la LOE.

1.5.1.2. El impacto de los costos de inversión de seguridad y salud

Investigación desarrollada por el grupo de trabajo formado por López, que analizan el impacto de los costos de inversión de seguridad y salud en la industria de la construcción (López, Ibarrondo, Rubio-Gámez & García, 2013), en la cual indican que es en el sector de la construcción donde las tasas de accidente de trabajo son más altas que en otros sectores, siendo los factores que más inciden en los costes asociados con estos accidentes los humanos y los financieros. Con el objetivo de examinar y analizar los costes empresariales para la prevención de riesgos en el sector de la construcción. Aunque, no obstante, muchos estudios indican que los gerentes de las empresas no consideran un beneficio financiero la inversión en seguridad. La metodología de este estudio abarca dos etapas: en la primera analiza cualitativamente a partir de un cuestionario; y en la segunda se analiza cualitativamente y cuantitativamente sobre la implementación de la encuesta en obras de construcción; con el análisis de los resultados obtenidos.

Como característica del estudio se plantea la observación participativa que determina una mejor comprensión del fenómeno en estudio. Ello permite recopilar diferentes tipos de información, reduciendo la posibilidad de interpretación errónea y contribuye al desarrollo de cuestiones prácticas y mejora la comprensión y credibilidad. En el cuaderno de campo respecto a las herramientas cualitativas, se establecen tres fases de desarrollo:

- Fase 0: selección de lugares de trabajo en fase de construcción.
- Fase 1: en 6 meses se realizan dos visitas a cada obra.
 - En la primera se explica el procedimiento a los agentes seleccionados y se toman datos cualitativos con el cuestionario. Los agentes seleccionados son gerentes, delegados, oficial de prevención de accidentes, administrador y coordinador de seguridad y salud.
 - En la segunda fase se obtiene documentación relevante para determinar si se han surgido condiciones relevantes en el cuestionario.
- Fase 2: Se digitaliza la documentación con un programa estadístico (IBM SPSS 15.0). No obstante, se requiere repetir algunas visitas para rematar los cuestionarios y completar información perdida.

El modelo estadístico empleado en la investigación es el de regresión de Poisson⁹⁴ que es el más adecuado y preciso. Una de las características de este modelo es la independencia del número de incidentes dentro de los diferentes intervalos.

En cuanto a los costes en seguridad se establecen dos vías de clasificación:

- Costes de seguridad: los provocados para asegurar la seguridad y salud en el trabajo. Se distinguen entre los costes de prevención (requerimientos legales, medidas de implementación, mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud), y los costes de evaluación y control (proviene de las acciones llevadas por la compañía para comprobar el mantenimiento de las medidas adoptadas con el objetivo de reducir los accidentes o enfermedades del trabajo).
- Costes por no asegurar: son los producidos por no garantizar la salud y seguridad en el trabajo. Dos criterios se distinguen, entre los costes tangibles (asociados con el suceso y estimados por métodos de justificación de costes), y costes intangibles (no son medibles en términos económicos, como baja estima, cambio de imagen, pérdida de mercado).
- Otros costes: los referidos a elementos que están más allá del alcance y control de la gestión. Son costes incontrolables que no caben en la estructura de control.

En este estudio están incluidos los siguientes parámetros: presupuesto de contrato, presupuesto de seguridad y salud, tipo de contrato laboral, etapas del proceso de obra, adjudicación y sanciones de obra. Los costes intangibles y otros costes no se incorporan a la investigación porque no se pueden incluir en un modelo de cálculo. Para ello se generan una serie de hipótesis trabajo:

- Grupo 1: La primera hipótesis es que los proyectos de mayor presupuesto implican mayor gasto en medidas de seguridad y salud.
- Grupo 2: hipótesis que relaciona diversas variables de costes con las tasas de accidente.
- Grupo 3: hipótesis que relaciona el coste en prevención y el coste de los accidentes.
- Grupo 4: hipótesis que relaciona los costes de prevención de accidentes con el grado de progreso de la obra.

⁹⁴ En estadística, la regresión de Poisson es un tipo de modelo lineal generalizado en el que la variable de respuesta tiene una distribución de Poisson y el logaritmo de su valor esperado puede ser modelado por una combinación lineal de parámetros desconocidos, es decir, el logaritmo es la función de enlace canónica. Se usa para modelar datos de conteo (número de veces que ocurre cierto fenómeno aleatorio) y tablas de contingencia.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Grupo 5: hipótesis que relaciona el número de accidentes en el lugar del trabajo con el número de trabajadores y con el número de subcontratas.
- Grupo 6: hipótesis que relaciona los costes de accidente laboral con el número de trabajadores y con el número de subcontratas.
- Grupo 7: hipótesis que relaciona los costes de accidentes con el grado de progreso del proyecto.

El grado de progreso en el trabajo tiene un efecto cuadrático sobre la media del número de accidentes. Es posible predecir el cambio en la media del número de accidentes de acuerdo al grado de progreso. La media del número de accidentes es máxima, con un valor de 7, para un grado de progreso del 47%. En las obras de edificación la mayoría de los accidentes ocurren en las fases de inicio como los movimientos de tierra y estructuras. Sobre todo, el 57,3 % de los accidentes se concentra en los primeros meses, hasta el 30 % de progreso de obra (figura 1.13).

Figura 1. 13 - Relación entre el número de accidentes y el grado de progreso de una obra.

Gráfica obtenida de la publicación (López, Ibarrodo, Rubio-Gámez, & García, 2013).

Comentario:

En la ingeniería de la edificación es sabido el desarrollo de la gestión de costos del proyecto de construcción mediante la técnica de los costes acumulados que se define como la gestión en sus diferentes formas que integra las mediciones del alcance del proyecto, costo y cronograma para ayudar al equipo de dirección del proyecto a evaluar y medir el desempeño y el avance del proyecto⁹⁵. Es una técnica de gestión de proyectos

⁹⁵ La técnica de costos estándar tuvo su origen a principios del siglo XX, con motivo de la doctrina llamada Taylorismo; o sea, el desplazamiento del esfuerzo humano por la máquina.

En 1903, Frederick Winslow Taylor, en su publicación “la organización científica del trabajo”, realizó las primicias en cuanto a investigación para lograr mejor control de la elaboración y la productividad, que inspiraron al Ingeniero Harrington Emerson (1908) realizó la publicación “Operaciones Eficientes” para profundizar sobre el tema, quien a su vez sirvió de inspiración al Contador Chester G. Harrison, que desarrolló el concepto “El Coste Estándar: Medida De La Eficiencia Fabril”, para que en 1921 surgiera la

que permite controlar la ejecución de un proyecto a través de su presupuesto y de su calendario de ejecución. Durante la construcción de una edificación se invierte una gran cantidad de material y mano de obra con los primeros capítulos: movimiento de tierras, cimentación, estructuras, etc. Llegando hasta la ejecución de las cubiertas, que equivalen, con gran aproximación, al 50% de la ejecución de la obra. En la figura 1.14 se muestra el esquema de desarrollo de una obra de construcción en relación al tiempo y los costes de producción; representando las gráficas de la evolución de los costes mediante el valor acumulado durante el tiempo que tarda en desarrollarse la edificación completa.

Figura 1. 14 - Esquema representativo de una gráfica tipo de valor acumulado.

Gráfico tomado de la página <http://blog.pmmasbim.com/2015/09/gestion-del-valor-ganado.html>. Consulta realizada con fecha (16/04/2017)

Sirvan como ejemplo dos presupuestos realizados (tabla 1.24) con la aplicación “pre-dimensionador de mediciones y presupuestos” del programa informático Arquímedes⁹⁶. Los datos representados equivalen al presupuesto de cada capítulo de obra (representado por barras amarillas). El valor acumulado de la obra se representa con la línea negra. Y, sobrepuesto, se representa el gráfico de relación entre el número de

Técnica de Valuación de Costos Estándar, considerándose a Emerson el precursor y a Harrinson el realizador, cuyo primer ensayo fue hecho en Estados Unidos (1912).

La técnica de costos estándar es la más avanzada de las existentes ya que sirve de instrumento de medición de la eficiencia, porque su determinación está basada precisamente en la eficiencia del trabajo en la entidad económica.

⁹⁶ CYPE INGENIEROS S.A. es una empresa que desarrolla y comercializa software técnico para los profesionales de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

accidentes y el grado de progreso de una obra. Observando que coinciden los porcentajes de ejecución de obra (hasta el 40%-50%) con los capítulos de cubiertas.

Es primordial establecer las pautas de prevención de riesgos en las primeras etapas de construcción (tierras, cimentación, estructura, fachadas y cubiertas) de manera más intensa para disminuir la probabilidad del número de accidentes en función del desarrollo.

1.5.1.3. El riesgo en la industria de la construcción

Artículo realizado por el grupo de investigación Sousa V., Almeida N.M. y Dias L.A. en el que se realiza un análisis del riesgo basado en la gestión de la seguridad y salud ocupacional en la industria de la construcción (Sousa, Almeida & Dias, 2014). En dicho estudio se establece que ha habido un crecimiento del conocimiento sobre los riesgos en seguridad y salud ocupacional de las partes implicadas en la industria de la construcción. Sin embargo, los índices de accidentes son los más altos que en otro tipo de industrias. Dos razones fundamentales: los peligros intrínsecos de las propias características de los proyectos y organizaciones de la construcción; y las publicaciones económico-financieras considerando la implementación de las medidas de seguridad en un mercado competitivo y en crecimiento. Este documento plantea una revisión de la

investigación en el campo de la seguridad y salud ocupacional en la industria de la construcción, sobre estudios de accidentes incomprensibles, estudio de los análisis y modelos de accidentes, evaluaciones de riesgo, y límites y criterios de riesgo. Plantea la necesidad de una metodología que cuantifique el riesgo en seguridad y salud siguiendo el conjunto de líneas de la ISO 31000:2009. Sumando al estudio que las investigaciones en seguridad y salud abarcan tres grupos:

- El análisis de los accidentes (modelos de causas, estadísticas y costes de accidentes).
- La prevención de los accidentes (niveles, organización, leyes, estándares manuales, fase de diseño, fase de construcción, medidas de eficiencia, comportamiento humano, planes de seguridad, incentivos, responsabilidad de agentes).
- La evaluación de riesgos (identificación, análisis y evaluación).

El enfoque principal es el análisis de las diferentes fases de ejecución en los proyectos de construcción. Para ello se analizan diferentes criterios:

- En cuanto al estudio de la evaluación de accidentes, hay tres principales líneas de investigación en la industria de la construcción: el entendimiento del accidente (enfocando aspectos pasivos y activos de seguridad y salud variando los contextos cualitativos y cuantitativos), el análisis del accidente (desarrollo de indicadores, métricos o herramientas para cuantificar los riesgos) y el modelo de accidente (modelos e infraestructuras de ayuda en la evaluación de riesgos para los proyectos de construcción).
- En cuanto al entendimiento del accidente, las investigaciones se han dedicado a investigar las causas, origen y patrones de los accidentes en construcción; a estudiar el efecto de las medidas de seguridad; y a analizar las condiciones ocupacionales en seguridad y salud en diferentes regiones y países. Desarrollando listas de los principales factores que influyen en la seguridad y salud ocupacional en la industria de la construcción, principalmente, basados en cuestionarios y entrevistas. A pesar de las diferencias entre las listas de varios estudios, los factores se pueden agrupar por los relacionados con los trabajadores, relacionados con la gestión, y relacionados con la actividad.
- En cuanto al análisis del accidente, muchos métodos para la cuantificación de los riesgos ocupacionales en seguridad y salud se han desarrollado, aunque variando niveles de sofisticación y diferentes campos de aplicación. Las fuentes de información y el análisis de los datos varían desde una simple comparación matemática de los niveles de riesgo, a través de una obtención experta, hasta los modelos complejos basados en información estadística, en la que se establecen escalas semi-cualitativas para medir la probabilidad de que ocurra,

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

la severidad de las consecuencias y la exposición. Se han desarrollado procesos analíticos jerárquicos para investigar las condiciones de seguridad y softwares para aproximar a la incertidumbre lógica.

- En cuanto al modelo del accidente, Muchos modelos se desarrollaron para la gestión de los riesgos en seguridad y salud ocupacional enfocados en la gestión del riesgo o en la comparación entre los niveles de riesgo relativo relacionando ocupación o industria.

Los autores concluyen afirmando que los sitios de construcción son lugares de trabajo que aglutinan variedad de riesgos de los trabajadores y muchas de las actividades realizadas en el curso de los niveles de ejecución de los proyectos de construcción son potencialmente peligrosas. La fase de diseño también ofrece la posibilidad de gestionar los riesgos en seguridad y salud. Se ha demostrado que la prevención de accidentes ocupacionales debería estar en la fase de diseño involucrando a proyectistas y contratistas. Más del 60% de accidentes se podrían minimizar con una correcta definición del proyecto y unas medidas adecuadas en la planificación y organización. Para ello la agencia Europea en Seguridad y Salud en el Trabajo recomienda la gestión de la salud y seguridad en los proyectos de construcción realizando una aproximación integrada durante el ciclo de vida del proyecto (diseño, ejecución y uso). Por lo que Influyen los proyectistas, constructores y promotores en la seguridad y salud. Determinando que hay muchas herramientas y métodos para investigar y comprender los accidentes para identificar los diferentes contextos que implican riesgos en proyectos de construcción y sus factores subyacentes.

Comentario:

Son muchas investigaciones las que determinan que uno de los factores clave en la prevención de los riesgos en una obra de edificación es un correcto estudio de las condiciones de seguridad y salud en la fase de proyecto (Zhi, 1995; Gambatase & Hinze, 1999; Larsson & Field, 2002; Lyons & Skitmore, 2004; Haslam et al, 2005; Zou, Zhang & Wang, 2007; Gambatase, Behm & Rajendran, 2008). Aunque es fundamental la gestión de la prevención de riesgos durante las tareas de ejecución de un edificio (Zhi, 1995; Akintoye & MacLeod, 1997; Haslam et al, 2005; Zou, Zhang & Wang, 2007; Camino, Ritzel, Fontaneda & González, 2008; Jung, Kang, Kim & Park, 2008), las investigaciones determinan la necesidad de abrir el camino hacia las condiciones del clima de seguridad para ofrecer un enfoque alternativo de la prevención de riesgos (Zohar, 1980; Saari, 1995; Coyle, Sleema & Adams, 1995; Lingard & Rowlinson, 1997; Gillen, Baltz, Gassel, Kirsch & Vaccaro, 2002; Guldenmun, 2000; Neal, Griffin & Hart, 2000; Flin, Mearns, O'Connor & Bryden, 2000; Cooper & Phillips, 2004; Abbas, Zalat & Ghareeb, 2013) e, incluso, en el análisis de las condiciones psicosociales que influyen en la prevención de riesgos (Karasek et al, 1998; Niza, Silvia & Lima, 2008; Mohamed, Ali & Tam, 2009; Lorento, Salanova & Martínez, 2011); aun así, se requiere mantener el

procedimiento de prevención en el ciclo de vida del edificio, durante la etapa de uso y mantenimiento de las edificaciones (Zou, Zhang & Wang, 2007).

1.5.2. Ámbito documental

1.5.2.1. Gestión de la prevención y evaluación de riesgos

Tesis Doctoral desarrollada por D. Juan Carlos Rubio Romero de título: “*Gestión de la prevención y evaluación de riesgos laborales. Implantación en la industria de Málaga.*” (Rubio, 2000). Esta investigación aborda las analogías y particularidades de los sistemas de gestión de la prevención y los métodos de evaluación de riesgos laborales. Y propone una clasificación para su adecuado uso. Observando la evolución histórica de la prevención en riesgos laborales, su estructura legislativa tanto a nivel europeo como español, las intervenciones administrativas frente a los niveles de siniestralidad, gestiones empresariales, el progreso de la evaluación de riesgos y sus diferentes etapas de desarrollo. Con el objetivo de especificar y concretar el marco jurídico-técnico, destacar la relación entre la gestión de la prevención y la reducción de los accidentes y su análisis; especificando las fases de los métodos de evaluación de riesgos.

En su estado actual, dentro de la Tesis, se mencionan las publicaciones más extendidas tanto, sobre la gestión en la prevención de riesgos laborales, como de la evaluación de riesgos; así como los métodos más trascendentes como el método de los tres factores, los métodos de evaluación de riesgos mayores son la industria aeroespacial, militar, nuclear y química, en la evaluación del riesgo de incendio, métodos en ergonomía y psicología y otros, señalan los principales estudios sobre los métodos para la evaluación de las condiciones de trabajo y su adaptación al trabajador.

Se hace referencia a las líneas de investigación y corrientes de pensamiento observadas en su estudio, como son las referentes a la seguridad, higiene industrial, ergonomía, psicología y medicina laboral.

La investigación propone una serie de hipótesis de trabajo y desarrollo; que con respecto a los métodos de evaluación de riesgos, se plantea que la evaluación general de riesgos supone el primer paso a partir del cual la organización planificará las actuaciones preventivas en la misma y ello implica determinar un criterio de tolerabilidad del mismo, a la vez que los métodos de evaluación específicos presentan un nivel de complejidad y especificidad técnica elevado. Sobre las conclusiones respecto a la evaluación general de riesgos y los métodos simplificados de evaluación de riesgos se destacan la confusión legal entre los métodos específicos y los generales. Y, aun así, los métodos se diferencian en base al número de factores que se plantea. Con un factor: método ABC; dos factores: ley de prevención de riesgos laborales (LPRL); tres factores: método William T. Fine; cuatro factores: método Steel; y cinco factores: métodos fine, Strohm y

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

Opheim; Sobre las conclusiones respecto a los métodos complejos de evaluación de riesgos cabe destacar que respecto a los accidentes como métodos más completos destacan desde un punto de vista de referencia para otros métodos y por su valor histórico, los métodos RENAULT, LEST y ANACT; para métodos específicos de evaluación de riesgos, el INSHT publica unas “Guías”, que aunque no son de obligado cumplimiento fijan el estado de la técnica; y la mayoría de estos métodos son de tipo cualitativo en la estimación de la frecuencia de ocurrencia. Respecto a los riesgos medioambientales el método se basará en el porcentaje de trabajadores que padecerán una patología al cabo de una exposición que dure toda la vida laboral; en los riesgos de organización y adaptación al entorno es difícil establecer la relación entre el riesgo y el daño; y en cuanto a la ergonomía y psicología se confunden; Y respecto a los métodos específicos se impone muchas veces el uso exclusivo del método.

1.5.2.2. Estudio sobre la integración de la prevención en proyectos

Comunicación en el II Congreso Nacional de Investigación en Edificación (IEMAE, 2010), elaborada por Gabriel, que analiza la metodología para la integración de la prevención en materia de seguridad y salud laboral en los proyectos de ejecución de obra (Esteban, de-Borja & Lucas, 2010). En su objetivo pasa por destacar la inexistencia de jurisprudencia para incluir la integración de la prevención desde la fase de proyecto en relación al accidente acaecido. Haciendo hincapié sobre la escasa competencia académica que se obtiene durante la carrera de Arquitectura e Ingeniería en materia de Seguridad y Salud laboral⁹⁷. Cuando, a través del Informe Lorent⁹⁸, se concluye que el 35% de los accidentes mortales se originan en la fase de concepción del proyecto. Con lo que se da origen a la Directiva Marco 92/57/CEE siendo su transposición en España de forma irregular y muy alejada de la significación de la misma. En el desarrollo de la ponencia se proponen dos metodologías a aplicar: de tipo cuantitativo a través de encuestas, y de tipo cualitativo con análisis comparativo. Concluyendo en la investigación que existe un porcentaje muy elevado con falta de coordinación y desconocimiento entre el proyectista y el coordinador de seguridad en fase de proyecto. Se concluye en la ponencia la necesidad de formación académica de los proyectistas,

⁹⁷ En el 63,56 % de los casos, los arquitectos no disponen de ninguna formación en materia preventiva. Sólo en un 4,24% de los casos, disponen de una formación de nivel de máster de prevención. Y en el 92,37% de los casos estudiados en la investigación, los promotores sólo han requerido la necesidad sobre la actividad propia del proyectista.

⁹⁸ Pierre Lorent, asesor de la Comisión Europea para prevención de riesgos en la construcción, cuyo título del informe es “Impacto de la proposición de Directiva “obras temporales o móviles” sobre la formación en seguridad.” En el que se señala que el 35% de los accidentes mortales tiene su origen en la fase de proyecto; el 28% de los accidentes tienen su origen en la fase de planificación; el 37% tiene su origen en la fase de ejecución. Con lo que concluye que el 63% de los accidentes mortales se deben a las decisiones tomadas antes de comenzar la obra.

e integrar los principios generales de prevención en materia de seguridad y salud, mediante metodologías adecuadas para la redacción del proyecto de ejecución. Para ello se propone dividir el proceso de elaboración del proyecto en cinco fases, de conceptualización, redacción del proyecto básico, redacción del proyecto de ejecución, previo al comienzo de obra, redacción del proyecto de ejecución, ejecución de obra y mantenimiento posterior. Se propone un modelo (Szymberski, 1997)⁹⁹ que audita el proyecto y establece un certificado que identifica el nivel de incidencia de la seguridad y salud durante la redacción del proyecto. Así, en la figura 1.15 se aprecia una gráfica en la que se expresa la capacidad de influir en la seguridad, dependiendo de la fase del proyecto en la que se encuentre.

Figura 1. 15 - Influencia de la seguridad en el proyecto a lo largo del desarrollo del mismo.

Comentario:

En base a la experiencia profesional como Coordinador de seguridad y salud en obra se afirma la evidencia de la falta de formación y desarrollo de la actividad en materia de prevención por parte de los proyectistas. Contribuyendo a una total desorganización y falta de control de su puesta en práctica, con lo que la evaluación del riesgo queda supeditada a la elaborada por el contratista, en el mejor de los casos; ya que no suele ser una práctica común su elaboración, sobre todo en pequeñas empresas.

⁹⁹ Dicho modelo está basado en el que estableció Szymberski en su obra: "Construction Project safety planning".

1.5.3. Ámbito constructivo

1.5.3.1. Organización de la seguridad en el proceso constructivo

Artículo elaborado por Fernández, que analiza la implementación del sistema de prevención en el proceso de obra. Comenzando con la necesidad de la planificación previa de la obra, maquinaria, medios auxiliares y medios humanos. Este artículo es del año 1993, y ya, desde entonces, se venían realizando prácticas irresponsables sobre la documentación y la gestión de la seguridad aplicada a los proyectos y a las obras. Y la falta de tratamiento por los organismos oficiales (Mínguez, 1993). A continuación, en dicho artículo, trata la manera de incorporar, mediante esquemas, los conceptos de seguridad en cada una de las fases de una obra, contemplando la excavación, cimentación, saneamiento, estructura, cerramiento, cubierta, distribución interior, acabados, instalaciones, remates y finalización de obra.

Como conclusión al artículo se proponen la integración de la seguridad en la obra, el uso de sistemas de seguridad, el respeto al plan económico establecido y la elaboración de planes de seguridad.

Comentario:

Aunque el artículo data del 1993, se puede analizar que el concepto de seguridad en la obra debe estar reglado y normalizado y no tenerlo en una consideración de lastre para la ejecución efectiva de la obra; advirtiendo que los accidentes e incidentes de obra son un común denominador de la obras. Y, aunque parezca inaudito, hasta el presente año (2017) todavía se sigue justificando la necesidad de la elaboración de un plan de actuación en prevención para el seguimiento de una obra. Realmente, este artículo propone un seguimiento a pie de obra de una evaluación de riesgos, adaptándola en todo momento; por las circunstancias cambiantes, por la forma natural de las obras de edificación. No obstante las indicaciones se centran en la prevención de la seguridad, la higiene y la ergonomía. Aunque cita la necesidad de conocer el estado psíquico del trabajador para asignarle un puesto de trabajo acorde, durante el procedimiento preventivo en cada capítulo de obra no se hace mención a los criterios psicosociales que pudieran influir en el desarrollo de la ejecución de obra.

1.5.3.2. Los trabajadores en las obras de construcción

El sector de la construcción, en España, representa el 7% del PIB nacional; frente al 12,5% que tenía en 2008 y en los años del “boom”; en base a los datos ofrecidos por la

Contabilidad Regional de España¹⁰⁰ a través del Instituto Nacional de Estadística. Aunque cabe destacar que la proporción que representa el sector de la construcción en otros países es muy diferente: en Estados Unidos representa el 4% del PIB, en Alemania es el 6,5% y en Japón es el 17% del PIB (Weeks, 2014). James L. Weeks en su artículo sobre los riesgos de salud y seguridad en el sector de la construcción, incluido en la Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo, hace referencia a los diferentes oficios que intervienen en la construcción y los riesgos asociados a los mismos. Es muy importante saber que los trabajadores de la construcción construyen, reparan, mantienen, restauran, reforman y derriban casas, edificios de oficinas, templos, fábricas, hospitales, carreteras, puentes, túneles, estadios, puertos, aeropuertos, etc. Gran parte de los trabajadores de la construcción son trabajadores no cualificados; y otros están clasificados en alguno de los diversos oficios especializados.

Son varios los tipos de riesgos que se pueden clasificar en el sector de la construcción, y suelen ser de cuatro clases:

- Riesgos químicos. Son los que se transmiten por el aire a través del polvo, humo, vapor, niebla o gas. El riesgo viene asociado a la inhalación en gran medida, o a través de la absorción de la piel. Las enfermedades más comunes en el sector de la construcción, asociadas a los riesgos químicos, son:
 - Silicosis entre los aplicadores de chorros de arena, excavadores en túneles y barreneros.
 - Asbestosis (y otras enfermedades causadas por el amianto) entre los aplicadores de aislamientos con amianto, instaladores de sistemas de vapor, trabajadores de demolición de edificios y otros.
 - Bronquitis entre los soldadores.
 - Alergias cutáneas entre los albañiles y otros que trabajan con cemento.
 - Trastornos neurológicos entre los pintores y otros oficios expuestos a los disolventes orgánicos y al plomo.
- Riesgos físicos. Los riesgos físicos se encuentran presentes en todo proyecto de construcción. Entre ellos se incluyen el ruido (maquinaria, vehículos, etc.) el

¹⁰⁰ La Contabilidad Regional de España (CRE) es una operación estadística que el INE viene realizando desde el año 1980 y cuyo principal objetivo es ofrecer una descripción cuantificada, sistemática y lo más completa posible de la actividad económica regional en España (comunidades autónomas y provincias), durante el período de referencia considerado.

La información que proporciona permite analizar y evaluar la estructura y evolución de las economías regionales, y sirve de base estadística para el diseño, ejecución y seguimiento de las políticas regionales.

Las cuentas regionales son una especificación de las cuentas nacionales; es decir, la Contabilidad Nacional de España (CNE) constituye el marco de referencia conceptual y cuantitativo en el que se integra la CRE.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

calor y el frío (climatología, sustancias a altas temperaturas, proximidad a motores, etc.), las radiaciones (por el sol, la soldadura por arco eléctrico, el rayo láser, etc.), las vibraciones (manipulación de maquinaria o herramientas de mano, etc.) y la presión barométrica (bajo el agua, túneles presurizados, etc.). Por otro lado las lesiones más comunes de los trabajadores de la construcción son las de tipo traumáticas, movimientos forzados, esfuerzos violentos, etc. Siendo las más habituales las caídas por posturas inadecuadas, huecos sin protección, resbalón en andamio, etc.

- Riesgos biológicos. Los riesgos biológicos se presentan por exposición a microorganismos infecciosos (histoplasmosis por el hongo del terreno, contagio por gripe o tuberculosis, etc.), a sustancias tóxicas de origen biológico (arbustos venenosos, ortigas venenosas, serrín de maderas o alergias al cedro rojo, etc.) o por ataques de animales (avispa, abejorros, hormigas rojas, serpientes, etc.).
- Riesgos sociales. Son los que provienen desde la organización social del sector. El control sobre aspectos como la economía o el clima son muy complejos de mantener por parte de los trabajadores de la construcción. Pudiendo sufrir, a causa de los mismos, una intensa presión para ser más productivos. Incluso llegando a no tener redes estables que les proporcionen estabilidad emocional, debido a los cambios continuos de la ubicación de los trabajos, lejanía del trabajo y cambios de horarios.

En esa enciclopedia consultada se aporta una relación de oficios de la construcción con los riesgos más habituales asociados a cada oficio. La clasificación de oficios de la construcción recogida a continuación equivale a la adoptada en Estados Unidos. Incluye los oficios de la construcción de acuerdo con la clasificación establecida en el sistema de Clasificación Normalizada de Profesiones desarrollado por el Departamento de Comercio de Estados Unidos. Este sistema clasifica los oficios de acuerdo con las principales cualificaciones que implican (SOC, 2010). La siguiente lista presenta las diferentes profesiones y sus riesgos asociados:

- Albañiles. Dermatitis del cemento, posturas inadecuadas, cargas pesadas.
- Canteros. Dermatitis del cemento, posturas inadecuadas, cargas pesadas.
- Soldadores y alicatadores. Vapores de las pastas de adherencia, dermatitis, posturas inadecuadas.
- Carpinteros. Serrín, cargas pesadas, movimientos repetitivos.
- Colocadores de cartón-yeso. Polvo de yeso, caminar sobre zancos, cargas pesadas, posturas inadecuadas.
- Electricistas. Metales pesados de los humos de la soldadura, posturas inadecuadas, cargas pesadas, polvo de amianto.

- Instaladores y reparadores de líneas eléctricas. Metales pesados de los humos de la soldadura, cargas pesadas, polvo de amianto.
- Pintores. Emanaciones de disolventes, metales tóxicos de los pigmentos, aditivos de las pinturas.
- Empapeladores. Vapores de la cola, posturas inadecuadas.
- Revocadores. Dermatitis, posturas inadecuadas.
- Fontaneros. Emanaciones y partículas de plomo, humos de la soldadura.
- Plomeros. Emanaciones y partículas de plomo, humos de la soldadura, polvo de amianto.
- Montadores de calderas de vapor. Humos de soldadura, polvo de amianto.
- Colocadores de moqueta. Lesiones en las rodillas, posturas inadecuadas, pegamentos y sus emanaciones.
- Colocadores de revestimientos flexibles. Agentes adhesivos.
- Pulidores de hormigón y terrazo. Posturas inadecuadas.
- Cristaleros. Posturas inadecuadas.
- Colocadores de aislamientos. Amianto, fibras sintéticas, posturas inadecuadas.
- Maquinistas de pavimentadoras, niveladoras y apisonadoras. Emanaciones del asfalto, humos de los motores de gasolina y gasóleo, calor.
- Operadores de maquinaria de colocación de vías férreas. Polvo de sílice, calor.
- Techadores Alquitrán, calor, trabajo en altura.
- Colocadores de conductos de acero. Posturas inadecuadas, cargas pesadas, ruido.
- Montadores de estructuras metálicas. Posturas inadecuadas, cargas pesadas, trabajo en altura.
- Soldadores (eléctrica). Emanaciones de la soldadura.
- Soldadores (autógena). Emanaciones metálicas, plomo, cadmio.
- Barreneros, en tierra, en roca. Polvo de sílice, vibraciones en todo el cuerpo, ruido.
- Operarios de martillos neumáticos. Ruido, vibraciones en todo el cuerpo, polvo de sílice.
- Maquinistas de hincadoras de pilotes. Ruido, vibraciones en todo el cuerpo.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Maquinistas de tornos y montacargas. Ruido, aceite de engrase.
- Gruístas (grúas torre y automóviles). Fatiga, aislamiento.
- Operadores de maquinaria de excavación y carga. Polvo de sílice, histoplasmosis, vibraciones en todo el cuerpo, fatiga por calor, ruido.
- Operadores de motoniveladoras, bulldozers y traíllas. Polvo de sílice, vibraciones en todo el cuerpo, calor, ruido.
- Trabajadores de construcción de carreteras y calles. Emanaciones asfálticas, calor, humos de motores de gasóleo.
- Conductores de camión y tractoristas. Vibraciones en todo el cuerpo, humos de los motores de gasóleo.
- Trabajadores de demoliciones. Amianto, plomo, polvo, ruido.
- Trabajadores que manipulan residuos tóxicos. Calor, fatiga.

Todos los riesgos tienen asociados, a su vez, las técnicas de lucha contra los riesgos:

- Técnica de seguridad. Lo que diferencia y caracteriza a la Seguridad en el trabajo como especialidad autónoma es su contenido técnico en lo que llamamos Ingeniería de Seguridad, detectando el riesgo antes de que se materialice (Collado, 2008).
- Técnica de higiene. Que se identifica por la medida, corrección y control de los ambientes laborales con el fin de prevenir la aparición de enfermedades (Collado, 2008).
- Técnica de ergonomía. Para conseguir la máxima eficiencia proporcionando al trabajador el máximo de confort físico y mental durante la realización de su tarea (Collado, 2008).
- Técnica psicosocial. Los denominados agentes psicosociales, que producen una compleja patología, cuyo factor principal se centra en la insatisfacción, derivando en la agresividad, depresión, estrés, fatiga, y otras afecciones de tipo psíquico (Salanova, Gracia & Lorente, 2005).

1.5.4. Ámbito social

1.5.4.1. Seguridad basada en conductas mediante liderazgo en seguridad

Gamella plantea los posibles factores que intervienen en la materialización de los accidentes de trabajo, como son los entornos de trabajo, la capacidad del trabajador para desarrollar la tarea y la motivación del trabajador. Subrayando que la motivación es causa o es determinante, de un alto porcentaje de accidentes (Gamella, 2013).

Los sistemas de prevención basados en las actitudes y las conductas caben en la metodología de evaluación de riesgos; ya que se basa en la identificación de las causas de los accidentes e incidentes y plantea la modificación de los entornos desencadenantes mediante cambios en la actitud y conducta del trabajador. La evaluación identifica las conductas seguras del grupo, los esfuerzos, las iniciativas y la participación, finalizando con la toma de datos de los índices de incidencia y gravedad.

Para ello es necesaria la actitud activa del empresario en este modelo para conseguir los beneficios pretendidos; haciendo precisa la figura de un responsable o líder en materia de seguridad que pone en práctica, directamente, la evaluación del riesgo integrando la cultura preventiva entre la línea de mando y los trabajadores. Aportando un rendimiento a corto plazo mucho mayor que mediante otros procedimientos de seguridad. La implantación del sistema busca la convicción plena del empresario en el método.

Comentario:

Muchos de los accidentes o incidentes englobados en los entornos de riesgos de seguridad, higiene y ergonómicos, tienen o pueden tener sus causas desde los riesgos psicosociales; tal y como se plantea en la Tesis Doctoral de Claudino, el riesgo psicosocial puede producir patologías por la falta de equilibrio entre el trabajador y las condiciones de trabajo (Claudino, 2012), siendo causa de graves accidentes y enfermedades que pueden llevar a la incapacidad permanente para el trabajo, haciendo necesario que las metodologías de riesgos abarquen, cada vez en mayor medida, sobre las condiciones psicosociales del entorno y del trabajador.

1.5.4.2. Riesgos psicosociales en la construcción

Artículo realizado por el grupo de investigación de Salanova con el que plantea las bases para desarrollar una metodología de evaluación de riesgos psicosociales para los trabajadores de la construcción (Salanova, Gracia & Lorente, 2007). En dicha publicación establecen que los riesgos en el sector de la construcción no son sólo los referidos a los aspectos físicos, técnicos y de dirección, sino también a los riesgos dentro del ámbito de la ergonomía y la psicología; declarando que el exceso de confianza y las posturas forzadas son las causas determinantes de los accidentes. Para ello, y basándose en la “Teoría Social Cognitiva” (Bandura, 1996) se plantean la realización de una metodología para la evaluación del riesgo psicosocial y para la mejora de las condiciones laborales de la construcción. Mediante el uso de la metodología WONT, en su versión adaptada al sector de la construcción, método RED-CONS que recoge el análisis de los recursos, de las emociones y experiencias, y de las demandas laborales en edificación. En base a las siguientes variables:

Recursos:

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Competencias mentales. El operario se siente apto para la demanda del trabajo.
- Actitudes hacia la seguridad. Percepción de la conducta segura.
- Autonomía. Grado de control del trabajador; puede decidir las tareas y su orden.
- Relaciones interpersonales y de apoyo social. Buenas relaciones.
- Clima de seguridad. Percepción del procedimiento y uso de la seguridad.
- Eficacia grupal percibida. Capacidad de ejecutar y organizar el trabajo.
- Liderazgo. Trato del supervisor a los trabajadores.

Emociones y experiencias:

- Burnout. Respuesta a estresores personales y relacionales, en función del agotamiento, del cinismo y de la ineficacia.
- Desencanto. Bajo nivel de estima respecto al trabajo.
- Abandono. Tendencia a dejar el puesto de trabajo y del centro.
- Engagement. Caracterizado por las ganas de trabajar del operario en base al vigor, la dedicación y la absorción.
- Compromiso organizacional. Aceptar los objetivos y los valores de la empresa.

Demanda laboral:

- Sobrecarga cuantitativa. El operario considera que la cantidad de trabajo le sobrepasa.
- Sobrecarga mental. Exigencia de concentración, precisión, estar pendiente y recordar muchas tareas.
- Sobrecarga emocional y social. El trabajo requiere implicación emocional.
- Conflicto de rol. Órdenes contradictorias y tareas incompatibles.
- Ambigüedad de rol. Las órdenes no son claras para la tarea.
- Rutina. Tareas poco novedosas, poco cambiantes y repetitivas.
- Moobing. Aislamiento, tareas absurdas, malintención para la promoción.

En base a la aplicación del método el grupo investigador concluye que entre las causas de los accidentes laborales están el bajo bienestar de los trabajadores, el exceso de confianza de los trabajadores experimentados, inexperiencia de los jóvenes, la rutina y la sobrecarga. Y entre los efectos preventivos están las buenas relaciones y la autonomía del puesto.

Comentario:

Una investigación muy interesante y amplia ya que se abarca un campo poco o nada estudiado hasta la fecha. En el método se aporta información de tipo estadística en los factores ergonómicos y psicosociales que son tomados en cuenta para la metodología que se propone en esta Tesis Doctoral para considerar los factores de relaciones laborales y autonomía del trabajo en la encuesta que se realiza a los operarios a pie de obra. El método establece las deficiencias que hay en el sector aunque no es una herramienta que se pueda utilizar a pie de obra durante el desarrollo de una edificación.

1.5.5. Nuevos parámetros de observación

Sobre la bibliografía estudiada se recopilan interesantes procedimientos para ser considerados e incluidos en las evaluaciones de riesgo. Dentro de la amplia información en las técnicas de lucha contra el riesgo, el campo de psicología está abriendo nuevas posibilidades en las técnicas de observación para ser utilizadas en los criterios de prevención.

1.5.5.1. Antropología de la construcción

Investigación doctoral: “Espacio: Roles, ritos y valores entre los constructores de edificios.” (Úbeda, 2002). La dimensión planteada en esta investigación fue el estudio de las relaciones sociales entre los agentes que desarrollan una edificación, en un determinado espacio y en un tiempo irrepetible. El espacio durante la obra, los agentes, captan la realidad con los sentidos, y que es sinónimo de territorio en multitud de planos (o niveles) independientes. En el que se define la obra como una entidad económica, organizada y sociocultural. La tesis analiza, desde el punto de vista antropológico, el desarrollo de una obra como un entorno de transformación, dentro de unas normas y unos valores que aparecen en un entramado simbólico propio.

La ejecución de un edificio es un proceso concreto e irrepetible en la que se producen generalidades del sistema constructivo. Las emociones se interrelacionan, y transmiten y generan un ambiente. Es la componente cultural dentro del ambiente de obra. En los análisis de la construcción del edificio la obra se miró como unidad económica y de organización, como unidad sociocultural, como unidad de espacio que forma parte de la ciudad; de manera que se produce una estructuración del espacio-obra en la mente de los agentes. En lo referente a los sistemas de seguridad, constata el grave problema que hay en el sector, mencionando que la seguridad no pasa sólo por la cuestión de índole técnica, sino, sobre todo, por un cambio de mentalidad de todos y cada uno de los agentes que integran el desarrollo de un edificio:

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

“...la prevención hay que desarrollarla desde el enfoque de las Ciencias Humanas, por el camino de la Antropología, Psicología y Sociología; sin duda, se avanzaría más.”

En el mismo anexo se incide sobre la necesidad de la realización de los análisis preliminares de la seguridad (evaluación de riesgos) en la fase de proyecto y más implicación de la Dirección Facultativa y el Coordinador de Seguridad en la modificación de los hábitos, que superan con creces la exigencia de las normas.

Otro de los análisis realizados en materia de Seguridad y Salud Laboral fue el estudio del peligro del espacio-obra y el miedo que lleva al accidente o incluso la muerte entre los agentes de la edificación, mediante la realización de fotografías por los trabajadores. En el 85,00% de las fotografías el riesgo era de altura, sin embargo en el resto los planteamientos se referían a las condiciones de trabajo, por los intereses de los promotores, financieras, inmobiliarias, etc.

“Hay peligro porque no se invierte lo suficiente en seguridad, nos exponemos incluso a morir para que otros se aprovechen de ello.”

Concluyendo, que la precepción de la muerte, por caída en altura en la construcción, es superior a la realidad. Por lo que se justifica la idea de muerte con la que se debe poner fin a esa convicción cultural individual sobre la experiencia, exceso de confianza, falso valor por machismo y ostentación ante el peligro. La muerte de un operario forma parte del sistema laboral de la edificación, convirtiendo el proceso simbólico en un interés económico socio-laboral.

1.5.5.2. Felicidad y Productividad

Artículo presentado por el equipo de “Humanas Salud Organizacional, S.L.”¹⁰¹ en el que muestran las razones que relacionan la felicidad de los trabajadores con la productividad positiva de una empresa. A partir de un estudio realizado por la Consultora Crecimiento Sustentable sobre “felicidad y trabajo” que determina que los trabajadores presentan un 33% más de energía, dinamismo y mejor adaptación a los cambios cuando se sienten felices, llegando a disminuir el riesgo de accidente en un 300%, lo cual implica un aumento de la productividad del 88%. Las razones que influyen en la productividad de una empresa respecto al sentimiento de felicidad de un trabajador son:

- Optimismo. Lo que permite que el trabajador pueda tratar mejor los riesgos, tomar buenas decisiones y enfrentarse a cualquier situación.

¹⁰¹ Profesionales con experiencia en los campos de seguridad y salud y gestión de equipos y personas. En el que se plantean estrategias de medición para la salud organizacional. <http://www.humanas.es/>

- Talento. Ofreciendo más energía y dinamismo al desarrollo de las tareas.
- Relación. La felicidad se contagia y hace que las personas cercanas se sientan mejor con las personas felices.
- Creatividad. Lo que implica que surjan buenas ideas.
- Adaptación. Por lo que se asumen mejor los cambios, con rapidez.
- Felicidad. Lo que hace que se cometan menos errores, que se tenga disposición a resolver problemas y evitar que aparezcan.
- Saludable. Con lo cual se minimizan los accidentes, las enfermedades y las indisposiciones.
- Resolutivo. Lo que permite establecer los mecanismos para la resolución de problemas y tomar buenas decisiones.
- Alumno. Lo que determina que el trabajador esté disponible para el aprendizaje, la formación y la adaptación de maneras diferentes de trabajar.

Cada vez son más los estudios que analizan la relación entre la felicidad y la productividad. Así, en la universidad de Warwick del Reino Unido se ha presentado un estudio realizado sobre varias empresas en las que se adaptó un tipo diferente de felicidad a cada una, comprobando la variabilidad de la productividad y su relación directa con la felicidad: a mayor felicidad, mayor productividad (Oswald, Proto & Sgroi, 2014). En dicha investigación concluyeron que en la empresa que tenía mayor nivel de felicidad el nivel de productividad aumentó entre el 10% y el 12%. Se han aplicado diferentes maneras de generar felicidad mediante la filmación de una comedia, alimentos (chocolate, fruta y bebidas) y, finalmente, coloquio sobre las tragedias familiares. Aunque no se determina que la relación directa, establecida entre los comportamientos felices y la productividad de una empresa, sean un reflejo de la realidad. Planteando que la mayoría de la investigación sobre el asunto traza el sistema monetario como medida para activar la felicidad, a diferencia de este estudio que genera los niveles de felicidad con recursos diferentes; implicando a argumentos de utilidad.

1.5.5.3. Variables psicológicas de los accidentes

Los accidentes de trabajo implican consecuencias de tipo personal para el trabajador y económico para las empresas, y ocurren por la realización de cometidos y funciones del puesto, en el trayecto (*in itinere*) y por enfermedad (López-Araujo et al, 2014); siendo los riesgos psicológicos de sobrecarga del trabajo y la falta de autonomía los que más se investigan (Karasek & Theorell, 1992), provocando fatiga y errores cognitivos.

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

En el marco de la construcción la accidentalidad es muy elevada (INSHT, 2016) y dentro del ámbito de la psicología hay diferentes variables como son el control del trabajo, el uso de los equipos de protección, la responsabilidad, la formación en seguridad, el apoyo social, los accidentes *in itinere* y el malestar psicológico. Haciendo diferenciación entre los trabajadores de mayor estatus (como los técnicos, encargados o jefes de obra) que disfrutan de mejor salud y menor accidentabilidad, frente a los trabajadores de estatus inferiores (como son los peones, albañiles y especialistas). Aunque es común realizar la apreciación de que un accidente de trabajo es motivo por realizar una conducta que se sale de la norma o de un procedimiento establecido, saliéndose de la posibilidad de plantear el riesgo psicosocial (Goldman, 2017). Es fundamental el estudio de las variables psicológicas del clima de seguridad en una obra, el apoyo social laboral y personal, y el estrés laboral como estresores principales. Haciendo hincapié para que el estrés laboral se incluya como factor directo o indirecto de accidentalidad, así como la satisfacción laboral que con la situación de crisis actual en el mercado de la construcción, se agravan los accidentes. Por lo que es necesario conocer las necesidades del trabajo y de los trabajadores, determinando la participación como parámetro fundamental (López-Araujo et al, 2014). Entre los factores que generan o afectan a que ocurran accidentes están (Lahera & Góngora, 2002):

- Factores psicológicos:
 - Idea sobrevalorada de las propias habilidades y la sensación de ser vulnerable frente al peligro por desconocimiento.
 - Un control ineficaz de las propias emociones. La facilidad de pasar de un estado de pasividad a la ira con pequeños estímulos.
 - Baja autoestima por creer merecer el accidente y por eludir una actitud proactiva de la propia integridad.
 - Baja capacidad para mantener la concentración en una tarea.
 - Bajo nivel de tolerancia al trabajo bajo presión o de alta exigencia.
 - La sensación de dependencia respecto a la conducta propia.
 - Un constante estado de ánimo depresivo, irregular o alterado.
 - Una estructura de personalidad complicada con rasgos psicopáticos encubiertos.
 - El Coeficiente Intelectual (CI) del trabajador, cuanto más bajo, mayor probabilidad habrá de que se cometan actos imprudentes.
- Factores sociales:
 - Baja aceptación grupal del trabajador hacia los compañeros más cercanos, cuadrilla, etc.

- Alto nivel de endeudamiento de las casas comerciales, de bancos u otros.
- Problemas familiares, problemas conyugales, consumo de drogas, etc.
- Conducta social basada en los prejuicios que impiden un normal desarrollo de las relaciones interpersonales dentro de la empresa (racismo, clasismo, etc.)
- Nivel de formación y cualificación del trabajador.
- Ser fácilmente influenciado por otros, sobre todo en aspectos negativos en su propia seguridad.
- El nivel de identificación que el trabajador tiene con la empresa y a los valores organizacionales.

1.6. ENTREVISTAS CON EXPERTOS EN MATERIA DE PREVENCIÓN

En este apartado se transcriben las conversaciones mantenidas con expertos en materia de Seguridad y Salud laboral. Estas entrevistas han sido muy generales en cuanto a la seguridad, tratando la situación actual del proceso de evaluación y su implementación en la fase de obra. Aunque de las entrevistas se han trascendido conclusiones muy interesantes para incluir este apartado en el estado de la cuestión.

1.6.1. D. Pedro-Antonio Beguería Latorre

Arquitecto Técnico por la E.U.A.T. de Barcelona, funcionario para la Administración Central del Estado Español, destinado en el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en la Secretaría General del Servicio de Planificación y Obras de Madrid. Representante Institucional ante la Comisión de la Unión Europea e incluido en la relación de expertos. Técnico en Prevención de Riesgos Laborales. Autor del programa informático Esheop, Psheop y Senmut Experto (Beguería & Borda, 2005) para la elaboración de estudios y planes de seguridad y salud laboral y evaluaciones de riesgo. Miembro de la Comisión para la redacción de la guía técnica del R.D. 1627/1997 del INSHT.

La reunión con el Sr. Beguería fue el 14 de mayo de 2013, en su despacho de Madrid. La entrevista fue muy amena, cordial y enormemente instructiva; en la que se mantuvo conversación sobre la situación actual de las metodologías de evaluación de riesgos y los programas informáticos que facilitan la labor para tal cometido. En líneas generales, el Sr. Beguería se mostró muy apesadumbrado por la mecánica actual en la gestión de la acción preventiva e implantación de la seguridad en la ejecución de obra haciendo hincapié sobre la falta de rigor de los Proyectistas, de las direcciones facultativas, de los contratistas, de los promotores y de los Coordinadores de Seguridad y Salud; incluyendo

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

a la Administración Pública. Y que se ha convertido en un trámite burocrático de relleno de papeles para cumplir los articulados preceptivos sin gestionar la seguridad desde la perspectiva del individuo que trabaja a pie de obra.

Respecto a la utilización y desarrollo del programa informático¹⁰², el Sr. Beguería comentó que el tiempo le ha demostrado que los usuarios de la aplicación lo han convertido en una herramienta de tramitación con conceptos genéricos válidos para todas las obras pero poco o nada particularizados a cada obra; con lo que carece de sentido la evolución del programa.

Finalmente, la opinión que mostró respecto a las metodologías de evaluación de riesgos, para las obras de edificación, es que deben contemplar un cambio de rumbo significativo debido a la excesiva subjetividad existente en los análisis de la evaluación. Lo que ha llevado a generar unas evaluaciones de riesgo genéricas para todas las obras y dirigiendo la gestión de la seguridad hacia un trámite administrativo; haciendo que la acción del Coordinador de Seguridad en la obra sea la de un vigilante inoperativo de la seguridad y salud, con responsabilidades, legales y penales, injustas.

1.6.1.1. Ponencia II Coloquio Europeo, Coordinación Seguridad y Salud

Ponencia (II Coloquio Europeo sobre Coordinación de Seguridad y Salud en la Construcción, 2011) presentada por el Sr. Beguería en el que desarrolla la documentación completa elaborada como Coordinador de Seguridad y Salud en fase de proyecto, la Coordinación de Seguridad y Salud en fase de ejecución con aprobación de los planes de seguridad, hasta la entrega definitiva de la obra con la documentación de finalización. El documento desarrolla la implementación de los principios de la acción preventiva del Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales¹⁰³, inicialmente,

¹⁰² Los programas informáticos de planificación y gestión de la Seguridad y Salud en las obras, desarrollados por Beguería y Borda Consultores Asociados, S.L., son los siguientes:

Senmut Experto: aplicación para la elaboración de estudios básicos, estudios y planes de seguridad y salud para obras de edificación y obra civil.

Senmut AutoCad y Senmut Allplan: aplicación complementaria en AutoCad para diseñar planos para estudios o planes de seguridad.

Senmut Evaluación de Riesgos: elaboración de la evaluación inicial o permanente de riesgos en la construcción tanto para estudios o planes de seguridad como para el manual de riesgos de la actividad propia de cada empresario.

Senmut Procedimientos: elabora el manual de prevención de riesgos de la actividad propia de cada empresario o completa los documentos que integran los estudios y planes de seguridad y salud.

¹⁰³ Los principios de la acción preventiva son los siguientes: evitar los riesgos, evaluar los riesgos que no se puedan evitar, combatir los riesgos en su origen, adaptar el trabajo a la persona, tener en cuenta la evolución de la técnica, sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro, planificar la prevención, adoptar medidas que antepongan la protección colectiva frente a la individual y dar las debidas instrucciones a los trabajadores. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (BOE 256, de 25 de octubre de

para la fase de proyecto y, finalmente, para la gestión de la ejecución de obra. Con diplomacia y respeto hacia los agentes que forman parte de la Concepción del Proyecto y los que formarían parte de la Dirección Facultativa.

En la fase de proyecto se definieron los conceptos de seguridad para el desarrollo de los movimientos de tierras, circulaciones interiores, grúas y casetas; estructuras de hormigón, vertidos, cimbras, seguridad de borde; definición de la seguridad en la fase de cubierta, de los muros cortina de fachada, control de accesos a la obra, y control de la documentación del contratista. Para ello se basó en los cuadrantes de evaluación previstos y en su eficacia durante la ejecución de obra. Controlando los certificados del personal de trabajo y en mediación con una empresa específica de seguridad y salud. Controlando la evaluación de riesgos en cada uno de los riesgos detectados a modo de auto-auditoría. Dejando prueba documental de la trayectoria de la obra en los libros de incidencias y actas.

A tenor de la entrevista mantenida con el Sr. Beguería y el trasfondo de la ponencia presentada, se concluye que es fundamental establecer una correcta evaluación de riesgos tanto en la fase de proyecto como durante la fase de ejecución, corrigiendo los riesgos que aparezcan en ambas fases para conseguir poner en práctica los principios de la acción preventiva. Aunque se plantean siempre las técnicas de lucha clásicas en el desarrollo de una obra, como son los riesgos de seguridad, los higiénicos y los ergonómicos; los riesgos psicosociales suelen quedar en un segundo plano sin instar a los previsibles riesgos habituales.

1.6.2. D. José Antonio Martínez Toledo

D. José Antonio Martínez Toledo es Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales; actualmente forma parte de la “Sociedad de Prevención de Solimat, S.L.” en su delegación de Toledo. La reunión con el Sr. Martínez fue el 23 de mayo de 2013, en su despacho de Toledo.

El “Servicio de Prevención de Solimat Mutua¹⁰⁴”, y por herencia la nueva “Sociedad Mercantil”, figura como entidad acreditada para ejercer como Servicio de Prevención ajeno con el nº CLM 001/98, siendo por tanto la primera empresa acreditada en Castilla la Mancha. Esta empresa suele desarrollar, entre otras, un servicio de prevención ajeno a las empresas que lo solicitan. Y entre estas acciones está la de velar por la seguridad

1997). Modificado en Ley 54/2003 de 12 de diciembre, de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.

¹⁰⁴ <http://www.solimatsp.com/inicio.php?centro=paginas/somos>

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

en el trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y psicología en el trabajo y la medicina en el trabajo.

La función que desarrolla el Sr. Martínez en la empresa es la de establecer la acción preventiva de las empresas, mediante la implantación de un Plan de Prevención de Riesgos Laborales, que incluya la estructura organizativa de las empresas, sus funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para llevar a cabo dicho Plan. En base a las condiciones de los puestos de trabajo (áreas, máquinas, instalaciones, etc.), para identificar y evitar los riesgos, y evaluar aquellos que no puedan evitarse. Dicha evaluación de riesgos se realiza conforme a la Ley 31/95 (Ley de prevención de riesgos laborales, modificada por la Ley 54/2003, de 12 de diciembre) y al Reglamento de los Servicios de Prevención R.D. 39/1997; y el Procedimiento se aplica en los puestos de trabajo (lugar, puesto, proceso, etc.) de todas las áreas que tiene en el centro de trabajo. Con la identificación de los peligros y situaciones de riesgos, y aplicación del criterio de valoración¹⁰⁵ adoptado y la evaluación subsiguiente, que se realiza en la empresa por un equipo, como mínimo, compuesto por dos personas: técnico del servicio de prevención, Coordinador de seguridad o técnico de la empresa; o el encargado o mando directo del puesto de trabajo, operación o área que se está evaluando.

El método que suele desarrollar esta empresa de prevención es la establecida por el INSHT, mediante el análisis de los dos factores que se combinan en un riesgo: las consecuencias del daño y la probabilidad de que se materialice el daño. Para la evaluación se identifican y analizan los riesgos de seguridad, higiénicos y ergonómicos de los puestos de trabajo. No se ha constatado el análisis de los riesgos psicosociales. Aunque queda supeditada la actuación de la empresa al tipo de contratación que se realice, pudiendo quedar riesgos sin identificar y analizar.

1.7. RESUMEN AL ESTADO DE LA CUESTIÓN

En el origen de la seguridad y salud en el trabajo las metodologías de evaluación de riesgo han considerado, principalmente, los resultados negativos como las lesiones y las enfermedades, frente a los resultados positivos de la prevención, que eran conceptos muy abstractos (Molina, 2006; Saari, 1995). Analizándose individualmente las técnicas de lucha contra el riesgo; con lo que se ofrecían procedimientos de prevención en seguridad en el trabajo, en higiene industrial, en ergonomía y en psicología muy complejos para su aplicación de manera conjunta. Pese a la existencia de diversos sistemas de evaluación de riesgos no se han encontrado herramientas que posibiliten

¹⁰⁵ Tales criterios quedan supeditados a lo que establezca el técnico especialista, con lo que el método se confiere de subjetividad.

la obtención de la valoración global de una obra de construcción en su conjunto (Forteza, Sesé & Carretero, 2015; Pinto, 2014) En este sentido se han localizado muchas investigaciones y metodologías que analizan el origen de la accidentalidad. En un período de tiempo muy extenso, a medida que se incorporaban más accidentes con sus correspondientes causas; se han ido determinando, poco a poco, diversas causas y consecuencias. Y todas ellas quedan involucradas dentro del entorno del proceso edificatorio:

- La actuación empresarial. Para luchar contra los accidentes laborales es preceptivo integrar la prevención de riesgos en todas las fases de actuación empresarial (Haslam et al, 2005), implantando un plan de prevención de riesgos laborales que emplea como herramienta la evaluación de riesgos (Takala, 2009), para realizar la planificación preventiva y poder luchar contra los accidentes de trabajo.
- El estudio de la prevención en la fase de proyecto. Son muchas investigaciones las que determinan que uno de los factores clave en la prevención de los riesgos en una obra de edificación es un correcto estudio de las condiciones de seguridad y salud en la fase de proyecto (Zhi, 1995; Gambatese & Hinze, 1999; Larsson & Field, 2002; Lyons & Skitmore, 2004; Haslam et al, 2005; Zou, Zhang & Wang, 2007; Gambatase, Behm & Rajendran, 2008).
- La gestión de la prevención durante la fase de ejecución de un edificio. Asociado a las labores de seguimiento de la prevención en las empresas. Quedan incluidas las empresas promotoras, las empresas de diseño y proyecto, las empresas constructoras, las empresas de dirección y control de obras. Es fundamental la gestión de la prevención de riesgos durante las tareas de ejecución de un edificio (Zhi, 1995; Akintoye & MacLeod, 1997; Haslam et al, 2005; Zou, Zhang & Wang, 2007; Camino, Ritzel, Fontaneda & González, 2008; Jung, Kang, Kim & Park., 2008).
- El estudio del clima de seguridad en las empresas. las investigaciones determinan la necesidad de abrir el camino hacia las condiciones del clima de seguridad para ofrecer un enfoque alternativo de la prevención de riesgos (Zohar, 1980; Saari, 1995; Coyle, Sleema & Adams, 1995; Lingard & Rowlinson, 1997; Guldenmun, 2000; Neal, Griffin & Hart, 2000; Flin, Mearns O'Connor, & Bryden, 2000; Gillen, Baltz, Gassel, Kirsch & Vaccaro, 2002; Cooper & Phillips, 2004; Abbas, Zalat & Ghareeb, 2013).
- El estudio y análisis del comportamiento. Son muchas las investigaciones que incorporan la incertidumbre que genera el comportamiento humano en la prevención del riesgo dentro de los factores del clima de seguridad (Emre & Müngen, 2009), siendo necesaria la evaluación del riesgo desde los aspectos

CAPÍTULO 1 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

conjuntos de la seguridad en el trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología (Mohamed, Ali & Tam, 2009).

- El estudio y análisis de la accidentalidad en edificación. Como factores clave de los accidentes se han identificado y medido la cantidad de causas asociadas a los accidentes de trabajo. Así se tienen los problemas derivados de los trabajadores o el equipo de trabajo (70% de los accidentes), problemas en el lugar de trabajo (49%), las deficiencias de los equipos (incluyendo los EPP) (56%), problemas con la idoneidad y condición de los materiales (27%), y deficiencias en la gestión de riesgos (84%). Es imprescindible enfocar la seguridad y la salud fuera de los roles burocráticos y económicos, siendo necesaria una mayor implicación de todos los agentes que componen la construcción (Haslam et al, 2005).
- El estudio y análisis de los riesgos psicosociales en las empresas. El riesgo psicosocial puede producir patologías por la falta de equilibrio entre el trabajador y las condiciones de trabajo. Siendo causa de graves accidentes y enfermedades que pueden llevar a la incapacidad permanente para el trabajo (Claudino, 2012). Debe plantearse como una práctica habitual el alertar a los operarios de la construcción sobre los procedimientos peligrosos de mayor frecuencia y elogiar las situaciones de trabajo seguro (Karasek et al, 1998), enfocado a la mejora del rendimiento y los comportamientos (Lingard & Rowlinson, 1997) (Salanova, Gracia & Lorente, 2007). Con la incorporación de nuevos parámetros
- La ampliación de la prevención durante la etapa de uso y mantenimiento. Este es un campo poco o nada estudiado con un amplio abanico de posibilidades. Ya que dentro del ámbito del ciclo de vida del edificio juegan factores de uso y mantenimiento (Zou, Zhang & Wang, 2007) que requieren procedimientos preventivos. Las tareas de mantenimiento estarán asociadas a cometidos de limpiezas, adecuaciones, reparaciones y reformas de los sistemas constructivos y las instalaciones. Las tareas de uso estarán asociadas a las rutinas de los usuarios. Estando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo presentes en dichas tareas. Siendo el factor psicosocial el más intenso por el trato directo con los usuarios del inmueble.

Sin embargo se han identificado carencias en los procedimientos de evaluación y las metodologías expuestas, ya que, su implementación en las obras de edificación, no abarcan la totalidad de las técnicas de lucha contra el riesgo, seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología; o son muy complejas para su aplicación directa a pie de obra.

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

Con este estudio se propone un nuevo método de evaluación de riesgos adaptado a las obras de edificación y abarcando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología). Se pretende desarrollar una herramienta de trabajo útil y adaptada a los entornos del proceso de una edificación, para establecer los niveles de control puntual hacia la situación óptima de prevención. Así mismo, la aplicación de este nuevo modelo de evaluación podría constituir bases de proyectos de futuras investigaciones. Para ello, se plantean varios objetivos:

- Respecto a la fundamentación teórica, se pretende:
 - Conocer los antecedentes teóricos sobre seguridad y salud laboral, la siniestralidad y riesgos laborales.
 - Recabar los fundamentos legales sobre seguridad y salud, y su aplicación en la evaluación de riesgos en obras de construcción.
- Con referencia al diseño evaluativo, se plantea:
 - Compilar y analizar metodologías de evaluación de riesgos laborales;
 - Recopilar y esquematizar dichos métodos;
 - Seleccionar y justificar los más adecuados para la evaluación de riesgos laborales en obras de edificación.
 - Aplicar las metodologías seleccionadas a tres modelos de edificación: vivienda unifamiliar, rehabilitación y edificio.
 - Pormenorizar la evaluación para tres sistemas constructivos de alta siniestralidad laboral: estructuras, fachadas y cubiertas.

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

- Analizar los apartados de la evaluación según diez riesgos laborales característicos de edificación.
- En relación al análisis evaluativo anterior:
 - Proponer un nuevo método de evaluación de riesgos, que sea a la vez más sintético y más completo que los empleados en este análisis.
- En base al establecimiento del procedimiento evaluativo:
 - Contemplar una evaluación continua de nuevas aportaciones al estado de cuestión y detectar carencias en los métodos de evaluación de riesgos más actuales.
 - Desarrollar una nueva fórmula que integre varios entornos de las etapas del proceso edificatorio, tales como los propios del proyecto de obra (documental), de la gestión de obra (constructivo) y el clima de seguridad (social). Y que, además, incorpore los distintos parámetros de medida de los riesgos laborales.
 - Incluir los conceptos de “valor característico del riesgo” y la “percepción del entorno social” como nuevos elementos de trabajo.
 - Establecer el protocolo de implementación del nuevo método de evaluación.
- Respecto a la aplicación del nuevo método de evaluación:
 - Aplicar el procedimiento evaluativo en una obra real de edificación, en las diversas etapas de obra.
 - Determinar los criterios de recomendación para la mejora de la prevención, en base a los resultados obtenidos.
 - Discusión de los resultados a la luz de la fundamentación teórica.
 - Valoración del procedimiento de evaluación.
- Respecto a las implicaciones prácticas y de investigación:
 - Aplicación del método de evaluación a más obras reales.
 - Extensión del procedimiento a otros sistemas constructivos.
 - Realizar una aproximación de las futuras líneas de investigación, como son:
 - Ampliación a otras fases del proceso constructivo como son los movimientos de tierras, albañilerías, acabados, instalaciones,
 - Ampliación a la etapa de uso y mantenimiento de la edificación (entorno del ciclo de vida).

- Desarrollo de una aplicación informática del método de evaluación.

Respecto a los objetivos de partida basados en la fundamentación teórica con referencia al diseño evaluativo y a su análisis con propuesta de un nuevo método de evaluación de riesgos adaptado a obras de edificación, han sido tratados en el trabajo de Fin de Máster “Análisis de la metodología de evaluación de riesgos laborales en obras de edificación”, presentado en septiembre del 2013 y tutelado por la Doctora María de las Nieves González García, en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (Carpio, 2013).

CAPÍTULO 2 – OBJETIVOS

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las técnicas de lucha contra el riesgo han sido siempre analizadas de manera individual, por lo que los procedimientos de prevención para la Seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología eran muy complejos en su aplicación de manera conjunta; sobre todo para la valoración global en obras de construcción. Investigaciones recientes indican la necesidad de incorporar el clima de seguridad y los riesgos psicosociales por la incertidumbre que genera el comportamiento humano en la prevención de riesgos. Es necesario identificar los parámetros correspondientes a la realidad de una obra de construcción englobando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo, Seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología.

En primer lugar, se ha procedido a un estudio preliminar sobre el análisis de las metodologías de evaluación de riesgos y su aplicación en obras de edificación. Para ello se ha procedido a seguir una metodología de investigación teórica a partir de una búsqueda de información sobre el tema de interés y los objetivos. Posteriormente se diseña una propuesta de evaluación de riesgos laborales con la que se realiza una práctica inicial sobre casos reales de obras de edificación en fase de construcción.

En segundo lugar, se analiza y clasifica el riesgo de una obra en base a tres entornos que caracterizan el proceso constructivo, con lo que se añade el factor de realidad en el ámbito documental, constructivo y social. Dichos riesgos se corresponden con el factor de la complejidad de las unidades de obra y su ubicación e interdependencia; con el factor de la ejecución directa de los sistemas constructivos y medios de prevención; y con el factor social de la percepción del entorno y el estado de ánimo de los trabajadores. A su vez se identifican los procesos técnico-documentales asociados a cada entorno.

En tercer lugar, se han establecido los criterios de evaluación del nivel de la acción preventiva, como nuevo método de evaluación adaptado a obras de edificación, en

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

base al desarrollo de la fórmula de evaluación de William T. Fine y extrayendo los conceptos fundamental que identifican los métodos de evaluación del INSHT (con la tolerancia del riesgo), ANACT (la importancia del trabajo), RNUR (la satisfacción personal) y FINE (la justificación de la acción preventiva). Finalmente, se ha protocolizado el nuevo método en cinco fases a partir de la observación técnica partiendo de la toma de datos respecto a los medios de seguridad, higiénicos y ergonómicos; y con una encuesta psicosocial a pie de obra. La dimensión determinante de la efectividad de los procedimientos preventivos, hacia el control óptimo de la acción preventiva, se manifiesta con la participación directa de los trabajadores y agentes de obra en cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo.

En base al análisis preliminar se procede a una búsqueda de información actualizada. Se procede al diseño de la fórmula del nuevo método a partir de los métodos de evaluación de la investigación preliminar junto con el análisis de las características propias de los entornos de una obra. A partir de las carencias detectadas se incluyen nuevos conceptos de medida y se establecen las bases de acción mediante el correspondiente protocolo. Finalmente, se procede a la aplicación práctica del nuevo método durante la construcción de una edificación, lo cual sirve para determinar los fundamentos del protocolo del nuevo método de evaluación de riesgos y los correspondientes criterios de recomendación y comprobación de las mejoras durante el desarrollo de la obra.

3.1.1. Tipo de estudio

Se ha compilado la información adquirida sobre diferentes metodologías de evaluación de riesgos con el fin de plantear un estudio sintético de los mismos, buscando las carencias en cada uno de los métodos; con el fin de plantear una metodología de innovación para el diseño de un nuevo método de evaluación de riesgos laborales aplicado a las obras de edificación y abarcando cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo: seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicosociología.

En tercer lugar se ha procedido a la aplicación del método en una construcción de viviendas unifamiliares adosadas en el municipio de Torrejón de la Calzada, en la provincia de Madrid. Se han tomado datos a pie de obra sobre cada uno de los oficios que están interviniendo en el desarrollo de la edificación. Aunque la referencia está en los sistemas constructivos de estructuras, cerramientos y cubiertas, por ser los elementos de mayor siniestralidad laboral en el sector de la construcción, se consideró adecuado y factible la toma de datos del resto de sistemas constructivos con el fin de aportar referencias de partida. Siguiendo una metodología de trabajo sistemática, metódica, racional y crítica. A partir del ámbito teórico-analítico y pasando por procedimientos técnicos, de observación y encuesta de tipo psicosocial.

3.1.2. Diseño de la investigación

El objetivo de esta investigación es diseñar un método de evaluación de riesgos que abarque cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo seleccionadas y permita su aplicación en obras de edificación. En base al diseño del estudio preliminar y sobre la base de datos de las metodologías de evaluación de riesgos analizada se realiza una comparación entre las mismas para identificar la correspondencia adecuada hacia la evaluación de obras de edificación. Se parte de un análisis comparativo de cuatro metodologías de evaluación de riesgos en base a su aplicación en obras de edificación. Sobre las conclusiones de la comparación se extrapolan las mejores características de los métodos y se plantea una propuesta innovadora de metodología de evaluación de riesgos adaptada a las obras de edificación. Las carencias detectadas tanto en las metodologías clásicas como en las metodologías actuales implican al desarrollo de un nuevo modelo de evaluación que contenga cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo seleccionadas: seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología. Con esta finalidad, a continuación, se analizan los entornos de obra en las diferentes fases de construcción. Posteriormente se establecen las adaptaciones del método de evaluación de riesgos de William T. Fine en analogía con el análisis de los entornos. Se determinan los nuevos parámetros del método de evaluación incluyendo los conceptos de “valor característico” y “valor psicológico” como nuevos valores de medida y se procede a la definición del protocolo de actuación en cinco pasos fundamentales:

- Cálculo del valor característico de cada parámetro.
- Incidencia del valor característico en el riesgo evaluado.
- Bases de control de acción preventiva.
- Criterios de recomendación.
- Comprobación del progreso de las acciones preventivas.

Finalmente, la puesta en práctica del nuevo modelo sobre una obra de edificación real para recabar información sobre la efectividad del mismo y las posibles adaptaciones que se requieran. Por ello, esta investigación implicaría el estudio posterior pormenorizado de diferentes áreas temáticas que, por su extensión y singularidad, no pueden desarrollarse en este tratado:

- Aplicación en fase de redacción del proyecto (abarcando los entornos documental, constructivo y social).
- Aplicación en fase de contratación (abarcando los entornos documental, constructivo y social).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

- Aplicación en fase de ejecución de obra, en todos los capítulos (abarcando los entornos documental, constructivo y social).

3.1.3. Población y muestra

Respecto a la población y muestra del estudio preliminar, se han estudiado veintitrés metodologías de evaluación de riesgos, sobre las que se han analizado catorce metodologías, de las que se han seleccionado cuatro para analizar frente a su aplicación en obras de edificación (Carpio, González, Moreu & Hosokawa, 2017; Carpio, González, 2017).

Las obras seleccionadas han sido tres edificios reales: Una vivienda unifamiliar con garaje en el municipio de Bargas (Toledo), la rehabilitación del Callejón de San Pedro y las fachadas de los edificios de la calle en el casco histórico de Toledo, y un edificio público para uso de colegio para cuatro aulas de primaria y cuatro de infantil en el municipio de El Casar de Escalona (Toledo).

Los sistemas constructivos para cada edificio son los que mayor índice de siniestralidad laboral arrojan en las estadísticas: la ejecución de una estructura de hormigón armado, la ejecución de un cerramiento de fachada y la ejecución de una cubierta plana no transitable.

Los riesgos laborales que se han tomado son los más característicos de las clases de riesgos. Para los riesgos asociados a la seguridad se han tomado cuatro (riesgo de caída a distinto nivel, riesgo de caída al mismo nivel, atrapamiento y proyección de partículas), para los riesgos asociados a las condiciones higiénicas se han tomado dos (riesgo de estrés térmico e iluminación), para e los riesgos asociados a las condiciones ergonómicas se han tomado dos (riesgo de desplazamiento y manejo de cargas) y para los riesgos psicosociales se han tomado dos (relaciones y organización incorrecta).

Se parte del estudio comparativo de cuatro metodologías de evaluación de riesgos y se concluye que algunos métodos de evaluación tradicional¹⁰⁶ pueden ser aplicados en obras de edificación (no sin cierta restricción y adaptación de los mismos). Sin embargo los resultados de las evaluaciones difieren en gran medida entre los cuatro métodos. De esta forma se deduce que si se emplea un único método de evaluación, los resultados obtenidos se alejan de la realidad; incluso no detectando situaciones de riesgo que otros métodos sí detectan. De tal forma que se hace inviable el uso de varias metodologías de riesgo, simultáneamente, en obras de edificación debido a la variabilidad y características propias de una obra de construcción. En base a esta circunstancia se han estudiado y analizado metodologías de evaluación de riesgos actuales y

¹⁰⁶ Métodos genéricos que no especifican concretamente su aplicación en obras de edificación.

desarrollados para su aplicación en obras de construcción. Aun así, se han detectado carencias en su operatividad de aplicación en obras de edificación debido a su dificultad, manejabilidad y abanico de técnicas de lucha contra el riesgo.

Se ha procedido a la toma de datos en una obra de edificación:

- Se ha procedido a visitar la obra una o dos veces cada quince días.
- El horario de visita fue aleatorio.
- Se han tomado datos técnicos de los oficios y sus entornos próximos.
- Se han evaluado los riesgos característicos para cada oficio, para el desarrollo de la obra, para el personal de trabajo y el equipo de obra en conjunto.
- Se ha tomado encuesta psicosocial sobre el estado de ánimo de los trabajadores, su percepción del entorno y su percepción de la seguridad.
- La muestra de cada visita era variable en cuanto al número de oficios y de personal, dependiendo del desarrollo propio de la obra.
- Se ha documentado fotográficamente el estado de evaluación de riesgos.
- Se ha procedido a establecer los criterios de recomendación para cada oficio, para cada operario, para cada equipo de trabajo y para la obra en general. Y se han determinado los criterios de recomendación en cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo seleccionadas.
- Se ha procedido a informar sobre el desarrollo de la obra y el progreso de las acciones preventivas en base a la toma de datos y las recomendaciones.

Los sistemas constructivos de mayor índice de siniestralidad en obras de construcción:

- La ejecución de una estructura de hormigón armado.
- La ejecución de un cerramiento de fachada.
- La ejecución de una cubierta plana no transitable.

Se han seleccionado los riesgos más característicos de una obra de construcción:

- Para los peligros estudiados por la seguridad en el trabajo se han tomado cuatro (riesgo de caída a distinto nivel, riesgo de caída al mismo nivel, Atrapamiento y proyección de partículas).
- Para los peligros estudiados por la Higiene Industrial se han tomado dos (riesgo de estrés térmico e iluminación).
- Para los peligros estudiados por la Ergonomía se han tomado dos (riesgo de desplazamiento y manejo de cargas).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

- Para los peligros estudiados por la Psicosociología se han tomado dos (relaciones y organización incorrecta).

3.1.4. Obtención de datos

Para la obtención de datos se han realizado tablas de elaboración propia y basadas en los métodos de evaluación analizados. Su cumplimentación se puede analizar en los anexos I y II del trabajo. Para el estudio preliminar sobre el análisis de las metodologías de evaluación de riesgos y su aplicación en obras de construcción se puede acceder a la información de la toma de datos y resultados de las tablas y las gráficas resultantes en el trabajo de Máster “Análisis de las metodologías de evaluación de riesgos para obras de edificación” (Carpio, González, Moreu & Hosokawa, 2017; Carpio, González, 2017) realizado en octubre de 2013; presentado en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid. En cuanto al trabajo de toma de datos a pie de obra en la aplicación del protocolo de actuación del nuevo método de evaluación de riesgos se puede acceder a la toma de datos en los anexos de este tratado.

3.1.5. Procesamiento de los datos

En el estudio preliminar los resultados se han categorizado en cinco niveles de riesgo en base a la nomenclatura de cada método de evaluación analizado, y aplicados sobre cada uno de los riesgos seleccionados. Los resultados se han ponderado a cuatro niveles en base a las cuatro técnicas de lucha contra el riesgo empleadas: Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología. El criterio de ponderación ha sido: para igualdad de valores se toma el más desfavorable y la media de los valores.

En la toma de datos del protocolo del nuevo método de evaluación de riesgos, los resultados se han categorizado en dos niveles. Una toma de datos a nivel técnico en el que se analiza el entorno de la unidad de obra en base a la documentación técnica, la geometría del diseño, las características de los materiales, la frecuencia de exposición de los trabajadores y los sistemas de prevención individual y colectivo. Y un segundo nivel de toma de datos social, a partir de una encuesta a pie de obra, en base a la participación del trabajador en el sistema de prevención, al estado de ánimo del trabajador, a la percepción del riesgo en el entorno de obra y a la percepción de los niveles de seguridad en el entorno de obra.

Los datos se cuantifican y se recogen en dos formularios desde los que se obtienen los valores de cuantificación de cantidad de acción preventiva requerida para obtener los resultados óptimos de control durante la fase de ejecución de obra en relación a los

sistemas preventivos previstos con antelación en la documentación preliminar del Plan de Seguridad y Salud Laboral.

Este nuevo método de evaluación de riesgos que se denomina Nivel de la Acción Preventiva unifica y relaciona los parámetros de evaluación del riesgo con un parámetro corrector que determina la cantidad de nivel preventivo (en Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología) de la obra de construcción, con el fin de establecer los niveles preventivos de control puntual hacia la situación óptima de prevención. La dimensión determinante de la efectividad de los procedimientos preventivos, hacia el control óptimo de la acción preventiva, se manifiesta con la participación directa de los trabajadores y agentes de obra en cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo.

3.2. ANÁLISIS PRELIMINAR DE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN

Se ha planteado la aplicación de los métodos seleccionados sobre una clasificación de sistemas constructivos en obras de edificación. Se aplicaron las metodologías y se establecieron los resultados sobre los que se extrajeron conclusiones en cuanto a su operatividad para la implantación de la acción preventiva en una obra de edificación.

3.2.1. Métodos de Evaluación de riesgos seleccionados

Se establecieron los métodos de evaluación de riesgos más apropiados y que mejor se adaptaban a una obra de edificación. Y se descartaron los métodos que implicaban el análisis específico de algún riesgo, no pudiendo adaptar su categoría a otros riesgos en conjunto. Por lo que en base a los conceptos de aplicación en obras de edificación, los métodos de evaluación de riesgos que mejor se adaptan a la complejidad en el desarrollo de una obra de edificación y al objetivo del trabajo son:

- El método **INSHT**. Método propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (Gómez-Cano, 1996). Basado en una matriz que mide la tolerancia del riesgo en términos de frecuencia y severidad (López-Arquillos & Rubio-Romero, 2015). Se realiza una evaluación del riesgo en base a los parámetros: trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable.
- El método **ANACT**. Método de la Agence Nationale pour l'amélioration des Conditions de Travail (Nogareda, 1988). Método que se basa en la importancia del trabajo como factor psicosocial a partir de una encuesta. Se realiza una evaluación del riesgo en base a los parámetros: bien, regular y mal.
- El método **RNUR**. Método de los perfiles de puesto, de la Régie Nationale Des Usines Renault, que se basa en la valoración de todas las variables del puesto

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

de trabajo para mejorar la seguridad personal y del entorno, en base al nivel de satisfacción del trabajador (Chavarría, 2013). Se realiza una evaluación del riesgo en base a los parámetros: muy satisfactorio, satisfactorio, aceptable, peligroso y muy peligroso.

- El método **FINE**. Método desarrollado por William T. Fine. Método matemático que calcula el riesgo cuantificado debido al peligro, teniendo en cuenta las posibles consecuencias de un accidente, el factor de exposición y el factor de probabilidad (Fine & Kinney, 1971), determinando la justificación de la acción preventiva. Se realiza una evaluación del riesgo en base a los parámetros: aceptable, posible, notable, alto y muy alto.

3.2.2. Edificaciones para el análisis preliminar

Se procedió a la selección de las obras de edificación para la aplicación de los métodos de evaluación. Dicha selección buscó que las obras abarcaran diferentes tipologías, no sólo en cuanto a los sistemas constructivos de estructuras, fachadas y cubiertas, sino a que estos mismos sistemas constructivos estuvieran presentes en obras de edificación muy diferente como son las obras de construcción de edificación en altura, las obras de rehabilitación y las obras de viviendas unifamiliares. Abarcando las obras de tipo público y privado. A continuación se describen las tres obras de edificación seleccionadas.

Las tres obras estudiadas han tenido diferencias notables en materia de prevención durante su construcción. Así, en el caso 1, el entorno de seguridad y salud laboral fue muy complicado debido a la total falta de disposición para la prevención por parte del Contratista; en el caso 2, al entorno de seguridad y salud se le sumó la constante presencia de vecinos, aumentando los riesgos para controlar; y en el caso 3, el entorno de seguridad y salud estuvo adecuadamente controlado.

3.2.2.1. Caso 1, “Bargas”. Vivienda unifamiliar

La edificación es una vivienda unifamiliar ubicada en un barrio residencial del municipio de Bargas, a cinco kilómetros de la ciudad de Toledo. El expediente del proyecto es con fecha de visado a 01/07/2011 y con registro TO201105315, por el COACM¹⁰⁷. Promoción privada de una vivienda unifamiliar y garaje en Bargas (Toledo). Desarrollada en dos plantas sobre rasante y una planta semisótano. Superficie construida de 644,81 m² y presupuesto de obra de 239.825,80 €. Proyectada en el 2011 y finalizada en 2013. La figura 3.1 muestra el aspecto final de la edificación.

¹⁰⁷ Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla la Mancha. En su delegación de Toledo.

Figura 3. 1 – Caso 1. Vivienda unifamiliar acabada en 2013.

En el desarrollo de la memoria se establecen cuadrantes que identifican los riesgos más frecuentes para cada fase de obra, sobre los que se plantean medidas preventivas de tipo genérico, protecciones individuales y protecciones colectivas. De manera que no se realiza una identificación de los riesgos que quedan sin solventar ni una evaluación de los riesgos existentes en la edificación en la fase de proyecto.

La empresa constructora tiene un ámbito de trabajo a nivel internacional; se le pidió un Plan de Seguridad que contuviera, al menos, memoria, presupuesto y planos. En el apartado de identificación y análisis de los riesgos laborales de la empresa se desarrolla mediante cuadrantes genéricos de las fases de obra, en los que se identifica el riesgo, la medida preventiva y las protecciones colectivas e individuales del personal de trabajo, sin aclarar una evaluación de los riesgos para posibles situaciones no advertidas. Si bien los dos documentos: Estudio Básico de Seguridad y el Plan de Seguridad de la obra hacen mención a las medidas correctoras en caso de la existencia de riesgos, tal y como establece la guía del Instituto Nacional Seguridad e Higiene en el Trabajo, durante la fase de construcción de la vivienda se produjeron situaciones de riesgo de caída de altura en la que no se procedía a la minimización del riesgo con las medidas preventivas adoptadas en el Plan de Seguridad. Ante tal circunstancia y por el cambio producido en la fase de obra, el Plan dejó de tener validez y se procedió a una evaluación de riesgos “*in situ*”, en el que se evaluó el riesgo de caída a distinto nivel y la probabilidad de que se produjera el riesgo era muy alta, a la vez de que el daño fuera elevado. En los tres casos se produjo una parada inmediata de la obra con levantado de acta en el Libro de Incidencias de la obra y con denuncia ante la Administración Laboral. La propiedad de la obra rescindió el contrato con la empresa constructora por incumplimiento del mismo en materia de Seguridad y Salud Laboral.

La obra fue muy compleja en materia de prevención, ya que la empresa, aun habiendo contratado los sistemas de seguridad, omitía su implantación durante la obra. Las relaciones entre los promotores, gerentes y técnicos fueron deteriorándose desde el

principio, con lo que los riesgos fueron muy elevados, hasta la rescisión final de la empresa.

3.2.2.2. Caso 2, “Callejón”. Rehabilitación de entorno urbano

El título de Proyecto era “*Recuperación del espacio urbano a través de una intervención medioambiental en el Callejón de San Pedro de Toledo.*” En este caso se trata de la rehabilitación del pavimento de una calle, de las fachadas y cubiertas de los edificios pertenecientes a la calle y a la remodelación de las instalaciones generales municipales de la misma. Dicha actuación fue promovida por el Consorcio de la Ciudad de Toledo.

Promoción pública para una intervención medioambiental en un espacio urbano del casco histórico de Toledo; con la restauración de las fachadas (1.595,33 m²), las cubiertas (548,88 m²) y acondicionamiento de la calle (235,50 m²). Presupuesto de obra de 466.123,86 €. Proyectada en 2009 y finalizada en 2011. En la memoria hace referencia a la justificación para el desarrollo de un Estudio de Seguridad en base al artículo 4 del R.D. 1627/1997¹⁰⁸. Y en el apartado de evaluación de riesgos se realiza un estudio en las diferentes fases de obra de los posibles “riesgos laborales no eliminables completamente”; sobre los que se evalúa el grado de adopción de las medidas preventivas y protecciones colectivas, y el empleo de las medidas individuales, con la identificación de ocasional, frecuente, permanente, definitivo y riesgos concretos. Y al final de cada fase se realiza un análisis del grado de eficacia de la medida tomada, haciendo mención sobre todos los cuadrantes de las fases de obra, ya que se contemplan vacíos. La empresa constructora participante es de ámbito nacional y en el Plan de Seguridad se realiza un análisis de los riesgos generales de la obra, en sus diferentes fases, de los riesgos sobre la maquinaria de obra, de los riesgos de los medios auxiliares, de los riesgos de las instalaciones provisionales y de los riesgos a terceros.

¹⁰⁸ Artículo 4. Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras.

1 El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).

Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.

Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.

Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

2 En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Realizando una identificación del riesgo más frecuente y aplicando las medidas preventivas, protecciones colectivas e individuales. La figura 3.2 muestra el aspecto final de la rehabilitación.

Figura 3. 2 - Caso 2. Edificación terminada en 2011

En ambos documentos (Estudio de Seguridad y Plan de Seguridad) se cubren los riesgos más comunes con las medidas preventivas genéricas y los modelos de protección colectivos e individuales característicos para tales riesgos. Quedando sin evaluar los posibles riesgos que podían haber sucedido durante la obra. Aunque, en la fase de ejecución resultaron varios riesgos que no podían establecerse como situación genérica sobre personal de la obra, ya que los vecinos que vivían en las viviendas afectadas por la obra tenían que pasar por la calle, necesariamente. Y en ninguno de los dos documentos se estableció el procedimiento para dicha circunstancia. Aunque para la aprobación del Plan de Seguridad se obligó a realizar un esquema de los accesos a los portales de las viviendas: En los accesos a las viviendas se colocó una plataforma con dos rampas de acceso. Ésta plataforma estuvo formada por un chapón antideslizante, colocado sobre una estructura metálica, la cual permitía adaptarse a las condiciones de la obra en cada caso, tal y como se indica en el croquis adjunto y la fotografía de la medida preventiva adquirida para el desarrollo de la obra mediante plataformas que tapaban el ancho de la calle, en la figura 3.3.

La Evaluación de Riesgos fue tratada como un trámite legal fácilmente adaptable a la generalidad de las obras y sin particularizar a las circunstancias conflictivas del Proyecto y del desarrollo de la obra. Esta obra se preveía compleja al ser su actuación una rehabilitación de las fachadas y patios interiores de las viviendas y una intervención sobre el pavimento de la calle mediante la nueva instalación de los servicios municipales. Los riesgos a terceros fueron constantes durante toda la obra. Las condiciones de seguridad estaban controladas, adecuadamente, y las relaciones entre

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

los jefes de obra y los técnicos se deterioraban a medida que la obra terminaba, por el retraso que tuvo la misma. En términos generales esta obra estuvo marcada por riesgos, característicos, controlados; y por riesgos a terceros delicados y de cara al Consistorio en constante cambio.

Figura 3. 3- Esquemas del plan de seguridad y protección de calle.

Esquema del Plan de Seguridad para la obra de remodelación del Callejón de San Pedro en Toledo. Y fotografía del 28/2/2011 en fase de instalaciones generales municipales del Callejón.

3.2.2.3. Caso 3, “Colegio”. Colegio público

Este último ejemplo es la edificación de un colegio para 4 aulas de infantil y 3 de primaria, en el municipio de El Casar de Escalona (Toledo). La promoción se llevó a cabo por la Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Comunidades de Castilla La Mancha. Promoción pública de edificio para uso docente en El Casar de Escalona (Toledo). Desarrollada en dos plantas sobre rasante y una planta en semisótano. Superficie construida de 2.741,68 m² y presupuesto de obra de 2.292.164,83 €. Proyectada en 2010 y finalizada en 2012. En la memoria del Estudio de Seguridad consta un apartado de evaluación de riesgos en el cual, el proyectista, indica la obligatoriedad del contratista a realizar la acción preventiva para los trabajadores y equipos de trabajo. Revisando la Evaluación cuando las condiciones del trabajo varíen. No consta evaluación de riesgos alguna en el Estudio de Seguridad y Salud de este Proyecto. La figura 3.4 muestra el aspecto de la edificación terminada.

En la fase de obra se hizo entrega del Plan de Seguridad y Salud por parte de la empresa constructora participante, que de igual forma que en los anteriores casos, se hace mención a los riesgos característicos en las obras con las medidas preventivas y protecciones colectivas e individuales, sin realizar una evaluación de riesgos particularizada al edificio en cuestión. Advirtiendo que se dejaron condiciones de riesgo muy evidentes cuando el colegio se pretendía construir con el colegio anexo en funcionamiento, incluida la rehabilitación del mismo. Y de la misma manera que en los anteriores casos, la evaluación de riesgos no se contempla como requisito fundamental para la prevención de riesgos; considerándose como un trámite preceptivo a realizar por los agentes intervinientes en las obras.

Figura 3. 4 - Caso 3. Edificación acabada en 2012.

En esta obra se procedió a las medidas de seguridad de manera constante. Las matizaciones de riesgo fueron situaciones puntuales de obra. Las relaciones entre los gerentes, promotores, técnicos y dirección del colegio fueron tensas en la fase final, ya que no se pudo abrir el colegio para el año lectivo que se esperaba. Aunque en términos generales esta obra estuvo marcada por riesgos controlados, adecuadamente, en todas las fases de obra.

3.2.3. Selección de los sistemas constructivos

Para comprobar la aptitud de los métodos se ha realizado un estudio de caso sobre elementos constructivos de edificación. De entre los más significativos que hay en las obras de edificación y los que reúnen las condiciones de riesgo más críticas en materia de prevención de riesgos de las obras de edificación, en base a la necesidad de un diseño adecuado de la seguridad en la fase de proyecto (Gambatase, Behm & Rajendran, 2008), a la necesidad de gestiones adecuadas en las actividades de la construcción para minimizar las pérdidas y mejorar el rendimiento (Akintoye & MacLeod, 1997) y a la peligrosidad intrínseca de determinados oficios que llevan implícito el riesgo en altura (Barandan & Usman, 2006), se han seleccionado los sistemas constructivos de:

- Ejecución de estructuras de forjados de hormigón.
- Ejecución de cerramientos de fachadas con ladrillo perforado.
- Ejecución de cubiertas inclinadas o planas.

De estas obras se tiene una base de datos en soporte fotográfico muy extensa, y se han seleccionado las fotografías más adecuadas para el objetivo de la investigación, en las que se muestran las fases de obra de los sistemas constructivos seleccionados.

3.2.4. Selección de los riesgos a analizar

En la tabla 1.1 se relacionan la clasificación de los riesgos laborales y que publica el INSHT a través de la Guía de evaluación de riesgos para PyMES¹⁰⁹.

El objetivo de la investigación consiste en que sobre unos mismos criterios de riesgo ante las mismas situaciones de obra se puedan comparar los diferentes criterios de los métodos de evaluación seleccionados. Para no hacer demasiado extensa la evaluación de riesgos se han seleccionado los riesgos característicos de los sistemas constructivos de estructuras de forjado, cerramientos de fachadas y cubiertas¹¹⁰ en la misma proporción en que aparecen en la clasificación de los riesgos por el INSHT:

- El riesgo de seguridad, en un 40% de la clasificación de riesgos, caída de personas a distinto nivel, caída de personas al mismo nivel, caída de objetos en manipulación y atrapamiento por o entre objetos.
- El riesgo higiénico, con un total del 20%, estrés térmico e iluminación.
- El riesgo ergonómico, con un total del 20%, desplazamiento y manejo de cargas.
- Y riesgo psicosociológico, con un total del 20%, relaciones y organización incorrecta.

Indicar que el Coordinador de Seguridad y Salud laboral de estas obras fue el que suscribe esta investigación. Por lo tanto, hay muchas consideraciones de valor subjetivo que se aplicarán en las metodologías, y con el mismo criterio, para poder comparar de forma ecuánime entre los métodos.

3.2.5. Aplicación de los métodos de evaluación

En este apartado se procede a esquematizar el análisis y valorización de los riesgos para cada uno de los métodos de evaluación, en cada uno de los modelos de obra elegidos y para cada uno de los riesgos seleccionados.

¹⁰⁹ Pequeñas y Medianas Empresas.

¹¹⁰ Las unidades de obra se definen según la base de datos del Generador de Precios del programa informático para arquitectura, ingeniería y construcción de CYPE Ingenieros, S.A. <http://www.generadordeprecios.info/>

A continuación, y para cada una de las metodologías de aplicación, se procede a interpretar los resultados mediante tablas de elaboración propia que resumen el seguimiento de cada metodología. En las tablas se realiza una valorización resumen de los riesgos y de cada sistema constructivo en base a un código de colores para una mejor interpretación de la evaluación de riesgos.

3.2.5.1. Aplicación práctica del Método de evaluación de riesgos INSHT

El esquema de evaluación utilizado está basado en los modelos que publica el INSHT. En la tabla 3.1 se esquematizan los sectores para su mejor entendimiento: en el punto 1 se sitúan los datos de identificación del modelo a evaluar con su nombre tipo y una fotografía; 2, relación de riesgos identificados para evaluar; 3, niveles de probabilidad; 4, análisis de las probabilidades sobre cada riesgo marcado con una “X”; 5, niveles de consecuencias; 6, análisis de los niveles de consecuencias marcados con una “X”; 7, niveles de estimación del riesgo; y 8, evaluación final sobre los riesgos en base a la probabilidad y las consecuencias.

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN BARGAS.		Probabilidad.			Consecuencias.			Estimación del riesgo.							
		B	M	A	LD	D	ED	T	TO	M	I	IN
ESTRUCTURA		bajo	3	medio	alto	Ligeramente dañino	5	dañino	Extremadamente dañino	trivial	tolerable	7	moderado	importante	intolerable
Caída de personas a distinto nivel.			X			X					X				
Caída de personas al mismo nivel.				X	X						X				
Caída de objetos en manipulación.			X		X					X					
Atrapamiento por o entre objetos.			X			X					X				
Estrés térmico.		X	4			X			X						
Iluminación.					X					X	8				
Desplazamiento.				X		X								X	
Manejo de cargas.				X		X								X	
Relaciones.				X		X								X	
Organización incorrecta				X		X								X	

Tabla 3. 1 - Esquema de tabla de evaluación INSHT, (elaboración propia).

De los resultados de la evaluación se extraen las situaciones de riesgo a lo largo del proceso constructivo de cada obra, y de cómo va evolucionando a lo largo de la obra. Se puede apreciar, en la tabla 3.2 el código de color y en la tabla 3.3 los resultados mediante ponderación de los criterios obtenidos, y que se aprecia que las situaciones de riesgo de seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología son mayores en la obra de la vivienda unifamiliar de Bargas; son de tipo mediano en la obra de la rehabilitación del callejón; y están bastante controladas durante la obra del colegio público.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

Código de color.				
Trivial	Tolerable	Moderado	Importante	Intolerable

Tabla 3. 2 – Código de colores.

Riesgo	Sistema	Bargas	Callejón	Colegio
Seguridad	Estructura	Moderado	Importante	Tolerable
	Cerramiento	Moderado	Tolerable	Tolerable
	Cubierta	Moderado	Moderado	Trivial
Higiene	Estructura	Tolerable	Moderado	Moderado
	Cerramiento	Moderado	Tolerable	Moderado
	Cubierta	Moderado	Importante	Tolerable
Ergonomía	Estructura	Importante	Moderado	Tolerable
	Cerramiento	Moderado	Moderado	Moderado
	Cubierta	Importante	Importante	Tolerable
Psicosociología	Estructura	Importante	Trivial	Tolerable
	Cerramiento	Moderado	Tolerable	Tolerable
	Cubierta	Intolerable	Tolerable	Tolerable

Tabla 3. 3 - Resumen de los resultados de la evaluación INSHT.

Todos los datos y resultados obtenidos en esta investigación preliminar se pueden analizar en los anexos del trabajo de Máster en Innovación Tecnológica para le Edificación titulado: “Análisis de las metodologías de evaluación de riesgos en obras de edificación” realizado en octubre del 2013 en la Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid (Carpio, 2013; Carpio, González, Moreu & Hosokawa, 2017; Carpio, González, 2017).

3.2.5.2. Aplicación práctica, Método de evaluación de riesgos ANACT

Este método implica una serie de cuestionarios que dan a conocer al evaluador las condiciones generales y del entorno social de la empresa con los trabajadores.

En primer lugar se plantea una valoración de los aspectos globales del puesto de trabajo. Y a continuación se evalúan cada uno de los riesgos antedichos, obteniéndose un perfil del puesto de trabajo o del sistema constructivo en este caso. A continuación, se identifica la posición de los riesgos seleccionados en los listados de las fichas tipo del método:

- Puesto de trabajo (se corresponde con los riesgos de seguridad).
- Entorno del puesto (se corresponde con los riesgos de higiene).
- Ejecución de las tareas (se corresponde con los riesgos de ergonomía).
- Relaciones sociales (se corresponde con los riesgos psicosociales).

- Estilo de mando (se corresponde con los riesgos psicosociales).

Las cuatro primeras fichas del método implican el conocimiento personal del trabajador y de las relaciones internas entre las diferentes jerarquías de la empresa. En el caso de la investigación se quedan obviadas aunque se identifica como uno de los únicos métodos que considera como referente las condiciones interpersonales de la empresa para la identificación de riesgos y su evaluación. Se realizan códigos de color similares al método anteriormente aplicado para una fácil interpretación de los resultados. El esquema a seguir para la evaluación está interpretado desde las fichas tipo que emite la metodología ANACT.

El procedimiento que se sigue se indica en la tabla 3.4. En el punto 1 se identifica con una fotografía del sistema constructivo; 2, relación de las áreas de investigación que abarcan los riesgos detectados; 3, niveles del peso según su menor o mayor importancia sobre las áreas de investigación; 4, niveles del área de investigación en particular con la valoración del peso que según su importancia indica su correspondencia con las incidencias detectadas y si es necesario realizar análisis pormenorizado; 5, identificación del sistema constructivo y la obra; 6, identificación de los problemas existentes; 7, niveles de evaluación; y 8, evaluación final de los problemas detectados.

	ÁREA DE INVESTIGACIÓN.	PESO	PROBLEMAS.	EVALUACIÓN.
	BARGAS ESTRUCTURA	BIEN	REGULAR	MAL
A	CONTENIDO DEL TRABAJO	0				
B	PUESTO DE TRABAJO	3	Caída de personas a distinto nivel. Caída de personas al mismo nivel. Caída de objetos en manipulación. Atrapamiento por o entre objetos.			X
C	ENTORNO DEL PUESTO		Estrés térmico. Iluminación	X		
D	DISTRIBUCIÓN DEL TRABAJO			X
E	EJECUCIÓN DE LAS TAREAS	2	Desplazamiento. Manejo de cargas.		X	
F	EVALUACIÓN - PROMOCIÓN PERSONAL	0			X	
G	RELACIONES SOCIALES	1	Relaciones.			X
H	LOS INDIVIDUOS Y EL GRUPO	0				
I	ESTILO DE MANDO	1	Organización incorrecta.			X
Resultado final de la evaluación				2	4	4

Tabla 3. 4 - Esquema tipo de evaluación de riesgos ANACT, (elaboración propia).

La valoración del peso indica la importancia que tiene para la empresa el análisis específico de determinados riesgos, según el área de investigación. Se comprueba que se requieren análisis pormenorizados para los problemas de tipo seguridad, y los resultados acompañan a dicha importancia. Sin embargo en los factores psicosociológicos se indica un peso sin relevancia en importancia, pero en la obra de la vivienda unifamiliar de Bargas existe un problema serio en las relaciones y la

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

organización. En la tabla 3.5 se muestran los resultados y en la tabla 3.6 los códigos de color.

Riesgo	Sistema	Bargas	Callejón	Colegio
Seguridad	Estructura			
	Cerramiento			
	Cubierta			
Higiene	Estructura			
	Cerramiento			
	Cubierta			
Ergonomía	Estructura			
	Cerramiento			
	Cubierta			
Psicosociología	Estructura			
	Cerramiento			
	Cubierta			

Tabla 3. 5 - Resultados final de la valoración con el método ANACT.

Código de color.						
Peso				Bien	Regular	Mal
0	1	2	3			

Tabla 3. 6 - Código de color para las tablas de ANACT.

Todos los datos y resultados obtenidos en esta investigación preliminar se pueden analizar en los anexos del trabajo de Máster en Innovación Tecnológica para le Edificación titulado: “Análisis de las metodologías de evaluación de riesgos en obras de edificación” (Carpio, 2013).

3.2.5.3. Aplicación práctica, Método de evaluación de riesgos RNUR

Este es un método que analiza la situación del puesto de trabajo desde ocho factores conceptuales sobre los que se evalúan los niveles de satisfacción laboral en base al problema que se está analizando.

Para la realización de la investigación es necesario hacer corresponder los criterios del método con los del INSHT. Para lo cual se sitúan los riesgos seleccionados en los apartados correspondientes de los factores conceptuales de seguridad, entorno físico, carga física, autonomía y relaciones.

En la tabla 3.7 y para una mejor comprensión de la evaluación realizada con el método se ha realizado una tabla que se corresponde con la metodología y que se divide en varios sectores para identificar de manera rápida el perfil de satisfacción del sistema constructivo. En el punto 1 se ubica la fotografía que identifica el sistema; 2, relación de los factores conceptuales con varias definiciones para su correcta interpretación; 3, identificación de la obra y del sistema constructivo; 4, relación de los riesgos a analizar

en sus correspondientes casillas de factores conceptuales; 5, niveles de satisfacción; y 6, evaluación final de cada uno de los riesgos marcado con un “X” en las casillas.

Factores conceptuales		Niveles de satisfacción.
BARGAS	Muy satisfactorio	Satisfactorio	Aceptable	Peligroso	Muy peligroso
	ESTRUCTURA					
CONCEPCIÓN DEL PUESTO. Altura-distancia. Alimentación-evacuación. Inaccessibilidad-accesibilidad. Mandos y señales.						
A	SEGURIDAD. Seguridad.	Caída de personas a distinto nivel.			X	
		Caída de personas al mismo nivel.		X		
		Caída de objetos en manipulación.		X		
		Atrapamiento por o entre objetos.		X		
B	ENTORNO FÍSICO. Ambiente térmico. Ambiente sonoro. Iluminación artificial. Vibraciones. Higiene ambiental. Aspecto del puesto.	Estrés térmico.		X		
		Iluminación.		X		
C	CARGA FÍSICA. Postura principal. Postura más desfavorable. Esfuerzo del trabajo. Postura de trabajo. Esfuerzo de mantenimiento. Postura de mantenimiento.	Desplazamiento.			X	
		Manejo de carga.				
D	CARGA MENTAL. Operaciones mentales. Nivel de atención.					
E	AUTONOMÍA. Autonomía individual. Autonomía de grupo.	Organización incorrecta			X	
F	RELACIONES. Relaciones independientes de trabajo. Relaciones dependientes de trabajo.	Relaciones.			X	
G	REPETITIVIDAD. Repetitividad de ciclo.					
H	CONTENIDO DE TRABAJO. Potencial (adestramiento y conocimientos) Responsabilidad. Interés del trabajo.					

Tabla 3. 7 - Esquema tipo de metodología de evaluación de riesgos RNUR.

Este método tiene unos resultados muy similares al método de INSHT ya que los niveles de evaluación son cinco categorías: para los niveles de tolerancia en el método del INSHT y para los niveles de satisfacción laboral en el método de RNUR. En la tabla 3.8 se expresan en color los resúmenes de la evaluación para poder comparar los criterios entre los métodos. En la tabla 3.9 se expresan los códigos de color con los criterios de evaluación del método.

Riesgo	Sistema	Bargas	Callejón	Colegio
Seguridad	Estructura	Aceptable	Peligroso	Aceptable
	Cerramiento	Peligroso	Peligroso	Aceptable
	Cubierta	Muy peligroso	Aceptable	Satisfactorio
Higiene	Estructura	Aceptable	Peligroso	Aceptable
	Cerramiento	Peligroso	Peligroso	Peligroso
	Cubierta	Peligroso	Aceptable	Aceptable
Ergonomía	Estructura	Peligroso	Peligroso	Aceptable
	Cerramiento	Peligroso	Peligroso	Peligroso
	Cubierta	Muy peligroso	Peligroso	Aceptable
Psicosociología	Estructura	Peligroso	Satisfactorio	Satisfactorio
	Cerramiento	Peligroso	Aceptable	Satisfactorio
	Cubierta	Muy peligroso	Satisfactorio	Satisfactorio

Tabla 3. 8 - Resultado finales de evaluación del método RNUR.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

Código de color.				
Muy satisfactorio	Satisfactorio	Aceptable	Peligroso	Muy peligroso

Tabla 3. 9 - Código de color para las tablas de RNUR.

Todos los datos y resultados obtenidos en esta investigación preliminar se pueden analizar en los anexos del trabajo de Máster en Innovación Tecnológica para la Edificación titulado: “Análisis de las metodologías de evaluación de riesgos en obras de edificación” (Carpio, 2013).

3.2.5.4. Aplicación práctica, Método de evaluación FINE

El método Fine emplea formulación matemática para establecer criterios cuantitativos a los factores subjetivos para llegar a clasificar el tipo de riesgo; a la vez que establece un criterio de justificación acertada o no justificada sobre el coste económico de la acción preventiva. En la tabla 3.10 se esquematizan los sectores para su perfecto entendimiento. Los niveles de evaluación se expresan en cinco categorías, al igual que los métodos anteriores, con lo que se pueden comparar de forma paralela entre otros métodos.

Método FINE		Análisis				Evaluación				Justificación

Tipo de riesgo	Problema	C	E	P	R	Clasificación	coste	F	d	J			
Físico	Caída de personas a distinto nivel. Código 010.	7	6	6	252	Alto	2500	0,8	3,9	52	Acertada		
	Caída de personas al mismo nivel. Código 020.	1	10	6	60	Posible	60	0,25	1,1	13	Justificada		
	Caída de objetos en manipulación. Código 040.	3	2	3	18	Aceptable	300	0,15	0,9	2	No justificable		
	Atrapamiento por entre objetos. Código 110.	3	2	3	18	Aceptable	500	0,2	2,3	2	No justificable		
Ergonómico	Estrés térmico. Código 350.	3	4	6	180	Aceptable	150	0,2	1,1	14	Acertada		
	Iluminación. Código 380.	1	6	6	60	Posible	60	0,2	1,1	11	Justificada		
	Desplazamiento. Código 420.	3	3	3	27	Posible	300	0,5	1,9	7	No justificable		
	Manejo de cargas. Código 440.	3	6	3	126	Posible	1000	0,4	2,9	26	Justificada		
Psicosocial	Relaciones. Código 560.	7	3	3	63	Posible	2500	0,1	3,9	2	No justificable		
	Organización incorrecta Código 570.	7	6	6	252	Alto	2500	0,1	3,9	6	No justificable		

Tabla 3. 10 - Esquema tipo de evaluación del método FINE.

En el punto 1 se sitúa una fotografía para identificar el sistema constructivo que se analiza; 2, relación de los tipos de riesgos; 3, datos de la obra y del sistema constructivo; 4, relación de los riesgos seleccionados para evaluar; 5, parametrización de las consecuencias, en base a un criterio económico de costes de daños, y grado de exposición y probabilidad en base a criterios subjetivos establecidos por el autor¹¹¹; 6, marcación de los valores, según la tablas que expone el método (Fine & Kinney, 1971;

¹¹¹ William T. Fine.

Rubio, 2005); 7, evaluación del riesgo; 8, clasificación del riesgo en cinco niveles: aceptable, posible, notable, alto y muy alto; 9, parámetros para analizar la justificación de la intervención en base a la cuantía económica de la acción preventiva; y 10, adjudicación de los valores del costo de daños y el porcentaje de reducción de los daños en el factor de corrección.

En la tabla 3.11 se resumen los resultados ponderados de la evaluación de riesgos con el método Fine y en la tabla 3.12 se expresa el código de color para el método Fine.

Riesgo	Sistema	Bargas	Callejón	Colegio
Seguridad	Estructura	Notable	Posible	Posible
	Cerramiento	Alto	Notable	Posible
	Cubierta	Alto	Posible	Posible
Higiene	Estructura	Notable	Notable	Notable
	Cerramiento	Notable	Notable	Notable
	Cubierta	Notable	Notable	Notable
Ergonomía	Estructura	Notable	Posible	Posible
	Cerramiento	Notable	Posible	Posible
	Cubierta	Notable	Posible	Posible
Psicosociología	Estructura	Notable	Aceptable	Aceptable
	Cerramiento	Posible	Aceptable	Aceptable
	Cubierta	Notable	Aceptable	Aceptable

Tabla 3. 11 - Resultados de la evaluación final del método FINE.

Código de color.				
Aceptable	Posible	Notable	Alto	Muy alto

Tabla 3. 12 - Código de color para el método FINE.

En los sectores 9 y 10 de la ficha para la evaluación, se han hecho consideraciones los más acercadas posible a la realidad en cuanto a la valoración de los métodos empleados en la acción preventiva y poder justificar dicha actuación. Los parámetros de este concepto son muy variados ya que los costes que implican una acción, no es sólo preventiva, sino también las que determinan los gastos de la empresa por personal de suplencia, por gastos de seguro, etc. Los precios asignados están localizados en la base de datos del Generador de Precios de la Construcción del programa informático de CYPE Ingenieros, S.A.¹¹² a estos precios se les ha incrementado un 20% su valor en concepto de gastos por mano de obra de suplencia, gastos administrativos y de seguro. De tal forma que su aproximación a la realidad sea lo más exacta posible.

¹¹² http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Seguridad_y_salud.html

3.2.6. Análisis comparativo

3.2.6.1. Comparación de las metodologías de evaluación de riesgos

En este apartado se van a comparar los resultados obtenidos de la evaluación de riesgos durante la ejecución de obra de varios sistemas constructivos representativos de las obras de edificación. Es importante añadir, para la correcta interpretación de los resultados, las circunstancias que acaecieron en las obras y en sus sistemas constructivos. A continuación, se expresan de una manera escueta las situaciones de la obra para cada uno de las técnicas de lucha analizadas, en cada uno de los modelos de obra:

Caso 1: vivienda unifamiliar en Bargas, Toledo: el entorno de seguridad y salud laboral fue muy complicado debido a la total falta de disposición para la prevención por parte del Contratista.

- **Riesgo físico:** Los riesgos físicos a los que se vieron expuestos los trabajadores durante la ejecución de esta obra fueron con condiciones de trabajo sin barandillas en los bordes de forjado, mucha suciedad de escombros acumulados, no utilización de equipos de protección individual ni colectiva y existencia de zanjas, acopio de material sobre los que había que pasar por encima.
- **Riesgo higiénico:** Los riesgos higiénicos a los que se vieron expuestos los trabajadores implicaban la falta de caseta para vestuarios y comedor, teniendo que utilizar una furgoneta para guarecerse del frío, en las primeras semanas de obra. Una vez ejecutado el forjado de planta baja, se utilizó una pequeña parte del sótano para vestuarios y comedor sin cumplir condiciones de higiene, ventilación ni iluminación.
- **Riesgo ergonómico:** El movimiento interior por la obra era caótico por la cantidad de escombros acumulados y porque los acopios de material ocupaban todas las zonas de tránsito. Esto implicaba que los operarios necesitaban llevar la carga de material en esas condiciones, incrementando su riesgo.
- **Riesgo psicosociológico:** Esta obra tuvo un componente de riesgo psicosocial muy elevado ya que la relación con los gerentes de la empresa constructora, y por ende con sus trabajadores, se fue deteriorando en la fase de estructura; empeoró con el cerramiento; y durante la cubierta los riesgos fueron de extrema gravedad; hasta su rescisión a mitad de la obra. Uno de los mayores problemas fue la falta de organización.
- La situación general de esta obra, en materia de prevención, fue mala; con una total falta de disposición de la empresa Contratista en materia de prevención.

Caso 2: rehabilitación de calle y fachadas, casco histórico de Toledo: al entorno de seguridad y salud se le sumó la constante presencia de vecinos, aumentando los riesgos para controlar.

- Riesgo físico: La adaptación del andamio a la altura de los edificios y a la inclinación de la calle hacía que las plataformas de trabajo de los andamios no tuvieran niveles horizontales. El trabajo entre el andamio y las fachadas y cubiertas quedaba separado por un hueco lo que incrementaba su riesgo. Incluso el material se proyectaba entre los huecos hasta la parte inferior. Al estar el pavimento de la calle abierto por zanjas el riesgo de tropezar era muy elevado. Y la colocación de plataformas de protección a nivel de calle para tapar las zanjas y permitir el paso de los vecinos incrementaba el riesgo de Atrapamiento.
- Riesgo higiénico: El ancho de la calle era muy estrecho y las diferencias de iluminación entre el nivel de calle y el nivel de cubierta eran muy altas. A nivel de calle era necesario iluminar con focos. Estos mismos desniveles implicaban unas diferencias térmicas muy elevadas incluso por los vientos en la parte superior del andamio.
- Riesgo ergonómico: Los desplazamientos por la obra eran complejos, con desnivel en el suelo y andamio, zanjas abiertas, acopio de material en todo lo largo del callejón; lo que incrementaba el riesgo en el manejo de cargas.
- Riesgo psicosociológico: La relación entre los trabajadores de esta obra fue buena aunque los tiempos de ejecución en el comienzo de obra se retrasaron mucho. Lo que hizo retrasar la entrega de la obra al Consistorio. Respecto a la organización de obra fue compleja al principio pero excelente al final.
- La situación general de esta obra, en materia de prevención, fue regular.

Caso 3: Colegio público en El Casar de Escalona, Toledo: el entorno de seguridad y salud estuvo adecuadamente controlado.

- Riesgo físico: Aunque los riesgos de esta obra eran delicados por su peligrosidad, estuvieron controlados desde el principio. En la estructura las barandillas, redes verticales y horizontales protegían el tajo. En los cerramientos se instaló un andamio perimetral al edificio y en las cubiertas el peto de fábrica (de 1,0m. de altura) protegía la zona. Los riesgos por Atrapamiento eran altos ya que el acceso a los forjados era único y la longitud del edificio era muy grande.
- Riesgo higiénico: La zona de El Casar de Escalona tiene vientos durante todo el año lo que hacía incrementar la sensación de frío en momentos expuestos. Y por las dimensiones del edificio, en la planta sótano era necesario utilizar linternas o verbenas de bombillas.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

- Riesgo ergonómico: Por las dimensiones de la obra el desplazamiento por ella era complicado. Incluso la zanja perimetral del vaciado de excavación incrementaba su riesgo, al estar durante mucho tiempo abierta y tener que pasar por encima.
- Riesgo psicosociológico: La relación entre los trabajadores era buena y entre los mandos se complicaba en momentos puntuales (certificación de obra, precio de material específico, etc.).
- La situación de esta obra, en materia de prevención, fue controlada.

3.2.6.2. Análisis de los esquemas descriptivos sobre los resultados

Una vez aclarada la situación general de los riesgos en cada uno de los modelos de edificación, se interpretan las comparaciones entre las gráficas, por los resultados obtenidos. Todas las tablas rellenas para la evaluación con los gráficos de los resultados obtenidos se incorporan en los anexos 1, 2, 3, 4, y 5 del trabajo.

Se indica que los valores máximos de las gráficas se homogeneizaron para poder comparar adecuadamente. Los métodos de evaluación analizados utilizan unos niveles o clasificación del riesgo muy similares:

- INSHT: Trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable.
- ANACT: Bien, regular, mal.
- RNUR: Situación, muy satisfactoria, satisfactoria, aceptable, peligrosa y muy peligrosa.
- FINE: Riesgo aceptable, posible, notable, alto y muy alto.

Para evitar confusiones en el trabajo de investigación se ha utilizado el siguiente criterio de términos para definir los niveles de RIESGO:

- Riesgo muy bajo: verde claro.
- Riesgo normal: verde.
- Riesgo notable: amarillo.
- Riesgo peligroso: naranja.
- Riesgo extremo: rojo.

Se han realizado ponderaciones en los resultados para obtener un solo valor de riesgo, con el criterio de “a igualdad de resultado” o “paridad de resultado”, se toma como valor el de mayor categoría de riesgo o la media de ellos. Para analizar los resultados consúltese los anexos 1, 2, 3 y 4. Se han establecido resultados para cada uno de los sistemas constructivos, para cada nivel de riesgo analizado, para cada método de

evaluación de riesgos y para cada uno de los modelos de obra elegidos para la investigación.

Para cada modelo de obra se han obtenido 12 resultados de evaluación de riesgo por cada método, lo que aporta un total de 48 resultados de evaluación. Y el total de mediciones es de 144 valores. Para el riesgo de seguridad se han obtenido 3 valores por cada método lo que implica un total de 12 valores por cada modelo de obra. El total de mediciones es de 36 valores. Para el riesgo de higiene se han obtenido 3 valores por cada método lo que implica un total de 12 valores por cada modelo de obra. El total de mediciones es de 36 valores. Para el riesgo de ergonomía se han obtenido 3 valores por cada método lo que implica un total de 12 valores por cada modelo de obra. El total de mediciones es de 36 valores. Para el riesgo de psicología se han obtenido 3 valores por cada método lo que implica un total de 12 valores por cada modelo de obra. El total de mediciones es de 36 valores.

A continuación se procede a comparar las gráficas obtenidas del trabajo de investigación. El criterio inicial es comparar los resultados de las metodologías empleadas en los tres modelos de obra a la vez. Para cuantificar el resultado se ha dado el valor 1 a cada factor de riesgo; con ello se observa la realidad de la situación. Para las gráficas de “cantidad de riesgo” y “métodos y nivel de riesgo” los colores y los valores dados son:

- Riesgo muy bajo: verde claro. 1
- Riesgo normal: verde. 1
- Riesgo notable: amarillo. 1
- Riesgo peligroso: naranja. 1
- Riesgo extremo: rojo. 1

Los criterios de color utilizados en las gráficas descriptivas, en las que a continuación se analizan su discusión metodológica en función con los diferentes métodos, para cada metodología de evaluación de riesgos:

- Método INSHT.
- Método ANACT.
- Método RNUR.
- Método FINE.

Respecto a las gráficas de cantidad de riesgo identificado en cada uno de los modelos de obra se interpreta cómo los cuatro métodos de evaluación de riesgos identifican las diferentes técnicas de lucha contra el riesgo de seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología, y en cuánta cantidad. Se comprueba que,

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

globalmente, en el primer modelo de obra, los riesgos, en general, localizados, se destacan por ser notables y peligrosos; en el segundo modelo, los riesgos identificados son muy bajos, normales y notables Y en el tercer modelo de obra los riesgos son muy bajos, normales y notables (con menor cuantía). Acercándose bastante a la realidad de la situación. Cabe destacar que el método ANACT suele tender a identificar las situaciones de alto riesgo ya que el procedimiento es bastante conservador al tener sólo tres niveles de apreciación del riesgo (bien, regular y mal).

Las líneas de tendencia de cada método (tabla 3.13) indican cuál ha sido la tendencia del riesgo durante la marcha de la obra. A partir de los resultados, se ha procedido a generar una línea logarítmica de la tendencia del riesgo para cada uno de los métodos de evaluación y en cada una de las obras. La tendencia del riesgo en cada método de evaluación se expresa con los códigos de líneas equivalentes a los colores de cada método de evaluación.

Así, en el modelo de obra de Bargas la tendencia del riesgo ha sido hacia los niveles de peligrosidad de manera global. En el segundo modelo de obra de Callejón, la tendencia del riesgo ha sido estable con cierta tendencia hacia niveles de riesgo alto y niveles de control de seguridad altos. En el tercer modelo de obra de Colegio, la tendencia muestra que los niveles de riesgo controlado han sido mayores que los riesgos peligrosos.

Tabla 3. 13 - Cantidad de riesgo y líneas de tendencia del riesgo.

En los resultados gráficos se aprecia que las metodologías de evaluación INSHT y FINE suelen tener resultados parejos siendo los de FINE un poco más tendentes hacia los valores de mayor riesgo. El método RNUR suele tener unos resultados en igual traza pero superiores a los anteriores. Y el método ANACT determina si el riesgo es alto o bajo, sin valores intermedios. El esquema característico resultante de estas gráficas se muestra en la tabla 3.14.

	Muy bajo	Normal	Notable	Peligroso	Extremo
INSHT					
ANACT					
RNUR					
FINE					

Tabla 3. 14 - Espectro de riesgos para las metodologías de evaluación.

El método INSHT es de sencillez en su manejo y el método FINE tiene bastante complejidad en su desarrollo. Los resultados han sido muy parejos entre ambos, lo cual implica que al método INSHT se le podría añadir un estudio económico de acción preventiva y su análisis justificativo. Teniendo en cuenta que la evaluación de riesgos, por el método INSHT, se realiza con parámetros subjetivos y con el método FINE se realiza a partir de valores matemáticos (objetivos). Sin embargo los métodos RNUR y ANACT potencian la identificación de riesgos altos, además de la implicación de los trabajadores en el control preventivo, circunstancia ésta a considerar en la propuesta de metodología de evaluación de riesgos.

Respecto a los resultados expresados con las gráficas de porcentaje de métodos en cada nivel de riesgo (tabla 3.15), los valores están dados en %. En el primer modelo de obra los riesgos peligrosos han sido identificados por los cuatro métodos, y los riesgos extremos los han identificado el método ANACT (70%), INSHT (10%) y FINE (20%). En el segundo y tercer modelo de obra los riesgos normales y notables se han identificado, en porcentajes muy similares, por los métodos de INSHT (30-35%), RNUR (10-20%) y

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

FINE (30-45%). Los riesgos muy bajos se han detectado por los métodos INSHT (7%), FINE (40%) y ANACT (53%). Y los métodos RNUR y ANACT son los que han detectado mayores porcentajes de riesgos altos, destacándose del resto.

El análisis global de los resultados sobre los tres modelos permite afirmar que los resultados obtenidos sobre los modelos 2 y 3 son muy similares y muy diferentes a los del modelo 1. Además para cada modelo de obra existe una gran diferencia en los porcentajes de riesgo que son capaces de identificar cada método de evaluación. Así, por ejemplo, en el modelo 1 los riesgos muy bajos son identificados únicamente por el ANACT y sin embargo, los riesgos normales sólo los identifican INSHT y FINE. En el modelo 1 se observa que los riesgos peligrosos son identificados por los cuatro métodos y los notables y extremos por tres. En el modelo 2 los métodos de INSHT, RNUR y FINE se concentran en la banda de los riesgos normales y notables. Y en el modelo 3 se observa una ligera tendencia de los métodos para identificar y concentrarse en la banda de los riesgos muy bajos, normales y notables. Los modelos 2 y 3 los riesgos extremos únicamente los identifica el método ANACT.

Tabla 3. 15 - Porcentaje de métodos en cada nivel de riesgo

Para resaltar e identificar los riesgos peligrosos y extremos, del resto de riesgos analizados se ha expresado el valor de cuantificación en variable exponencial con base tres (3^x). Con ello se consigue incrementar y diferenciar el riesgo extremo destacando los parámetros porcentuales y su valoración. Se ha realizado la envolvente de las gráficas para su mejor interpretación. Las gráficas se representan a la misma escala de valores. Para las gráficas de “el riesgo extremo” y “métodos y clase de riesgo en %” los colores y los valores dados son:

- Riesgo muy bajo: verde claro. 1
- Riesgo normal: verde. 3
- Riesgo notable: amarillo. 9
- Riesgo peligroso: naranja. 27
- Riesgo extremo: rojo. 81

Estos valores lo que determinan es que se potencie el riesgo peligroso y extremo, frente a los menores riesgos. Y se diferencian los percentiles respecto a la evaluación de las clases de riesgo. Los resultados para el riesgo extremo se expresan en la tabla 3.16. En el primer modelo de obra se observan niveles de riesgo extremo detectados con valores de 700, 250 y 100. En los modelos de obra segundo y tercero los niveles de riesgo extremo tienen valores de 180 y 100. Sin embargo los niveles de riesgo peligroso tienen un valor de hasta 200 en los tres casos. Y los riesgos notables alcanzan valores de 100 en los tres casos.

Se aprecia que los cuatro métodos advierten de la peligrosidad del riesgo en el modelo 1. En el modelo 2 los métodos indican moderación de los niveles de peligrosidad, en comparación a los del modelo 1. Y en el modelo 3, los métodos INSHT, FINE y RNUR indican una situación controlada del riesgo extremo. Estos resultados muestran que la situación del riesgo en cada uno de los modelos de obra está de acuerdo con la situación real de seguridad de las mismas durante su ejecución.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

Tabla 3. 16 - Porcentaje de métodos en cada nivel de riesgo

Los criterios de color utilizados en las gráficas, en las que a continuación se analiza su discusión metodológica en función de la clasificación de los riesgos, se corresponden con la siguiente relación:

- Clasificación de los riesgos:
 - Riesgo de seguridad.
 - Riesgo higiénico.
 - Riesgo ergonómico.
 - Riesgo psicosociológico.

En la tabla 3.17 se expresan para cada método de evaluación los porcentajes de los riesgos que identifican agrupados según la técnica de lucha contra el riesgo que los estudian. Su disposición, de abajo hacia arriba es, riesgo de seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicosociología. El análisis global de esta figura da una información muy similar a la obtenida sobre la tabla 3.15. Los resultados obtenidos sobre los modelos 2 y 3 son muy similares y distintos a los del modelo 1. Además para cada modelo de obra existe una gran diferencia en los porcentajes de riesgos agrupados por técnicas de lucha contra el riesgo que son capaces de identificar cada método de evaluación. En el modelo 1 se puede comprobar que el INSHT tiene más capacidad de detectar riesgos psicosociales (51,3%) que el resto de métodos de evaluación. Sin embargo, en el mismo modelo, FINE tiene mayor capacidad para detectar riesgos de seguridad (46,2%). En los modelos 2 y 3 se puede comprobar que los riesgos psicosociales se detectan muy mal en los cuatro métodos y los riesgos de higiene se detectan razonablemente bien por los cuatro métodos de evaluación.

Los riesgos predominantes en el modelo 1 fueron los riesgos de seguridad y psicosociales. En el modelo 2 destacan los riesgos de seguridad, higiénicos y ergonómicos; y en el modelo 3 los riesgos que más destacaron fueron los higiénicos y los ergonómicos. No obstante no se pueden comparar las gráficas horizontalmente puesto que los resultados son porcentuales y los valores obtenidos son muy dispares entre las obras analizadas. Sin embargo sí se pueden totalizar los resultados porcentuales para cada método de cada una de las técnicas de lucha contra el riesgo; con ello se da una idea clara del interés de dichas gráficas.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

Tabla 3. 17 - Gráfica de riesgos característicos de cada obra.

3.2.6.3. Comparación de los cuatro métodos de evaluación de riesgos

En la tabla 3.18 se muestra una comparación de los cuatro métodos de evaluación de riesgos, en base a la ponderación de los resultados de evaluación en los tres casos de estudio, en un espectro de riesgos desglosando los riesgos en cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo: Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología. Los resultados obtenidos son discrepantes entre los cuatro métodos. Cada método de evaluación detecta los riesgos de forma diferente.

En Seguridad el espectro abarca los riesgos muy bajos, normales, notables, peligrosos y extremos. Los métodos INSHT, ANACT y FINE identifican los riesgos normales. Los métodos INSHT, RNUR y FINE identifican riesgos notables. Sin embargo para los riesgos muy bajos, peligrosos y extremos los resultados son discrepantes entre los cuatro métodos.

En Higiene el espectro abarca los riesgos normales, notables, peligrosos y extremos. Los métodos INSHT, RNUR y FINE identifican riesgos notables. Sin embargo para los riesgos normales, peligrosos y extremos los resultados son discrepantes entre los cuatro métodos.

En Ergonomía el espectro abarca los riesgos normales, notables, peligrosos y extremos. Los métodos INSHT, RNUR y FINE identifican riesgos notables. Los métodos INSHT, ANACT y RNUR identifican riesgos peligrosos Sin embargo para los riesgos normales y extremos los resultados son discrepantes entre los cuatro métodos.

En Psicosociología el espectro abarca los riesgos muy bajos, normales, notables, peligrosos y extremos. Los métodos INSHT, RNUR y FINE identifican riesgos normales y notables. Sin embargo para los riesgos muy bajos, peligrosos y extremos los resultados son discrepantes entre los cuatro métodos.

Tabla 3. 18 – Espectro de riesgos característicos, metodologías y técnicas de lucha.

De esta forma se deduce que si se emplea un único método de evaluación, los resultados obtenidos se alejan de la realidad. Por ejemplo, existen métodos que no son capaces de detectar riesgos extremos o muy bajos en ninguna de las técnicas de lucha contra el riesgo.

3.2.7. Conclusiones sobre el análisis preliminar

3.2.7.1. Resumen del desarrollo investigador

Se establecieron los métodos de evaluación de riesgos más apropiados y que mejor se adaptaban a una obra de edificación. Y se descartaron los métodos que implicaban el análisis específico de algún riesgo, no pudiendo adaptar su categoría a otros riesgos en conjunto. Por lo que en base a los conceptos de aplicación en obras de edificación, los métodos de evaluación de riesgos que mejor se adaptan a la complejidad en el desarrollo de una obra de edificación y al objetivo del trabajo son:

- El método **INSHT**.
- El método **ANACT**.
- El método **RNUR**.
- El método **FINE**.

Como es lógico, existen muchas y diferentes metodologías de evaluación de riesgos en el trabajo. Pero, particularmente, para las obras de edificación no se han tenido

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

resultados satisfactorios en las búsquedas, en la investigación de este trabajo. Por lo que los métodos seleccionados, tanto en su estudio preliminar, como en su inclusión para un análisis de sus metodologías a la aplicación en obras de edificación, han sido desde un punto de vista práctico hacia el objetivo de la investigación. A continuación se procedió a la comparación de los métodos seleccionados en base a las cinco etapas fundamentales para una metodología de evaluación de riesgos. Se establecieron los *pros* y los *contras* para su aplicación práctica en obras de edificación. Para comprobar la aptitud de los métodos se realizó un estudio de caso sobre elementos constructivos de edificación. De entre los más significativos se han seleccionado los siguientes, en base a la repetitividad de los riesgos de caída en las obras de construcción (Holmes, Lingard & De Munk, 1999; Larsson & Field, 2002; Aneziris et al, 2008), a los escenarios de accidentes más comunes en los entornos técnico-social en base a la relación causa-consecuencia, a las acciones individuales y a la toma de decisiones (Svedung & Rasmussen, 2002); y a la significativa influencia de la falta de criterio en el proyecto (Gambatase, Behm & Rajendran, 2008) :

- Sistema constructivo de estructura de forjado de hormigón armado.
- Cerramiento de fachada con ladrillo perforado.
- Cubierta inclinada con palomeros, capa de compresión y teja mixta.

Sobre los mismos se analizaron, de forma horizontal, los métodos sobre cada uno de los sistemas, comparando la evolución de la evaluación y los criterios de valorización.

Finalmente, como continuación a la investigación preliminar, se propuso una metodología de evaluación de riesgos sobre la que se analizaran los mismos sistemas constructivos con los mismos riesgos para su comprobación efectiva de su tratamiento.

3.2.7.2. Conclusiones al análisis preliminar

Este trabajo ha comenzado desde unos conceptos fundamentales, como son el derecho a la vida de las personas, que han conseguido materializar, en forma de leyes y concienciación social, la magnitud que representa la Seguridad y la Salud de las personas en sus puestos de trabajo. Este compendio nos lleva a actuar en la línea de la prevención, y a extraer las siguientes conclusiones respecto a las metodologías de evaluaciones de riesgos clásicas o comúnmente utilizadas, de forma que éstas nos hagan comprender que mejorar la seguridad y la salud del trabajo comienza desde uno mismo y con la necesidad de compartir el conocimiento:

- La relación empresario-trabajador debe ser correspondida al mismo nivel en la relación beneficio-seguridad. Cuando el nivel de seguridad es bueno en todos los niveles de riesgo, la respuesta del trabajador le beneficia a sí mismo y al

empresario. Cambiar los cánones históricos e incluso actuales de opresión laboral, es modificar la actitud hacia una evolución del trabajo.

- Es fundamental el reconocimiento legal exclusivo de la profesión del Grado en Edificación frente a la planificación, gestión y responsabilidad de la tarea de la seguridad y salud en las obras de construcción. Tal y como nos ha impuesto la sociedad y el Legislador.
- La gran cantidad de leyes, metodologías y guías que acompañan a la evaluación de los riesgos en las empresas, no se corresponde con la falta de cultura de seguridad que existe en la sociedad actual. Por lo que los mecanismos de actuación de las mismas no son apropiados.
- Los métodos de evaluación de riesgos comienzan a desarrollarse en la aplicación directa de las obras de construcción, con todas sus variables. Encuadrándose con metodologías que buscan la complejidad del tecnicismo en vez de la simplicidad permisible a los trabajadores de la construcción.
- Tal y como establece la ley de prevención de riesgos laborales, el trabajador tiene derecho a participar íntegramente en el proceso de evaluación de riesgos del puesto de trabajo que le afecta. Por lo que los métodos de evaluación de riesgos tienen que observar dicha obligación, dejando la interpretación del mismo a los especialistas.
- Las obras de edificación entrañan una complejidad de organización y gestión muy alta, lo que implica el uso de varias metodologías de evaluación de riesgos para poder desarrollar la integración preventiva de la empresa. Es fundamental que los métodos de evaluación incorporen y unifiquen conceptos propios de las obras de edificación.
- Para poder concretar la seguridad y salud de manera efectiva en el puesto de trabajo de las obras de edificación es necesario conocer la complejidad que le supone al trabajador ejecutar la unidad de obra. Y catalogar las unidades de obra desde su complejidad constructiva, como un elemento arquitectónico seguro para construir.
- Los movimientos internos que existen en una obra de edificación están marcados por las dependencias propias de la unidad de obra y por las dependencias entre diferentes unidades o capítulos, lo cual incrementa los riesgos entre los puestos de trabajo. Las metodologías de evaluación analizadas no contemplan esta posibilidad compleja.
- Las metodologías de evaluación de riesgos se centran con parámetros cualitativos frente a los cuantitativos. Los métodos de evaluación analizados utilizan expresiones de carácter cualitativo para su integración en el sistema de

CAPÍTULO 3 – METODOLOGÍA

prevención de la empresa. La utilización de medidas visuales o perfiles en las metodologías, ayuda a identificar el riesgo para su prevención y control.

- De los métodos de evaluación analizados en este trabajo no se puede decir si son mejores o peores para su aplicación práctica en las obras de edificación, ya que tras la investigación se puede comprobar que los resultados se han aproximado a la realidad en los modelos observados. No obstante ninguno de los modelos recoge una adaptación específica para las obras de edificación.
- El método INSHT es cualitativo y sencillo. Los niveles de tolerancia del riesgo son valoraciones cualitativas muy difíciles de interpretar en una obra de edificación.
- Los métodos ANACT y RNUR son cualitativos y laboriosos. Estas metodologías se centran en el entorno social de la empresa con unos niveles de valoración muy extremos y muy difíciles de interpretar en una obra de edificación para la integración de la prevención.
- El método FINE es cuantitativo y complejo, es el que mejor se adapta a las obras de edificación al incorporar parámetros adaptables a la realidad de las obras de edificación. No obstante las cantidades que determina no se especifica si incluye beneficios, gastos de seguro, impuestos, etc. El parámetro de justificación económica, lo diferencia del resto de metodologías.

CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO

4.1. PROPUESTA DE NUEVO MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

En base a lo expuesto y a las conclusiones sobre los análisis realizados en el trabajo teórico preliminar, se plantea una propuesta de metodología de evaluación de riesgos basada en las cuatro anteriores. Se trata de un diseño de evaluación de los riesgos laborales específico para edificación, siguiendo una metodología innovadora.

a) Respecto al método INSHT:

La metodología es de aplicación subjetiva, en base a dos parámetros: las consecuencias y la probabilidad de que ocurra un suceso. Finalmente, las consideraciones de tolerancia del riesgo son complicadas de aplicar, aunque resumen la realidad. Durante la investigación de comparación de los métodos se cuantificaron los resultados para poder realizarla. El método permitiría la posibilidad de concretar con más parámetros, de tolerancia, y reales. Además sobre los mismos se podría cuantificar de la misma manera. Esto implicaría que la acción preventiva se adaptaría económicamente mejor a las condiciones particulares de cada empresa.

b) Respecto al método ANACT:

En esta investigación ha sido imposible aplicar la importancia que da el método a las circunstancias del entorno trabajador-mando de la empresa, antes de la evaluación. Aunque se ha hecho evaluación del peso que se considera para el análisis de los riesgos, establecer una correspondencia cuantitativa respecto a los resultados hubiera implicado un estudio pormenorizado del mismo debido a la gran cantidad de datos conseguidos.

No obstante para la valoración del riesgo, el método ANACT, sólo tiene tres niveles. Lo que limita la interpretación final. Como consecuencia del mismo al realizar la evaluación los resultados obtenidos, por prudencia, tendieron hacia la peor situación.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

De este método es importante destacar el peso que para la empresa tiene la situación analizada. Pudiéndose incorporar a la acción preventiva indicada en el método INSHT. Por lo que en la encuesta sobre el terreno se adjudicarían criterios de importancia para la empresa estableciendo una categoría más a las tolerancias evaluadas.

c) Respecto al método RNUR:

Los criterios de evaluación de este método son en base a la situación de satisfacción que se tiene en el puesto de trabajo: muy satisfactorio, satisfactorio, aceptable, peligroso y muy peligroso. Son cinco niveles que han permitido su comparación con los otros métodos.

El criterio de satisfacción indica la integración del individuo en la empresa y su entorno. La finalidad del método son los riesgos ergonómicos y psicosociales. Establecer los grupos conceptuales del método implicaría nuevas formas en los planteamientos. Por lo que no se contempla la posibilidad de incluir los grupos conceptuales pero sí es importante realizar una gráfica representativa del perfil de la situación que se está analizando. A su vez, incluir el concepto de satisfacción en el trabajo es fundamental para que el riesgo psicosocial quede evaluado.

d) Respecto al método FINE:

El planteamiento base del método está en función de las consecuencias y la probabilidad del suceso (al igual que el método INSHT) y se le añade el parámetro de cantidad de exposición al riesgo. La parametrización de este método es fundamental, ya que los valores numéricos son los que, al final de la evaluación, determinan el concepto de acción preventiva.

El parámetro de justificación económica sobre la intervención preventiva o los costes que ha supuesto el daño causado por el riesgo son difícilmente aplicables a situaciones reales de ejecución de obras de edificación. Las dependencias que tienen las unidades de obra junto con las consecuencias de un accidente o incidente pueden ser medidas en el tiempo, en la fase de certificación de obra y comprobar de ese modo la interacción que supuso el suceso.

Los niveles de clasificación del riesgo en este método son cinco: aceptable, posible, notable, alto y muy alto, en función a una escala de valores.

De este método es interesante el nivel de exposición al riesgo, lo que hace que se incremente o disminuya el valor asignado a las variables anteriores.

No obstante, tanto los valores dados a cada parámetro como el valor crítico de justificación de la acción están basados en la experiencia, en la toma de decisiones y en la situación económica, en el momento de su desarrollo. No obstante el método permite ampliar las posibilidades de los valores y el valor crítico dependiendo de la

tipología de los accidentes a estudiar, situación económica y a la apreciación de los sistemas de prevención.

4.2. ENTORNOS DE PREVENCIÓN EN OBRAS DE EDIFICACIÓN

El objetivo de este estudio es establecer la correlación que existe entre los diferentes entornos asociados al proceso de desarrollo y producción de una obra de construcción (Sousa, Almeida & Dias, 2014) con el desarrollo y adaptación de los parámetros definidos en la metodología matemática de William T. Fine (Fine & Kinney, 1971). Dicha correlación justifica la propuesta de un nuevo método de evaluación de riesgos adaptado a obras de edificación.

Un primer enfoque parte de los diferentes riesgos relacionados con los diferentes entornos de la obra como relación entre la influencia documental, la influencia constructiva y la influencia social; los parámetros quedan relacionados en base a las diferentes fases de riesgo que se dan durante la ejecución de una obra.

Se propone un segundo enfoque basado en la fórmula matemática para la evaluación y control de los riesgos definida por William T. Fine en el que se analiza el riesgo como la gravedad del peligro en base a la probabilidad y las consecuencias del accidente frente al grado de exposición del trabajador; y la justificación de la acción frente al riesgo en base al factor de coste y grado de corrección que requiere la acción preventiva. Dicho método tiene una adaptación muy compleja para las obras de edificación debido a la difícil interpretación y aplicación de sus parámetros cualitativos y cuantitativos.

4.2.1. Etapas del proceso edificatorio y riesgos asociados

En el análisis de cada entorno, quedan clasificadas diferentes fases de riesgos que se corresponden con las distintas etapas del proceso edificatorio (Castellano, 2008). No obstante y debido al análisis de las diferentes etapas de riesgo en lo referente a la seguridad y salud de las obras de edificación, se ha incorporado una etapa equivalente al análisis, presupuesto de obra, y proceso de contratación (BOE, nº:257, 2001). Existe gran cantidad de investigaciones sobre el análisis de las causas que generan riesgos o accidentes y tienen su correspondencia con las diferentes etapas constructivas de un edificio. El desarrollo edificatorio contempla cinco fases de progreso con riesgos asociados:

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- Primera etapa: Concepción y Estudio de mercado. El documento asociado es el Anteproyecto¹¹³ como actuación empresarial asociada a todo el proceso constructivo (BOE, nº: 269, 1995). Por lo que las acciones de la empresa pueden generar riesgos en todos los niveles. Principalmente, en las fases iniciales de concepción del edificio (Zhi, 1995; Gambatese & Hinze, 1999; Larsson & Field, 2002; Zou, Zhang & Wang, 2007; Gambatase, Behm & Rajendran, 2008); por lo que se consideran riesgos iniciales.
- Segunda etapa: Elaboración del Proyecto Básico¹¹⁴ y de Ejecución del edificio¹¹⁵ (BOE, nº: 74, 2006). Elaboración del Estudio de Seguridad y Salud (o Estudio Básico de Seguridad y Salud) y seguimiento técnico del Coordinador en fase de proyecto (BOE, nº: 256, 1997). Se procede al estudio de la prevención en la fase de proyecto, debido a la estudiada y comprobada incidencia del riesgo en la fase de elaboración de la documentación; en la que se constata falta de conocimiento, desorganización y falta de control entre el proyectista y el Coordinador de Seguridad en fase de proyecto, para la definición de los sistemas de prevención en los diferentes sistemas constructivos de la edificación (Esteban, de-Borja & Lucas, 2010). por lo que se consideran riesgos de proyecto.
- Tercera etapa: Análisis de obra, presupuesto y contratación con la empresa constructora (BOE, nº:276, 2011). Elaboración del Plan de Seguridad y Salud. Elaboración del acta de aprobación del Plan de Seguridad y Salud de la obra por el Coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución (BOE, nº: 256, 1997). La documentación corresponde a los criterios de análisis y presupuestos de la empresa constructora (BOE, nº: 266, 1999) en la que se contemplan los sistemas constructivos, sistemas preventivos, medios humanos y maquinaria precisos; junto con las posibles modificaciones en aras de ajuste del presupuesto general (Mínguez, 1993; López, Ibarrondo, Rubio-Gámez & García, 2013; Sousa, Almeida & Dias, 2014). Haciendo necesaria una gestión previa de riesgo en las fases iniciales del proyecto, incluso en la contratación y desarrollo de las obras (Zhi, 1995). Los riesgos generados en esta etapa se consideran riesgos de contratación.

¹¹³ Es la fase del trabajo en la que se exponen los aspectos fundamentales de las características generales de la obra ya sean funcionales, formales, constructivas o económicas, al objeto de proporcionar una primera imagen global de la misma y establecer un avance de presupuesto.

¹¹⁴ Es la fase del trabajo en la que se definen de modo preciso las características generales de la obra, mediante la adopción y justificación de soluciones concretas.

¹¹⁵ Es la fase de trabajo que desarrolla el Proyecto Básico, con la determinación completa de detalles y especificaciones de todos los materiales, elementos, sistemas constructivos y equipos, y puede llevarse a cabo, en su totalidad, antes del comienzo de la obra, o parcialmente, antes y durante la ejecución de la misma.

- Cuarta etapa: Ejecución material de la obra¹¹⁶. Seguimiento técnico por parte del Director de Obra y del Director de la ejecución material de la obra (BOE, nº: 266, 1999; BOE, nº: 74, 2006). Seguimiento técnico del Coordinador en fase de ejecución (BOE, nº: 256, 1997). Construcción efectiva por parte del Contratista aportando los medios humanos, materiales y de maquinaria necesarios para llevar a término la edificación, en condiciones de ejecución y seguridad adecuadas. Aplicando las prácticas de la buena construcción en el ámbito de la gestión de la prevención de la empresa (Rasmussen, 1997; Akintoye & MacLeod, 1997; Tam, Tong & Fung, 2002; Svedung & Rasmussen, 2002; Lyons & Skitmore, 2004; Haslam et al, 2005; Zou, Zhang & Wang, 2007; Jung, Kang, Kim & Park, 2008; Gambatase, Behm & Rajendran, 2008; Fung, Tam & Lu, 2010), gestión del clima de seguridad en el centro de trabajo (Zohar, 1980; Coyle, Sleema & Adams, 1995; Flin, Mearns, O'Connor & Bryden, 2000; Guldenmun, 2000; Neal, Griffin & Hart, 2000; Gillen, Baltz, Gassel, Kirsch & Vaccaro, 2002; Cooper & Phillips, 2004; Flin, 2007; Mohamed, Ali & Tam, 2009; Abbas, Zalat & Ghareeb, 2013) y condicionantes psicosociales (Karasek, Theorell, 1992; Lingard & Rowlinson, 1997; Karasek et al, 1998; Salanova, Gracia & Lorente, 2005; Salanova, Gracia & Lorente, 2007; Gamella, 2013; Oswald, Proto & Sgroi, 2014; Goldman, 2017). Los riesgos generados en esta etapa se consideran riesgos de obra.
- Quinta etapa: Entrega del edificio¹¹⁷; garantía y responsabilidad de los agentes intervinientes en la construcción del edificio (BOE, nº: 266, 1999), uso y mantenimiento del edificio por los nuevos propietarios (BOE, nº:84, 1999; BOE, nº:153, 2013). Etapa correspondiente a las garantías y las responsabilidades de los agentes de la obra, el uso y mantenimiento de los usuarios y la gestión de la comunidad de vecinos (BOE, nº: 74, 2006; BOE, nº:153, 2013).

¹¹⁶ Constituye la fase en la que se lleva a cabo la coordinación del equipo técnico-facultativo-empresarial de la obra (agentes de la obra) , la interpretación técnica, económica y estética del Proyecto de Ejecución, así como la adopción de las medidas necesarias para llevar a término el desarrollo del mencionado Proyecto de Ejecución, estableciendo las adaptaciones, detalles complementarios y modificaciones que puedan requerirse con el fin de alcanzar la realización total de la obra, de acuerdo con lo que establece el Proyecto de Ejecución correspondiente.

¹¹⁷ En esta fase se efectúa la determinación del estado económico final de la obra, mediante la aplicación de los precios que rijan en ella al estado real de las mediciones, facilitadas por el técnico competente, de las partidas que la componen, y comprende también el recibo de la misma en nombre del cliente con arreglo a los documentos y especificaciones contenidos en el proyecto de ejecución, y en los demás documentos incorporados al mismo durante el desarrollo de la obra.

4.2.2. Los entornos de una obra

En las obras de edificación son dos los entornos, fundamentales, que determinan el tipo de prevención:

- el entorno documental, referido a las características propias del proyecto y la organización de obra (BOE, nº: 269, 1995); es una de las partes fundamentales en la prevención de accidentes, habiendo estudios que indican que más del 42% de los diseños pueden tener relación con accidentes sucedidos en la industria de la construcción (Haslam et al, 2005).
- y el entorno de la ejecución de obra, en el cual intervienen el entorno de los sistemas constructivos y el de influencia social (Takala, 2009).

En la acción preventiva del entorno documental se establece la definición geométrica de la edificación y sus correspondientes características teóricas, con sus respectivas unidades de obra y sistemas constructivos, con la valorización de los mismos y su conformidad a la base legal; en la parte correspondiente a la documentación del proyecto de ejecución de obra (BOE, nº: 74, 2006). Como entorno documental forma parte la definición dada por la empresa constructora en el seguimiento y puesta en marcha de los sistemas de construcción y prevención; dentro de los márgenes presupuestarios (BOE, nº:257, 2001). Los documentos preceptivos que definen el entorno documental son el Estudio de Seguridad y Salud Laboral (o Estudio Básico de Seguridad y Salud) del proyecto de ejecución y el Plan de Seguridad y Salud Laboral realizado por la empresa constructora (BOE, nº: 256, 1997).

En la acción preventiva del entorno de ejecución de la obra se establecen las características propias del desarrollo en las diferentes fases de obra de una edificación o construcción; en donde se aplican los conceptos teóricos, geométricos, legales y constructivos establecidos por la documentación precedente. En el entorno de ejecución se establecen dos entornos fundamentales relacionados entre sí: el entorno constructivo y el entorno social. En el entorno constructivo se definen las condiciones de complejidad constructiva en base a las unidades de obra, su ubicación e interdependencia con otras unidades de obra. Esto influye en los rendimientos de los trabajadores para la realización de dichas unidades de obra, y, en consecuencia, en el desarrollo presupuestario de la obra. En el entorno social se definen el interés, la participación y el estado de ánimo de los trabajadores como elementos fundamentales asociados a la realización de las unidades de obra y los diferentes sistemas constructivos.

El entorno documental se corresponde con las dos primeras etapas del proceso edificatorio. Abarcando desde el interés por la inversión inicial del promotor para el desarrollo de un edificio y las posibilidades técnico-económicas junto con las definiciones técnico-legales del mismo. Los documentos preceptivos y preventivos que definen el entorno documental son el Proyecto Básico, el Proyecto de Ejecución y el

Estudio de Seguridad y Salud Laboral (o el Estudio Básico de Seguridad y Salud Laboral). En la primera etapa el riesgo inicial queda definido por los conceptos básicos del riesgo (probabilidad y consecuencias) y, en la segunda etapa, el riesgo de proyecto se define con los conceptos básicos del riesgo junto con las condiciones físicas y geométricas del edificio.

El entorno de la ejecución de la obra (definido por el entorno constructivo y el entorno social) se corresponde con la tercera y la cuarta fase del proceso edificatorio.

En la acción preventiva del entorno constructivo se establecen las características propias del desarrollo en las diferentes etapas de obra de una edificación; aplicando sistemas teóricos, geométricos, legales y constructivos establecidos por la documentación precedente. Definiendo las condiciones de complejidad constructiva en base a las unidades de obra, su ubicación e interdependencia con otras unidades de obra, lo que influye en los rendimientos de los trabajadores y en el desarrollo presupuestario de la obra. Los documentos preceptivos y preventivos que definen el entorno constructivo son el Contrato de obra entre el promotor y el Contratista, el Proyecto de ejecución, el Plan de Seguridad y Salud Laboral realizado por la empresa constructora y el Acta de Aprobación del Plan de Seguridad y Salud Laboral. En la tercera etapa del proceso edificatorio el riesgo de contratación queda definido por los parámetros básicos del riesgo, los parámetros geométricos del edificio y los parámetros de los medios constructivos que aporta la empresa constructora para la realización de la obra.

En el entorno social se definen el interés participativo y emocional de los diferentes agentes y operarios de la obra, y el estado de ánimo de los trabajadores como elementos fundamentales asociados a la realización de las unidades de obra y los diferentes sistemas constructivos. En la cuarta etapa del proceso edificatorio, el riesgo de obra queda definido por los parámetros básicos del riesgo, los parámetros geométricos, los parámetros de los medios y los parámetros de colaboración y satisfacción personal de los operarios.

Respecto a la etapa de entrega del edificio a los nuevos usuarios, en el entorno del ciclo de vida, y al que corresponde la quinta etapa del proceso edificatorio, queda definido por el riesgo del ciclo de vida el cual abarca parámetros diferentes a los referidos en los riesgos antedichos. Este período reúne, en una primera sub-etapa, las garantías y responsabilidades de los agentes participantes de la elaboración, desarrollo, ejecución y entrega del edificio dentro del período legalmente establecido. La siguiente sub-etapa comienza con el uso y mantenimiento de los usuarios del inmueble a partir de la formación de la Comunidad de Vecinos la cual se gestionará junto con una Administración de Fincas (BOE, nº:153, 2013). Esta sub-etapa conlleva el correcto uso y el adecuado mantenimiento del edificio, con el objeto de mantener a lo largo del tiempo las características funcionales y estéticas inherentes al edificio proyectado y construido,

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

siguiendo las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio terminado (BOE, nº: 74, 2006). Del buen uso dispensado y del cumplimiento de los requisitos de mantenimiento a realizar, dependerá en gran medida el inevitable ritmo de envejecimiento del edificio. Los parámetros del riesgo del ciclo de vida se definen por los conceptos de uso y mantenimiento, y que abarcan riesgos documentales, riesgos de uso, riesgos de mantenimiento, riesgos de relaciones vecinales, riesgos económicos y riesgos legales. Dichos parámetros no son inherentes al proceso de primera construcción, por lo que se debe referir a un estudio más detallado fuera del ámbito de la ejecución de obra.

Los entornos abarcan todas las etapas del proceso edificatorio e identifican los diferentes riesgos asociados a cada fase del trascurso de obra. A su vez, cada fase de riesgo queda definida por los parámetros característicos de prevención. Esquemático como sigue (figura 4.1):

Figura 4. 1 - Esquemático del entorno y su correspondiente desglose.

El siguiente listado esquematiza las correspondencias entre los parámetros preventivos a sus fases de riesgo asociadas a cada etapa constructiva de los entornos de una obra:

- Entorno documental:
 - Primera Etapa: Concepción y Estudio de mercado. Anteproyecto.
 - Fase de Riesgo inicial.
 - Parámetros básicos del riesgo.
 - Segunda Etapa: Proyecto Básico y de Ejecución del edificio.
 - Fase de Riesgo de proyecto.
 - Parámetros básicos del riesgo.
 - Parámetros físicos y geométricos del edificio.

- Entorno constructivo:
 - Tercera Etapa: Análisis de obra y contrato promotor-contratista.
 - Fase de Riesgo de contratación.
 - Parámetros básicos del riesgo.
 - Parámetros físicos y geométricos del edificio.
 - Parámetros de los medios constructivos y humanos.
- Entorno social:
 - Cuarta Etapa: Ejecución de obra.
 - Fase de Riesgo de obra.
 - Parámetros básicos del riesgo.
 - Parámetros físicos y geométricos del edificio.
 - Parámetros de los medios constructivos y humanos.
 - Parámetros del nivel de satisfacción y participación.
- Entorno del ciclo de vida:
 - Quinta Etapa: Entrega del edificio a los usuarios. Libro del Edificio.
 - Fase de Riesgo del ciclo de vida.
 - Parámetros de los riesgos documentales, de los riesgos de uso, de los riesgos de mantenimiento, de los riesgos de relaciones vecinales, de los riesgos económicos, y de los riesgos legales.

4.2.3. El método matemático de William T. Fine

El método Fine se elaboró para controlar los riesgos que se generaban y que ocasionaban tomar medidas para reducirlos con altos costes. Fue publicado en el año 1971 (Rubio, 2005). Este método desarrollado por William T. Fine bajo el nombre: “Mathematical Evaluation for Controlling Hazards” (Fine & Kinney, 1971) fue publicado en 1971 por el Naval Ordnance Laboratory, norteamericano. Este método establece una fórmula para relacionar los factores de control y “calcular el riesgo”, dando una evaluación numérica a la importancia de la medida correctiva del peligro. A partir de la puntuación del riesgo se establecen las prioridades de corrección. Otra fórmula adicional establece el coste estimado y la efectividad de la acción correctiva hacia el riesgo, y determina si el coste está justificado. La expresión que define la fórmula del riesgo, relaciona el grado de peligrosidad (que depende del daño esperado en función del

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

tiempo) en base a la relación directa del producto de la probabilidad del suceso (que depende del accidente esperado en función de la situación de riesgo) por las consecuencias (que depende del daño esperado en función del accidente esperado) y la exposición al riesgo (que depende de la situación de riesgo en base al tiempo). El riesgo se calcula teniendo en cuenta las posibles consecuencias de un accidente, el factor de exposición y el factor de probabilidad (Marhavidas & Koulouriotis, 2008; Marhavidas, Koulouriotis, Gemeni, 2011). Y que se expresa matemática y literalmente, respectivamente, en la siguiente expresión (Rubio, 2005):

$$R = C \cdot E \cdot P \quad [6]$$

$$\frac{\text{Daño esperado}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{Daño esperado}}{\text{Accidente esperado}} \cdot \frac{\text{Situación de riesgo}}{\text{Tiempo}} \cdot \frac{\text{Accidente esperado}}{\text{Situación de riesgo}} \quad [7]$$

En la tabla 4.1 se han sintetizado los valores que cuantifican las variables de los tres factores anteriores. La consecuencia es el daño producido por el riesgo, considerando desgracias personales y daños materiales. La exposición es la frecuencia que tiene el riesgo; y cuanto mayor sea la exposición al riesgo, mayor será el riesgo asociado a dicha situación. La probabilidad se refiere a que sucedan los acontecimientos de la secuencia completa del accidente, en el tiempo.

Probabilidad		Consecuencias		Exposición	
Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor
Muy probable	10	Catastrófica	100	Continua	10
Bastante posible	6	Desastrosa	50	Frecuente	6
Inusual	3	Muy seria	25	Ocasional	3
Poco posible	1	Seria	15	Poco usual	2
Remota	0,5	Importante	5	Rara	1
Imposible	0,1	Leve	1	Muy rara	0,5

Tabla 4. 1 - Grado de severidad de las consecuencias. Método William T. Fine.

El grado de peligrosidad, o la magnitud del riesgo, queda definido en la tabla 4.2, en la cual se expresan el rango de los valores que más comúnmente se utilizan para este método y el criterio de actuación frente a la magnitud del peligro:

Magnitud del riesgo	Grado de peligrosidad	Actuación frente al riesgo
Mayor de 400	Riesgo muy alto	Detención inmediata de la actividad peligrosa
Entre 200 y 400	Riesgo alto	Corrección inmediata
Entre 70 y 200	Riesgo notable	Corrección necesaria urgente
Entre 20 y 70	Riesgo posible	No es emergencia, pero debe ser corregido el riesgo
Menos de 20	Riesgo aceptable	Puede omitirse la corrección

Tabla 4. 2 – Acción frente al riesgo por grado de peligrosidad. Método William T. Fine.

A continuación se establece si el coste de la acción correctiva para disminuir el peligro está justificado y es efectivo. Para lo cual se añaden dos parámetros que son

inversamente proporcionales al grado del riesgo y que reflejan el coste estimado para corregir el peligro y el grado de corrección de la acción preventiva, a partir de la siguiente expresión literal [8] y matemática [9]:

$$\text{Justificación} = \frac{\text{Grado de peligrosidad}}{\text{Cantidad de prevención}} \quad [8]$$

$$\text{Justificación} = \frac{\text{Probabilidad} \cdot \text{Consecuencias} \cdot \text{Exposición}}{\text{Factor de Coste} \cdot \text{Grado de Corrección}}$$

$$\text{Medición de la justificación, } J = \left(\frac{P \cdot C \cdot E}{F_c \cdot G_c} \right) \quad [9]$$

Los valores obtenidos se interpretan según la tabla 4.5 justificando la acción propuesta en base al resultado obtenido. Para ello se establece el factor de coste o inversión necesaria para minimizar el peligro y se determina el grado de corrección del peligro que implica la acción correctiva. Si el resultado es mayor al valor crítico de 10 la acción correctiva se considera justificada para disminuir el peligro; si el valor resultante es menor que 10, la acción correctiva no está justificada ni es efectiva.

Factor de coste		Grado de corrección		Justificación	
Definición \$	Valor	Peligro	Valor	Resultado	Acción
> 50.000,00	10	Eliminado al 100%	10	> 10	Justificada
25.000,00 – 50.000,00	6	Reducido al 75 %	6		
10.000,00 – 25.000,00	4	Reducido 50%-75%	3	< 10	No Justificada
1.000,00 – 10.000,00	3	Reducido 25%-50%	2		
100,00 – 1.000,00	2	En menos del 25%	1		
25,00 – 100,00	1				
< 25.00 \$	0.5				

Tabla 4. 3 - Interpretación del factor de justificación. Método de William T. FINE.

No obstante, en la utilización del método, los autores establecen como consejo y garantía de utilización que tanto los valores dados a cada parámetro como el valor crítico de justificación de la acción están basados en la experiencia, en la toma de decisiones y en la situación económica, en el momento de su desarrollo. Y que no obstante, a su vez, el método permite ampliar las posibilidades de los valores y el valor crítico dependiendo de la tipología de los accidentes a estudiar, situación económica y a la apreciación de los sistemas de prevención.

El método Fine se elaboró para controlar los riesgos que se generaban y que ocasionaban tomar medidas para reducirlos con altos costes. Este método parte de una cuantificación de situaciones o sucesos subjetivos en base al tipo de daño causado y la valoración económica de su corrección. Permite la extrapolación de los valores en base a la cuantificación del suceso, en más o en menos. Y desarrolla un planteamiento bastante adecuado en base al riesgo, la probabilidad de que suceda y al daño que pueda

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

dar, incorporando una estimación del coste previsible o coste acaecido de reparación del riesgo o accidente. Con lo que se requiere que suceda un accidente o situación de riesgo para poder valorar su reparación y relacionarla con los diferentes parámetros.

Es un método que se adapta bien al proceso constructivo de una obra de edificación. Aunque no valoriza las circunstancias que han acaecido ni la suma de sucesos que han favorecido la aparición del riesgo. Quedan valorados los riesgos por la seguridad en el trabajo y la de higiene industrial, que son los que se identifican más rápidamente; Quedando fuera la estimación de riesgos ergonómicos y, totalmente fuera, los riesgos psicosociales. Ya que el aporte económico para la corrección del suceso es de difícil integración para los riesgos ergonómicos y psicosociales. La naturaleza de la obra de edificación implica dependencia de obra a nivel horizontal (unidades de obra que coinciden en el mismo momento) y a nivel vertical (unidades de obra que dependen de la ejecución anterior), por lo que estimar sus probabilidades con un valor concreto (según las tablas de cuantificación) hace que este método se deba utilizar por personal especializado en ingeniería de edificación y en materia de prevención. Es un método que permite su modificación a las circunstancias de evaluación del puesto de trabajo, por lo que se consideró adecuado para su análisis y puesta en práctica en obras de edificación.

4.2.4. Identificación de los parámetros preventivos

A partir del análisis de los entornos de obra, han quedado asociadas las fases de riesgos en las diferentes etapas constructivas del proceso de obra. A dichas fases de riesgo les son inherentes diversos parámetros de prevención. Los parámetros correspondientes al proceso de ejecución de una construcción son:

- Parámetros básicos del riesgo.
- Parámetros físicos y geométricos del edificio.
- Parámetros de los medios constructivos.
- Parámetros del nivel de satisfacción y participación.

4.2.4.1. Parámetros básicos del riesgo

Los parámetros básicos del riesgo se corresponden con la estimación de la tolerancia del riesgo en cuanto a la probabilidad de que se produzca un daño y las consecuencias esperadas del daño que pueden llegar a producir (Gómez-Cano, 1996), relacionados entre sí por proporción directa [2]:

$$R = P \cdot C \quad [2]$$

Este análisis de riesgo se realiza al inicio de la ejecución de la obra con el Plan de Seguridad y Salud Laboral redactado por la empresa constructora. Es el entorno documental con carácter absoluto y sirve de base comparativa para el resto de parámetros. A continuación se parte de la expresión característica del riesgo y se considera como riesgo absoluto [28], por lo que la probabilidad y las consecuencias son también absolutas [29], finalmente, el riesgo absoluto se corresponde como entorno absoluto [30]:

$$R = P \cdot C = R_{absoluto} \quad [28]$$

$$Riesgo_{absoluto} = Probabilidad_{absoluta} \cdot Consecuencias_{absoluta} \quad [29]$$

$$R_{absoluto} = E_{absoluto} \quad [30]$$

4.2.4.2. Parámetros documentales del riesgo

Los parámetros documentales del riesgo, para la evaluación de riesgos de una obra de construcción, se corresponden con las definiciones técnicas, legales, constructivas, económicas y temporales para el desarrollo del edificio; con lo que se determinan la geometría exacta del edificio, los sistemas constructivos, planificación de obra, unidades de obra, presupuesto de obra, disposición de los materiales, las instalaciones, condicionantes legales e información gráfica (Larsson & Field, 2002). Los parámetros contemplados en esta etapa están referidos a la complejidad propia de las unidades de obra en cuanto a la definición geométrica de la misma; y a las necesarias interdependencias entre las diferentes unidades de obra en cuanto a la definición física de la misma.

El riesgo geométrico es un parámetro preventivo que interpreta la complejidad de la seguridad constructiva propia de la unidad de obra y que incrementa el valor del riesgo. Los valores de cuantificación dependen del grado de complejidad de la fase constructiva de la unidad de obra y de su incidencia en el entorno a las técnicas de lucha contra el riesgo. Es un riesgo relativo (R_r) que depende de factores como son el grafismo, el replanteo, el número de trabajadores, su cualificación, de la altura de los medios auxiliares, maquinaria necesaria, del peso del material que se trabaja y la manejabilidad del mismo.

El riesgo físico es un parámetro preventivo que interpreta la interdependencia de la unidad de obra respecto a la seguridad de la ubicación en la obra y que incrementa el valor del riesgo. Los valores de cuantificación dependen de la ubicación de la unidad de obra y de su incidencia en el entorno respecto a cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología). Es

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

un riesgo que depende, a la vez, de la altura y la distancia (frontera) respecto del punto crítico (R_f) ya que depende de la posición respecto al suelo y de la posición del operario respecto al borde.

Este análisis de riesgo se realiza durante la inspección de obra para la evaluación de riesgos y depende de la definición física y material, de la geométrica del edificio y de la posición de la unidad de obra. Es un entorno gráfico y documental, y se caracteriza por su determinación en el grado de peligrosidad del riesgo. A continuación se parte de la relación directa del riesgo absoluto y riesgo gráfico [31], como factor de exposición, por lo que el riesgo adquiere una dimensión documental dependiendo del riesgo geométrico o relativo y del riesgo de posición o frontera [32]; La relación de proporcionalidad de los parámetros es directa [33] y, finalmente, el entorno absoluto y el entorno gráfico definen el entorno documental [34]:

$$R = P \cdot C \cdot (E) = Riesgo_{absoluto} \cdot (Riesgo_{gráfico}) \quad [31]$$

$$Riesgo_{gráfico} = Riesgo_{relativo} \cdot Riesgo_{frontera} \quad [32]$$

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot (R_r \cdot R_f) \quad [33]$$

$$E_{documental} = E_{absoluto} \cdot (E_{gráfico}) \quad [34]$$

El entorno documental abarca la primera y segunda fase del proceso edificatorio. Las fases de riesgo contemplan los parámetros básicos del riesgo y los parámetros físicos y geométricos del edificio.

4.2.4.3. Parámetros constructivos del riesgo

Los parámetros constructivos del riesgo, para la evaluación de riesgos de una obra de construcción, se corresponden con el documento contractual entre la propiedad y la empresa constructora de acuerdo a las condiciones establecidas en el proyecto de ejecución, el estudio de seguridad y resto de documentación técnica. Se contemplan en esta etapa el aporte de la empresa constructora de los medios tanto humanos como de material y sistemas auxiliares de trabajo. Basado en la estimación del grado de exposición del trabajador al riesgo y a los medios económicos y prácticos en la prevención del riesgo (Fine & Kinney, 1971).

El riesgo por el grado de exposición evalúa la cantidad de tiempo que emplea un trabajador para completar la unidad de obra y que por ello se expone a situarse con riesgo varias veces durante el desarrollo de la unidad de obra. Los valores de cuantificación dependen de si en el tiempo empleado para ejecutar la unidad de obra se han repetido situaciones de peligro; implicando la capacidad manual del trabajador

frente a los intereses empresariales (Abdurrahman, 2009). Los trabajadores, de manera consciente o inconsciente, repiten los roles de trabajo. Esto implica que las situaciones de peligro pueden estar controladas o pueden ser obviadas por la experiencia del trabajador. Es un riesgo por exposición con carácter constructivo cuya relación de proporcionalidad es directa.

El riesgo por los medios de construcción está basado en el procedimiento de William Fine respecto a la justificación de la acción correctora en cuanto al factor de coste y al grado de corrección. Se evalúa el grado de exposición y la cantidad de medios económicos en los sistemas constructivos de prevención. El grado de exposición del trabajador al peligro incrementa el valor del riesgo, y la capacidad económica del contratista en los medios materiales, maquinaria y de mano de obra, en los sistemas preventivos, es un parámetro que corrige a los parámetros de riesgo documental y al grado de exposición, por lo que su relación de proporcionalidad es inversa. A continuación se parte de la relación directa del riesgo absoluto, y el riesgo gráfico y de obra [35], como factores de exposición, por lo que el riesgo adquiere una dimensión constructiva dependiendo del riesgo geométrico o relativo, del riesgo de posición o frontera, del riesgo por exposición y del riesgo por los medios de obra [36]; La relación de proporcionalidad de los parámetros es directa en el riesgo de exposición e inversa en los medios [37] y, finalmente, el entorno absoluto, el entorno gráfico y el entorno de obra definen el entorno constructivo [38]:

$$R = P \cdot C \cdot (E) = Riesgo_{absoluto} \cdot (Riesgo_{gráfico} \cdot Riesgo_{de obra}) \quad [35]$$

$$Riesgo_{de obra} = Riesgo_{exposición} \cdot Riesgo_{medios} \quad [36]$$

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot R_e \cdot \frac{1}{R_m} \right) \quad [37]$$

$$E_{constructivo} = E_{absoluto} \cdot (E_{gráfico} \cdot E_{de obra}) \quad [38]$$

El entorno constructivo abarca la tercera fase del proceso edificatorio. Las fases de riesgo contemplan los parámetros básicos del riesgo con los parámetros físicos y geométricos del edificio; y los parámetros de exposición, medios constructivos y humanos.

4.2.4.4. Parámetros sociales del riesgo

Es un parámetro social que evalúa el interés, la participación y el estado de ánimo de los trabajadores como elementos fundamentales asociados a la realización de las unidades de obra y los diferentes sistemas constructivos. Estima la importancia del

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

trabajo (Nogareda, 1988) y valora las variables del puesto de trabajo para mejorar la seguridad personal y del entorno (Chavarría, 2013).

El riesgo de participación evalúa la acción conjunta de los trabajadores frente a la prevención del riesgo, siendo de enorme importancia debido a las acciones cambiantes de la obra. Los valores de cuantificación dependen de la observación del interés y la participación en materia de prevención; si son suficientes o se requiere mayor implicación de los trabajadores en los medios preventivos. A través de una encuesta se obtiene, a priori, la percepción de la seguridad y salud que tiene el trabajador a nivel individual, en el equipo y social. El interés participativo es un parámetro relativo que analiza el comportamiento y la actitud individual y de grupo corrigiendo a los parámetros documentales y constructivos, por lo que su relación de proporcionalidad es inversa.

El riesgo por el nivel de satisfacción evalúa la interacción directa del personal de trabajo para conseguir las respuestas a través de una encuesta en la que se obtiene la percepción del nivel de satisfacción del trabajador (Chavarría, 2013). Dicha observación considera aspectos generales del comportamiento y la actitud humana que influyen, o pueden influir, de manera determinante en la generación de riesgos. Con dicha observación se pueden establecer las pautas inmediatas de actuación a pie de obra de los parámetros de influencia social. A la vez que establecer un valor, inicial, característico sobre las condiciones psicosociales observadas en el momento de la evaluación a pie de obra. El nivel de satisfacción es un parámetro que corrige los parámetros documentales y constructivos, por lo que su relación de proporcionalidad es inversa. A continuación se parte de la relación directa del riesgo absoluto, y el riesgo gráfico, de obra y percepción [39], como factores de exposición; por lo que el riesgo adquiere una dimensión social dependiendo del riesgo geométrico o relativo, del riesgo de posición o frontera, del riesgo por exposición, del riesgo por los medios de obra, de la participación en prevención y de la percepción de la situación de riesgo [40]; La relación de proporcionalidad de los parámetros es inversa en el riesgo de participación y riesgo de satisfacción [41] y, finalmente, el entorno absoluto, el entorno gráfico, el entorno de obra y el entorno de percepción definen el entorno social [42]:

$$P \cdot C \cdot (E) = Riesgo_{absoluto} \cdot (Riesgo_{gráfico} \cdot Riesgo_{de obra} \cdot Riesgo_{percepción}) \quad [39]$$

$$Riesgo_{percepción} = Riesgo_{participación} \cdot Riesgo_{satisfacción} \quad [40]$$

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot R_e \cdot \frac{1}{R_m} \cdot \frac{1}{R_p} \cdot \frac{1}{R_s} \right) \quad [41]$$

$$E_{social} = E_{absoluto} \cdot (E_{gráfico} \cdot E_{de obra} \cdot E_{percepción}) \quad [42]$$

El entorno social abarca la cuarta fase del proceso edificatorio. Las fases de riesgo contemplan los parámetros básicos del riesgo, los parámetros físicos y geométricos del edificio, los parámetros de medios constructivos y humanos; y los parámetros de participación y satisfacción personal.

4.2.5. Analogías con el método de William T. Fine

El método de William T. Fine propone dos fórmulas. En la primera se determina el grado de peligrosidad que depende de los parámetros de la probabilidad, las consecuencias y el grado de exposición. En la segunda fórmula propone un criterio de justificación de la acción correctiva a partir de dos parámetros, el factor de coste y el grado de corrección de la acción preventiva [9].

$$\text{Medición de la justificación, } J = \left(\frac{P \cdot C \cdot E}{F_C \cdot G_C} \right) \quad [9]$$

La fórmula que se propone, para el nuevo método de evaluación de riesgos denominado Nivel de la Acción Preventiva, a partir del análisis de los entornos de una obra de construcción, determina el grado de peligrosidad en base a los parámetros de la probabilidad, las consecuencias y el grado de exposición al riesgo. A su vez, se propone un criterio de justificación de la acción preventiva a partir de cinco parámetros: el riesgo relativo y el riesgo frontera en proporción directa; y la capacidad económica (riesgo de los medios), el interés participativo (riesgo de participación) y el nivel de satisfacción (riesgo de satisfacción) en proporción inversa [43], modificando la nomenclatura de los parámetros [44] con un criterio más intuitivo. Por lo que la expresión general de la nueva fórmula del riesgo se describe en la expresión [45]:

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot R_e \cdot \frac{1}{R_m} \cdot \frac{1}{R_p} \cdot \frac{1}{R_s} \right) \quad [43]$$

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot E \cdot \frac{1}{C_e} \cdot \frac{1}{I_r} \cdot \frac{1}{N_s} \right) \quad [44]$$

$$R = P \cdot C \cdot \left(\frac{R_r \cdot R_f \cdot E}{C_e \cdot I_r \cdot N_s} \right) \quad [45]$$

El riesgo relativo, el riesgo frontera y el factor de coste hacen referencia al factor de coste del método de W.T. Fine. Y como el grado de corrección que propone William Fine no es adecuado dada su gran subjetividad e inexactitud para su aplicación en obras de construcción, se incorporan parámetros de índole psicosocial que, *a priori*, y en buena medida, corrigen los parámetros documentales y constructivos.

4.2.6. Parámetros del nuevo método de evaluación de riesgos

Se ha desarrollado y adaptado la fórmula matemática del método de W.T. Fine, a obras de construcción abarcando la evaluación de cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo: Seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología. Todo ello encaminado a analizar qué cantidad de nivel de prevención se está desviando del planteamiento inicial determinando la cantidad de nivel de prevención que se necesita incorporar al desarrollo de la obra para mejorar las condiciones de diseño, condiciones constructivas y de relaciones sociales. Los parámetros de riesgo que se definen en cada entorno de obra, respecto a la expresión general (ecuación 4.10), son los siguientes:

$$E_{social} = E_{absoluto} \cdot (E_{gráfico} \cdot E_{de obra} \cdot E_{percepción}) \quad [42]$$

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot E \cdot \frac{1}{C_e} \cdot \frac{1}{I_r} \cdot \frac{1}{N_s} \right) \quad [44]$$

Entorno absoluto (E_{ab}), (documental, parámetros básicos del riesgo):

- Probabilidad (**P**): estimación de la tolerancia del riesgo en cuanto a la probabilidad de que se produzca un daño.
- Consecuencias (**C**): estimación de la tolerancia del riesgo en cuanto a las consecuencias esperadas del daño que se puede llegar a producir.
- Riesgo Absoluto (R_{ab}): estimación que se realiza al inicio de la ejecución de la obra con el Plan de Seguridad y Salud Laboral redactado por la empresa constructora. Es el entorno documental con carácter absoluto y sirve de base comparativa para el resto de parámetros.

Entorno gráfico-documental (E_d), (parámetros físicos y geométricos del riesgo):

- Riesgo Relativo (R_r): parámetro preventivo que interpreta la complejidad de la seguridad constructiva propia de la unidad de obra y que incrementa el valor del riesgo absoluto.
- Riesgo Frontera (R_f): parámetro preventivo que interpreta la ubicación de la unidad de obra y de su incidencia en el entorno, y que incrementa el valor del riesgo absoluto.

Entorno de obra-constructivo (E_c), (parámetros de los medios constructivos y humanos):

- Grado de Exposición (**E**): parámetro que evalúa la cantidad de tiempo que se emplea para completar la unidad de obra y que por ello se expone al riesgo varias veces durante el desarrollo de la unidad de obra, y que incrementa el valor del riesgo absoluto.

- Capacidad Económica (C_e): parámetro que evalúa la cantidad de medios económicos en los sistemas constructivos de prevención; y decrementa el valor del riesgo absoluto.

Entorno percepción-social (E_s), (parámetros del nivel de satisfacción y participación):

- Importancia Relativa (I_r): parámetro que evalúa el interés participativo de los diferentes agentes intervinientes en una obra obteniendo la percepción sobre la seguridad y salud; y decrementa el valor del riesgo absoluto.
- Nivel de Satisfacción (N_s): Parámetro que considera aspectos generales del comportamiento, estado de ánimo y la actitud humana que influyen, o pueden influir, de manera determinante en la generación de riesgos; y decrementa el valor del riesgo absoluto.

El riesgo, en una obra de construcción, es un parámetro que depende de la probabilidad de que se produzca un daño; de las consecuencias esperadas que se pueden llegar a producir; y de un factor de corrección asociado a los entornos documentales, constructivos y sociales. Dicho factor evalúa la cantidad de nivel preventivo (en Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología) en el entorno de una obra de construcción, cuya expresión fundamental es [46-47]:

$$Riesgo = Probabilidad \cdot Consecuencias \cdot Entornos_{d,c,s} \quad [46]$$

$$R = P \cdot C \cdot E \quad [47]$$

La probabilidad y las consecuencias son parámetros que definen el riesgo de una situación. Quedan determinados en la evaluación de riesgos del Plan de Seguridad y Salud Laboral elaborado por el Contratista. Son valores que sirven de base para establecer los sistemas de prevención durante la ejecución de una edificación. Su valor servirá de base comparativa para el resto de parámetros, por lo que adquiere un valor conceptual de riesgo absoluto [48]:

$$P \cdot C = R_{ab} \quad [48]$$

El entorno, en una obra de construcción, es un contexto de corrección que evalúa la acción preventiva del entorno documental (parámetros físicos y geométricos del edificio), del entorno constructivo (parámetros de exposición, medios constructivos y medios humanos) y del entorno social (parámetros de participación y satisfacción personal) [49]. La valoración del entorno define la evaluación de la acción preventiva; como literal [50] y expresión matemática [51]:

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

$$E = E_{documental} \cdot E_{constructivo} \cdot E_{social} \quad [49]$$

$$Entorno = Evaluación_{Acción Preventiva} \quad [50]$$

$$E = E_{acp} \quad [51]$$

El riesgo, por tanto, a partir de la expresión fundamental [47], queda definido por la relación directa entre el riesgo absoluto y la evaluación de la acción preventiva [52]; y establece la cantidad de nivel de prevención que se desvía del planteamiento inicial, en el Plan de seguridad y salud laboral, determinando la cantidad de nivel de prevención que se necesita incorporar al desarrollo de la obra para mejorar las condiciones de diseño, condiciones constructivas y de relaciones sociales. Dicha medida se define como el nivel de la acción preventiva y se expresa literalmente [53] y matemáticamente [54]:

$$R = P \cdot C \cdot E \quad [47]$$

$$R = (Riesgo_{Absoluto}) \cdot (Evaluación_{Acción Preventiva}) \quad [52]$$

$$Nivel_{Acción Preventiva} = (Riesgo_{Absoluto}) \cdot (Evaluación_{Acción Preventiva}) \quad [53]$$

$$N_{acp} = R_{ab} \cdot E_{acp} \quad [54]$$

La relación de parámetros que definen el Nivel de la Acción Preventiva en base al riesgo absoluto y la evaluación de la acción preventiva son [44]:

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot E \cdot \frac{1}{C_e} \cdot \frac{1}{I_r} \cdot \frac{1}{N_s} \right) \quad [44]$$

Para establecer la cantidad de nivel de acción preventiva que se requiere en los sistemas de prevención y respecto a la evaluación dada en el plan de seguridad y salud, se relaciona el valor obtenido por la evaluación de la acción preventiva respecto al valor cuantificado de la evaluación del plan de seguridad [55]:

$$\%N_{acp} = \frac{E_{acp}}{R_{ab}} \quad [55]$$

Con ello se obtiene un valor porcentual de acción preventiva proporcional al valor cuantificado del plan de seguridad.

4.3. PROTOCOLO DEL NIVEL DE LA ACCIÓN PREVENTIVA

Hay metodologías de evaluación de riesgos que han ampliado los parámetros de observación en la búsqueda de su idoneidad de aplicación para obras de edificación. Así, Forteza (Forteza, Sesé & Carretero, 2015) en su metodología de Herramienta global para la evaluación de obras de construcción recaba información sobre la estructura de la obra, su medio, el entorno, el desarrollo físico, los agentes y la tipología de obra; para identificar y valorar los riesgos, las barreras y los medios. También, Pinto basa su metodología QRAM (Pinto, 2014) en el Árbol de sucesos sobre los que se analizan determinados riesgos característicos de las obras de construcción a partir de cuatro dimensiones de observación: Clima de seguridad, Factores de severidad (consecuencias), Factores de posibilidad (probabilidad) y Barreras de seguridad (medios de seguridad). Añadida a su fórmula está el parámetro difuso basado en la teoría de conjuntos difusos (Zadeh, 1996). Reyes unifica criterios en la jerarquía de la toma de decisiones y evalúa las consecuencias de las variaciones que se pueden plantear sobre el ciclo de vida de la edificación; desde la fase de diseño hasta la reintegración (Reyes, San José, Cuadrado & Sancibrián, 2014). El estudio sobre el riesgo que plantea Sousa en el que analiza los accidentes en obras en la industria de la construcción, y determina que una correcta definición del proyecto con unas medidas adecuadas en la planificación y organización de la obra, puede minimizar en más del 60% de los accidentes, haciendo hincapié en la necesidad de gestionar la seguridad y salud durante el ciclo de vida de la edificación: diseño, ejecución y uso (Sousa, Almeida & Dias, 2014). Finalmente, Salanova establece la importancia del estudio de los factores psicosociales y ergonómicos, ya que, generalmente, las evaluaciones de riesgo en la construcción consideran los aspectos físicos, técnicos y de dirección, siendo el exceso de confianza y las posturas forzadas las principales causas de los accidentes en la construcción (Salanova, Gracia & Lorente, 2007).

La siniestralidad laboral en la industria de la construcción, demanda el análisis de los riesgos desde un punto de vista de entorno integral (Úbeda de Mingo, 2002; Gomes, 2010; Claudino, 2012). Las metodologías de evaluación, tanto las diseñadas para el sector de la industria como las diseñadas, últimamente, para el sector de la construcción, establecen criterios de observación y análisis según las características de los puestos de trabajo y los enfoques particulares de las propias metodologías (Holmes, Lingard & De Munk, 1999; Larsson & Field, 2002; Pillay & Wang, 2003; Attwood, Khan & Veitch, 2006; Barandan & Usmen, 2006; Camino, Ritzel, Fontaneda & González, 2008; Liao & Perng, 2008; Aneziris et al, 2008; Niza, Silvia & Lima, 2008; Emre & Müngen, 2009; Aneziris, Papazoglou, Kallianiotis, 2010; Conte, Rubio, García & Cano, 2011), buscando la identificación de los peligros, la evaluación y cuantificación del riesgo, y su clasificación. Todas y cada una de las metodologías aplican los parámetros y los sistemas de protocolización que mejor se adaptan para el objetivo buscado, abarcando, en mayor o menor medida, las técnicas de lucha contra el riesgo: la seguridad en el

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología. Los estudios en la prevención de los riesgos son muy diversos y, actualmente, abarcan enfoques más amplios. No sólo desde los conceptos básicos de los parámetros de la probabilidad y las consecuencias; y la frecuencia y grado de exposición al riesgo. Sino que se extiende el análisis preventivo a parámetros técnicos de diseño durante las fases de desarrollo inicial de una edificación y en la fase de desarrollo productivo. También abarcan el análisis de los procedimientos constructivos en los diferentes tipos de materiales, medios auxiliares, maquinaria, sistemas preventivos de seguridad y en la formación de seguridad de los trabajadores. Llegando hasta las interacciones personales, roles de procedimiento, clima de seguridad y comportamientos seguros. Siendo el objetivo de esta Tesis establecer las bases para definir un modelo que reúna todas las posibilidades de análisis en el ámbito de las obras de construcción.

Por protocolo se entiende, a partir de la definición de la Real Academia Española, en su cuarta acepción; como la secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, médica, etc. A continuación se establecen los criterios de cuantificación del riesgo absoluto y de la evaluación de la acción preventiva.

4.3.1. Cuantificación del riesgo absoluto

El riesgo absoluto depende de los parámetros de probabilidad y consecuencias (Williams, 1993; Faber & Stewart, 2003). Dichos parámetros están determinados cualitativamente, en aplicación del método del INSHT (Gómez-Cano, 1996), para la estimación de la tolerancia del riesgo. Los valores cualitativos para la probabilidad son baja, media y alta; y los valores cualitativos para las consecuencias son ligeramente dañinas, dañinas y extremadamente dañinas (tabla 4.4).

ESTIMACIÓN DEL RIESGO		SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS		
		Ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino
PROBABILIDAD	BAJA	Riesgo trivial	Riesgo tolerable	Riesgo moderado
	MEDIA	Riesgo tolerable	Riesgo moderado	Riesgo importante
	ALTA	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable

Tabla 4. 4 – Valores cualitativos de la estimación del riesgo por el INSHT

En la expresión del nivel de la acción preventiva se desarrolla un producto de varios parámetros. Lo cual implica que cualquiera de los parámetros no deberá tomar valor “0”, ya que se anularía la expresión u ofrecería un valor indeterminado. Para evitar esta circunstancia se ha optado que los valores de cuantificación sigan una linealidad conforme a la siguiente expresión [56]:

$$f(x) = 2x + 1 \quad [56]$$

Análogamente, los valores que toma x tienen relación directa con la evaluación cualitativa dada para la probabilidad y las consecuencias, abarcando el rango de numeración natural, para $x = 0$, $x = 1$ y $x = 2$. Siguiendo la aplicación de estos conceptos se procede a expresar gráficamente los valores que toman los parámetros cualitativos de la estimación del riesgo, para la probabilidad de que ocurra un suceso y para la severidad de las consecuencias si ocurre el suceso.

Para la cuantificación de la evaluación del parámetro de la probabilidad de que ocurra el suceso, se toman los siguientes valores:

- Probabilidad baja, el valor $x = 0$.
- Probabilidad media, el valor $x = 1$.
- Probabilidad alta, el valor $x = 2$.

Los resultados de cuantificación para la evaluación de la probabilidad, siguiendo la expresión de linealidad antedicha, es la que sigue:

- Probabilidad baja y Consecuencia ligeramente dañina $f(0) = 2 \cdot 0 + 1 = 1$.
- Probabilidad media Consecuencia dañina $f(1) = 2 \cdot 1 + 1 = 3$.
- Probabilidad alta Consecuencia extremadamente dañina $f(2) = 2 \cdot 2 + 1 = 5$.

Los resultados gráficos de cuantificación de las consecuencias, siguiendo la expresión de linealidad antedicha es la que sigue, tal y como se muestra en la figura 4.17:

Figura 4. 2 - Cuantificación del parámetro de la probabilidad, (elaboración propia).

Para la cuantificación de la evaluación del parámetro de las consecuencias en el caso de que ocurra el suceso, se toman los siguientes valores:

- Consecuencia ligeramente dañina, el valor $x = 0$.
- Consecuencia dañina, el valor $x = 1$.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- Consecuencia extremadamente dañina, el valor $x = 2$.

Los resultados de cuantificación para la evaluación de las consecuencias, siguiendo la expresión de linealidad antedicha, es la que sigue:

- Consecuencia ligeramente dañina $f(0) = 2 \cdot 0 + 1 = 1$.
- Consecuencia dañina $f(1) = 2 \cdot 1 + 1 = 3$.
- Consecuencia extremadamente dañina $f(2) = 2 \cdot 2 + 1 = 5$.

Los resultados gráficos de cuantificación de las consecuencias, siguiendo la expresión de linealidad antedicha es la que sigue, tal y como se muestra en la figura 4.3:

Figura 4. 3 - Cuantificación del parámetro de las consecuencias, (elaboración propia).

La metodología del INSHT opera en una matriz con los parámetros de probabilidad y consecuencias obteniendo una tabla de resultados cualitativos que definen la tolerancia del riesgo (Gómez-Cano, 1996). Sobre la misma tabla se cuantifican la probabilidad y las consecuencias con los valores obtenidos mediante la expresión lineal $f(x)=2x+1$. Operando con el mismo criterio que establece el INSHT mediante el producto de la probabilidad de que se produzca un accidente por la severidad de las consecuencias (Williams, 1993; Faber & Stewart, 2003), los valores resultantes siguen la expresión del producto de la función de probabilidad por la función de las consecuencias [57] y su resultado minimizado [58]:

$$\begin{aligned} fp(x) \cdot fc(x) &= (2x + 1) \cdot (2x + 1) = \\ &= (2x \cdot 2x) + 2x + 2x + 1 \end{aligned} \quad [57]$$

$$f(p \cdot c)(x) = 4x^2 + 4x + 1 \quad [58]$$

La expresión gráfica resultante, para el intervalo de valores de $x=0$, $x=1$ y $x=2$, que cuantifica el parámetro del riesgo absoluto, es la siguiente (figura 4.4):

Figura 4. 4 - Cuantificación de la probabilidad y las consecuencias, (elaboración propia).

De la misma forma se incorporan los valores de cuantificación obtenidos para cada parámetro (probabilidad y consecuencias) y se opera en la tabla de la tolerancia del riesgo con lo que se obtiene una matriz de resultados que cuantifica su equivalente a la tolerancia del riesgo (tabla 4.5).

ESTIMACIÓN DEL RIESGO			SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS					
			Ligeramente dañino		Dañino		Extremadamente dañino	
			1		3		5	
PROBABILIDAD	BAJA	1	Riesgo trivial	1	Riesgo tolerable	3	Riesgo moderado	5
	MEDIA	3	Riesgo tolerable	3	Riesgo alto moderado	9	Riesgo importante	15
	ALTA	5	Riesgo moderado	5	Riesgo importante	15	Riesgo intolerable	25

Tabla 4. 5 - Estimación del riesgo. Valores cuantitativos, (elaboración propia).

A partir de la expresión polinómica, $f(x) = 4x^2 + 4x + 1$ que define la cuantificación del riesgo absoluto se procede a localizar los valores $f(x) = 1$, $f(x) = 3$, $f(x) = 5$, $f(x) = 9$, $f(x) = 15$ y $f(x) = 25$ en la función. A partir de la expresión general matemática de la función polinómica de segundo grado [59] y la expresión algebraica que resuelve la función para $f(x) = 0$, [60]:

$$f(x) = a^2 + bx + c, \text{ para } a \neq 0 \quad [59]$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{(b^2 + 4ac)}}{2a}, \text{ para } f(x) = 0 \quad [60]$$

Dichos valores calculados, 1, 3, 5, 9, 15 y 25, son los correspondientes al cuantificar, en la matriz de la estimación del riesgo, los parámetros cuantitativos de la probabilidad y las consecuencias dando lugar a la tolerancia del riesgo cuantificada (figura 4.5), sin escalar el eje de abscisas:

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Escalando el eje de abscisas y localizando los valores cuantitativos de la tolerancia del riesgo (1, 3, 5, 9, 15 y 25) se obtiene la gráfica que cuantifica el riesgo absoluto (figura 4.6). Quedan identificados los valores cualitativos de la tolerancia del riesgo. Estos valores y la gráfica sirven de base para el resto de parámetros de la fórmula del nuevo método de evaluación de riesgos del nivel de la acción preventiva.

- Para $f(x) = 0$, $x = -0,5000000000$.
- Para $f(x) = 1$, $x = 0,0000000000$.
- Para $f(x) = 3$, $x = 0,3660254038$.
- Para $f(x) = 5$, $x = 0,6180339887$.
- Para $f(x) = 9$, $x = 1,0000000000$.
- Para $f(x) = 15$, $x = 1,4364916731$.
- Para $f(x) = 25$, $x = 2,0000000000$.

Figura 4. 6 - Cuantificación de la tolerancia del riesgo, (elaboración propia).

Apréciase que la cuantificación correspondiente a la definición cualitativa de la tolerancia del riesgo para “moderado”, abarca dos valores de cuantificación: 5 y 9, debido a la matriz numérica. Se ha considerado que dicha definición siga siendo la misma para el valor 5; y para el valor 9 se considera la definición de “moderado alto”.

Dicho procedimiento de cuantificación del riesgo absoluto se realiza a partir de la evaluación de riesgos preceptiva del Plan de Seguridad y Salud Laboral que elaboran las empresas constructoras, en base al Real Decreto 1627/1997, (BOE, nº: 256, 1997) y sus posteriores modificaciones, en el que se analizan, estudian, desarrollan y complementan las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico de seguridad y salud, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. Y que en base al Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo (BOE, nº:127, 2006), en su artículo primero en el que modifica el artículo 1 del Real Decreto 39/1997 (BOE, nº: 27, 2015), sobre la integración de la actividad preventiva en la empresa, es preceptiva la realización de una evaluación de riesgos para la planificación y organización preventiva. El procedimiento comúnmente tomado para la evaluación de riesgos, por las empresas constructoras, es por el método que establece el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Gómez-Cano, 1996). Sobre dicha evaluación se trasladan los valores calculados del riesgo absoluto. Para el caso de los valores “moderados” queda a criterio del evaluador la consideración de “moderado” o “moderado alto” en base a los condicionantes preventivos de la empresa y de la particularidad de la obra.

4.3.2. Cuantificación de la Evaluación de la Acción Preventiva

El protocolo de actuación se basa en la observación, en el análisis técnico y en la toma de datos respecto a las técnicas de lucha contra el riesgo de seguridad, higiénico y ergonómico; y una encuesta psicosocial a pie de obra. Comprende cinco fases fundamentales que analizan la situación real observada en la toma de datos:

- La primera fase del protocolo define un valor característico inherente a la situación de obra observada, para cada uno de los parámetros.
- La segunda fase evalúa la incidencia en el riesgo del entorno constructivo y del entorno social.
- La tercera fase indica las bases del control de la prevención con el valor obtenido del Nivel de la Acción Preventiva (N_{acp}) en relación al riesgo absoluto (R_{ab}), como desvío de la acción preventiva inicial.
- La cuarta fase indica las actuaciones de recomendación.
- Y en la quinta fase se comprueba la mejora de la acción preventiva durante el proceso de obra.

4.3.2.1. Primera fase: El valor característico

El valor característico está asociado a las características reales que presenta la unidad de obra en ejecución sobre la que se va a proceder a evaluar y sobre cada uno de los parámetros del Nivel de la Acción Preventiva y en base a los criterios de:

- Complejidad de la unidad de obra.
- La posición de la unidad de obra.
- Grado de exposición al riesgo.
- Procedimiento organizativo.
- Interés participativo.
- Congruencia de la percepción del riesgo.

El criterio de observación para la toma de datos, en cada uno de los parámetros, se divide en tres conceptos respecto al grado de riesgo observado:

- Grado de riesgo bajo.
- Grado de riesgo medio.
- Grado de riesgo alto.

Este criterio es de gran ayuda para interpretar la observación y para determinar el valor característico de manera correcta. A cada concepto de grado de riesgo observado se le asigna un valor dual cualitativo (fácil, difícil; poco, mucho; menos, más; 0, 1; etc.) y fácilmente cuantificable. La escala de valores para el valor característico sigue el mismo criterio que la cuantificación del riesgo absoluto (1, 3, 5, 9, 15 y 25). Cada criterio analizado sobre la unidad de obra evaluada tendrá un grado de riesgo, *a priori*, que se identifica como menos o más; y su correspondiente valor de menor a mayor:

- Grado de riesgo bajo:
 - Menos, 1
 - Más, 3
- Grado de riesgo medio:
 - Menos, 5
 - Más, 9
- Grado de riesgo alto:
 - Menos, 15
 - Más, 25

Se han planteado sub-criterios observables de índole técnica para cada uno de los parámetros del Nivel de la Acción Preventiva. Sobre cada uno de ellos se evalúa el grado de riesgo, *a priori*, y se le asigna el valor característico que más se identifique con la realidad o las necesidades de la unidad de obra analizada.

El factor de la evaluación de riesgos contiene parámetros que incrementan o decrementan el valor característico. A su vez, el criterio de valoración es ascendente de menor a mayor tanto en los parámetros del entorno documental, como del entorno constructivo y del entorno social. Por lo que los parámetros con proporcionalidad directa incrementarán su resultado para valores característicos altos, debido a la mayor complejidad, mayor riesgo frontera y mayor grado de exposición. Y los parámetros con proporcionalidad inversa, para valores característicos altos, harán corregir la situación con mayor procedimiento organizativo, mayor interés participativo y mayor nivel de satisfacción.

En la primera fase de la metodología se procede a cuantificar la realidad observable mediante el valor característico. La banda de valores son 1, 3, 5, 9, 15 y 25 (figura 4.7). A cada parámetro de la fórmula de la evaluación de la acción preventiva se le asigna su valor característico.

Figura 4. 7 - Grado de riesgo y criterios para fijar el valor característico, (elaboración propia).

4.3.2.1.1. Valor característico del riesgo relativo

En base a la bibliografía analizada es preciso aportar criterios de análisis de la gestión comenzando con la necesidad de la planificación previa de la obra, maquinaria, medios auxiliares y medios humanos (Mínguez, 1993). Por los que se requiere la incorporación de un parámetro que establezca un criterio de evaluación en base a la complejidad propia de la unidad de obra que se evalúa, independientemente de las condiciones de prevención y condiciones económicas. Una misma unidad de obra puede ofrecer

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

diferentes condiciones en relación a las interdependencias de la organización y los procesos de los sistemas constructivos de ejecución de obra. El Riesgo Relativo (R_r) es el parámetro del término de la evaluación de la acción preventiva, que interpreta la complejidad constructiva propia de la unidad de obra y que incrementa el valor del riesgo absoluto. Los factores constructivos con la escala de valor y su correspondiente valor característico son:

1. Grafismo necesario para la ejecución de la unidad de obra, o la necesidad de aportar la documentación precisa para la transmisión de la información técnica mínima, para su buen entendimiento, en todas las jerarquías de los trabajadores y agentes que participan en la ejecución de la obra:
 - (1) No se requiere grafismo.
 - (3) No son necesarios pero se procede mediante indicaciones verbales.
 - (5) Se precisa un croquis a pie de obra.
 - (9) Se precisa detalle de obra diseñado por la dirección facultativa.
 - (15) Se requiere plano modificado con cálculos específicos.
 - (25) Es imprescindible un equipo gráfico a pie de obra.
2. Replanteo necesario para la ejecución de la unidad de obra, o la necesidad de aportar la información precisa en cuanto a la organización y disposición de los diferentes medios humanos, materiales y de maquinaria:
 - (1) No se requiere replanteo.
 - (3) No es necesario pero se requieren sencillas indicaciones verbales.
 - (5) Se precisa un croquis a pie de obra.
 - (9) Se precisa explicación a pie obra elaborada por la dirección facultativa.
 - (15) Se requiere documento modificado con indicaciones específicas.
 - (25) Es imprescindible un equipo gráfico y de organización a pie de obra.
3. Número de trabajadores que hay o son necesarios para la ejecución de la unidad de obra:
 - (1) Se requiere un trabajador.
 - (3) Se requieren o hay hasta dos trabajadores.
 - (5) Se requieren o hay hasta tres trabajadores.
 - (9) Se requieren o hay hasta cuatro trabajadores.
 - (15) Se requieren o hay hasta cinco trabajadores.
 - (25) Se requieren o hay hasta más de cinco trabajadores.

4. Cualificación de mando necesaria para la ejecución de la unidad de obra:
 - (1) Peón, ayudante.
 - (3) Ayudante, oficial.
 - (5) Encargado de obra.
 - (9) Se precisa jefe de obra.
 - (15) Se requiere dirección facultativa a pie de obra.
 - (25) Es imprescindible maestría y especialidad a pie de obra.
5. Distancia desde la cota de apoyo de los medios auxiliares hasta los pies del trabajador:
 - (1) Superficie de trabajo en el suelo seguro.
 - (3) Plano de trabajo hasta 1,0 metro.
 - (5) Plano de trabajo hasta 3,0 metros.
 - (9) Plano de trabajo hasta 5,0 metros.
 - (15) Plano de trabajo hasta 9,0 metros.
 - (25) Plano de trabajo por encima de los 9,0 metros.
6. Herramienta y maquinaria necesaria o existente para la ejecución de la unidad de obra:
 - (1) No se requiere maquinaria ni herramientas.
 - (3) Se requiere herramientas de mano:
 - Herramientas para la construcción: cortatubos, cortavarillas, cuñas, herramientas para estucos, paredes y techos, curvatubos , llanas y talochas, llaves para tubos, niveles, palas para construcción, picos, paletas, herramienta de terminar extremos ('crimpar'), herramientas para fontanería, herramientas diversas para electricidad, pelacables y cortacables, útiles para pintura, herramientas manuales para carpintería
 - Herramientas universales: alicates, cepillos metálicos, cutters, destornilladores, extractores, herramientas manuales para carpintería, limas y escofinas, llaves ajustables, llaves allen, llaves fijas, llaves de tubo, llaves de vaso, llaves dinamométricas, llaves estrella, maletines y kits de herramientas, martillos y mazas, bandas, rollos y papel de lija, portapuntas y puntas de atornillar, sierras de mano, tenazas, tijeras industriales.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- (5) Se precisa maquinaria de mano:
- Amoladoras, carretillas de obras, rodillos compactadores, pisones compactadores, planchas y bandejas compactadoras, cortadoras de juntas o cortadoras de suelo, cortadoras de materiales de construcción, cortadoras de cerámica, cortadoras ingleteadoras, fratasadoras, autohormigoneras, martillos neumáticos, taladros para construcción, vibradores de hormigón, decapadoras, lijadoras para trabajos de pintura, martillos eléctricos, taladros eléctricos, sierras circulares manuales, rozadoras.
- (9) Se precisan máquinas o vehículos de tipo tamaño medio:
- Bombas y mezcladoras de hormigón, hormigoneras y mezcladoras de obra, grupos electrógenos, torres de iluminación, compresor móvil, motosoldadora, andamiaje motorizado hasta 7,0 m de altura, encofrados, sistemas de entibación, volquetes de obra, minidúmper, carretillas todo terreno, andamios móviles, escaleras de tijera, escalera multi-posicional, escalera telescópica, carretilla elevadora a poca altura (3,0 m), minicamión volquete, montacargas.
- (15) Se requiere vehículo pesado:
- Carretilla elevadora para más de 3,0 m, excavadora de ruedas, camión volquete, miniexcavadora, excavadora de orugas, retro-excavadoras, pala cargadora, mini-perforadora, camión con grúa telescópica.
- (25) Es imprescindible vehículo pesado de alto tonelaje:
- Camión hormigonera, camión de bombeo, camión grúa, bulldozer, moto-trailla, moto-niveladora, compactadoras, camión cisterna, pavimentadora, perforadoras, grúa torre.
7. Peso del material necesario para la ejecución de la unidad de obra:
- (1) Muy ligero.
- (3) Peso entre 1 y 9 Kg.
- (5) Peso entre 9 y 50 Kg.
- (9) Peso entre 50 y 150 Kg.
- (15) Peso entre 150 y 500 Kg.
- (25) Materiales de más de 500 Kg.
8. Manejabilidad para el desplazamiento y colocación del material necesario para la ejecución de la unidad de obra:

- (1) Una persona.
- (3) Se necesitan, o hay dos personas.
- (5) Se necesitan, o hay, de dos a tres personas.
- (9) Se precisa, o hay, el uso de maquinillos, poleas, etc.
- (15) Se requiere el uso de grúas torre, camión, ascensor, etc.
- (25) Sistemas complejos de obra como encofrados telescópicos, pavimentadoras, etc.

Una vez seleccionados los valores característicos de cada factor constructivo analizado se realiza la media aritmética de todos los valores y se redondea hacia el valor característico más cercano.

Sirva como ejemplo de aplicación (tabla 4.48) sobre una unidad de obra de ejecución de una fachada de ladrillo visto en una segunda planta. Se identifican las condiciones particulares o factores constructivos de la unidad de obra estableciendo los grados de riesgo (poco, medio o muy complejo) y su criterio en más o en menos para determinar el valor característico del factor constructivo. Se promedian los valores característicos seleccionados resultando un valor de 8,25. A su vez, se redondea el valor obtenido al valor característico más cercano; por lo que el valor característico para el riesgo relativo de esta unidad de obra analizada es de 9.

Riesgo Relativo - Complejidad de la unidad de obra observada								
Factor Constructivo	Poco complejo		Medio		Muy complejo		Valor Característico	
	1	3	5	9	15	25		
Grafismo	No	verbal	croquis	detalle	plano	equipo	9	Media:
Replanteo	no	operario	encargado	facultativo	equipo	precisión	5	8,25
Trabajadores	1	2	3	4	5	> 5	9	
Cualificación	peón	oficial	encargado	jefe	facultativo	maestría	5	
Plano trabajo	A nivel	1 m	3 m	5 m	9 m	> 9 m	15	Total:
Máquinas	no	He. mano	Ma. mano	Ve. medio	V. pesado	tonelaje	15	9
Peso	ligero	9 kg	50 kg	150 kg	500 kg	> 500 kg	3	
Manejabilidad	1 persona	2 per.	3 per.	máquina	grúa	complejo	5	

Tabla 4. 6 - Ejemplo de valor característico en el riesgo relativo.

4.3.2.1.2. Valor característico del riesgo frontera

Las investigaciones sobre los riesgos más habituales en el sector de la construcción establecen como uno de los principales riesgos el de caídas al mismo o distinto nivel debidas a posturas inadecuadas (Weeks, 2014; Collado, 2008). La investigación sugiere cambiar el significado del riesgo y su control respecto a las caídas de altura (Holmes, Lingard & De Munk, 1999). Siendo de importancia proporcionar un esquema para

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

analizar las limitaciones impuestas en los procesos de construcción y en los métodos de toma de decisión habitualmente adoptados (Reason, 1995). Se requiere la necesidad de establecer criterios que determinen la ubicación del riesgo de caídas (Abbas, Zalat & Ghareeb, 2013). Dichos criterios estarían condicionados por la altura o el riesgo vertical y por la distancia o el riesgo horizontal.

El Riesgo Frontera (R_f) es un parámetro preventivo que interpreta la ubicación de la unidad de obra y de su incidencia por el entorno; y que incrementa el valor del riesgo absoluto. En este parámetro se analizan dos puntos de vista en base a la posibilidad de caída libre:

- Altura o profundidad (en valor absoluto, hasta el terreno a cota cero) del plano de trabajo necesario o existente para la ejecución de la unidad de obra. Identifica la altura real que hay desde el plano de trabajo hasta el terreno. O la distancia vertical que hay desde los pies del trabajador hasta la cota de seguridad del terreno a cota cero. Este concepto es independiente de la cantidad de obra existente, por lo que identifica la situación espacial del trabajador. La altura se mide en verdadera magnitud y la profundidad en valor absoluto.
- Ubicación del operario respecto a la situación de peligro teórica (ya que este concepto es independiente a la cantidad de obra ejecutada). Este concepto depende de la distancia teórica horizontal que hay desde el trabajador o los trabajadores hasta la situación de peligro (generalmente identifica el riesgo de caída en altura). Cabe destacar que en las plataformas de trabajo (forjados) hay zonas seguras como son las zonas centrales de la plataforma e inseguras como son los bordes de forjado hacia los huecos. El valor característico que se determina es el que identifica la zona intermedia entre la zona segura y la zona insegura, que es lo que se denomina la zona frontera.

Cuando los trabajos están situados sobre la rasante, se han identificado seis niveles de frontera en vertical y se han caracterizado seis zonas de frontera en horizontal en sus correspondientes plataformas de trabajo (figura 4.8):

- Para una altura del plano de trabajo de hasta 1,0 m de altura, la zona frontera se establece a 100 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 1.
- Para una altura del plano de trabajo de hasta 3,0 m de altura, la zona frontera se establece a 100 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 3.
- Para una altura del plano de trabajo de hasta 5,0 m, la zona frontera se establece a 125 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 5.

- Para una altura del plano de trabajo de hasta 9,0 m, la zona frontera se establece a 150 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 9.
- Para una altura del plano de trabajo de hasta 15,0 m, la zona frontera se establece a 175 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 15.

Figura 4. 8 - Esquema de cotas de altura y zona frontera sobre rasante, (elaboración propia).

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- Para una altura del plano de trabajo mayor a 15,0 m, la zona frontera se establece a 200 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 25.

Cuando los trabajos están situados bajo la rasante, se han identificado cinco niveles de frontera en vertical y se han caracterizado cinco zonas de frontera en horizontal en sus correspondientes plataformas de trabajo (figura 4.9):

- Para una altura del plano de trabajo de hasta 1,0 m de profundidad, la zona frontera se establece a 100 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 3.
- Para una altura del plano de trabajo de hasta 3,0 m de profundidad, la zona frontera se establece a 125 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 5.
- Para una altura del plano de trabajo de hasta 5,0 m de profundidad, la zona frontera se establece a 150 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 9.

Figura 4. 9 - Esquema de cotas de altura y zonas fronteras bajo rasante, (elaboración propia).

- Para una altura del plano de trabajo de hasta 9,0 m de profundidad, la zona frontera se establece a 175 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 15.
- Para una altura del plano de trabajo mayor a 9,0 m de profundidad, la zona frontera se establece a 200 cm del peligro, y desde este punto son 25 cm hacia la zona segura y 25 cm hacia la zona insegura; y su valor característico es 25.

El valor característico se identifica en la línea o zona de frontera y en cada nivel desde el suelo. Los valores que toma son desde el 1 hasta el 25 (en números enteros). Para ello se ha procedido a un reparto conveniente de valores dependiendo de la peligrosidad en vertical y en horizontal.

No obstante, el comportamiento del riesgo frontera debe considerarse en la misma proporcionalidad polinómica calculada de cuantificación del riesgo absoluto. Por lo que considerando como línea base de posicionamiento la línea de frontera:

- Para un posicionamiento de obra hacia la zona de seguridad se pueden disminuir los valores característicos en dos términos:
 - en la línea de zona segura. El valor dado es fijo.
 - dentro de la zona segura. El valor puede variar a criterio del evaluador.
- Para un posicionamiento de obra hacia la zona de peligro se pueden aumentar los valores característicos en dos términos:
 - en la línea de zona de peligro. El valor dado es fijo.
 - dentro de la zona de peligro. El valor puede variar a criterio del evaluador.

Se ha esquematizado el riesgo frontera mediante una gráfica en la que se identifican los valores característicos variables con la ubicación de las líneas frontera, seguras y de peligro (figura 4.10), y las zonas de trabajo de seguridad y de peligro (figura 4.11):

Figura 4. 10 - Variabilidad del riesgo frontera, (elaboración propia).

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Figura 4. 11 - Ubicación de las líneas de seguridad, frontera y peligro en el trabajo.

Sirva como primer ejemplo para la ejecución de unidades de obra sobre la rasante del terreno la ejecución de una fachada de ladrillo en la primera planta (tabla 4.7). El plano de trabajo está por debajo de los 5,0 m, ya que la altura del cerramiento es de más de metro y medio y se requieren los medios auxiliares de borriquetas. Los operarios están situados dentro de la zona de peligro, ya que el cerramiento está en el borde del forjado. El valor característico es de 6.

Riesgo Frontera - Posición de la Unidad de Obra en Observación															
Lugar	Designación	Sobre la rasante hasta el suelo												Valor	
		< 1 m		< 3 m		< 5 m		< 9 m		< 15 m		> 15 m		Característico	
Zona Segura	Dentro zona segura	S	1	S	2	S	3	S	5	S	9	S	15	Altura	1
Zona Frontera	Línea zona segura	125	1	125	2	150	3	175	6	200	11	225	19	5	
	Línea de frontera	100	1	100	3	125	5	150	9	175	15	200	25	zona	11
	Línea zona peligro	75	3	75	6	100	9	125	15	150	25	175	25	P	
Zona Peligro	Dentro zona peligro	P	3	P	7	P	11	P	18	P	25	P	25	11	

Tabla 4. 7 - Ejemplo de valor característico en el riesgo frontera

Sirva como segundo ejemplo para la ejecución de unidades de obra bajo la rasante del terreno la ejecución de un muro de contención de ladrillo en la primera planta (tabla 4.8). El plano de trabajo está por debajo de los 4,0 m, y los operarios no están utilizando borriquetas. Los operarios están situados dentro de la zona de peligro, ya que el muro está en el borde de la solera. El valor característico es de 11.

Riesgo Frontera - Posición de la Unidad de Obra en Observación													
Lugar	Designación	Bajo la rasante hasta el suelo										Valor Característico	
		> 1 m		> 3 m		> 5 m		> 9 m		< 9 m			
Zona Segura	Dentro zona segura	S	2	S	3	S	5	S	9	S	15	Altura	6
Zona Frontera	Cerca zona frontera	125	2	150	3	175	6	200	11	225	19	5	
	Línea de frontera	100	3	125	5	150	9	175	15	200	25	zona	11
	Cerca zona peligro	75	6	100	9	125	15	150	25	175	25	P	
Zona Peligro	Dentro zona peligro	P	7	P	11	P	18	P	25	P	25	6	

Tabla 4. 8 - Ejemplo de valor característico en el riesgo frontera

4.3.2.1.3. Valor característico del grado de exposición

El grado de exposición del trabajador a determinadas situaciones en el puesto de trabajo condiciona que la probabilidad sea variable al igual que las posibles consecuencias de un accidente (Fine & Kinney, 1971; Larsson & Field, 2002) y acompañado, también, por las discrepancias en los conceptos e interpretaciones acerca de los trabajadores sobre los accidentes laborales cuando se planean programas de prevención o se mejoran los registros de información de accidentes (Niza, Silvia & Lima, 2008), siendo la exposición un elemento determinante en la consecución de accidentes.

El grado de Exposición (**E**) es un parámetro que evalúa la cantidad de tiempo que se emplea para completar la unidad de obra y que por ello el trabajador se expone al riesgo varias veces durante el desarrollo de la unidad de obra. Es un valor que incrementa el valor del riesgo absoluto. Este parámetro analiza, no solo, si, por observación técnica, el tiempo que se está empleando para la ejecución de la unidad de obra es demasiado rápido o demasiado lento, sino si el trabajador se expone a riesgos durante el desarrollo del propio trabajo y si el entorno hasta llegar al tajo de la unidad de obra conlleva riesgos añadidos.

Los factores de exposición al riesgo con la escala de valor y su correspondiente valor característico son, respecto a la observación del grado de exposición en el tajo de obra, en el entorno próximo y en el entorno de aproximación:

- Exposición baja,
 - En la condición de nunca, El operario no se expone a situación de riesgo en el tajo. No hay riesgos que se supongan determinantes en el entorno cercano y en el entorno de aproximación; y el valor característico es 1.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- En la condición de raro, El operario se expone al riesgo de 1 a 2 veces en el tajo, durante la observación. No hay riesgos en la ejecución de la unidad de obra pero sí hay riesgos bajos en los accesos, existen riesgos de baja determinación en la ejecución de la unidad de obra y no hay riesgos (o los riesgos están controlados) en los accesos; y el valor característico es 3.
- Exposición media
 - En la condición de poco usual, el operario se expone al riesgo de 2 a 5 veces en el tajo, durante la observación. Hay riesgos bajos en la ejecución de la unidad de obra y hay riesgos bajos en los accesos; y el valor característico es 5.
 - En la condición de ocasional, el operario se expone al riesgo más de 5 veces en el tajo, durante la observación. Los riesgos durante la ejecución son altos y los riesgos en los accesos son bajos, o, los riesgos durante la ejecución son bajos y los riesgos en los accesos son altos; y el valor característico es 9.
- Exposición alta
 - En la condición de frecuente, el operario se mantiene expuesto de manera intermitente al riesgo durante la observación. Los riesgos durante la ejecución son altos y los riesgos en los accesos son altos; y el valor característico es 15.
 - En la condición de continua, el operario se mantiene expuesto al riesgo durante la ejecución de la unidad de obra. Los riesgos durante la ejecución de obra son peligrosos y los riesgos de los accesos son peligrosos; y el valor característico es 25.

Se debe identificar la situación que más se aproxime a ambos conceptos, lo que implica un valor característico a cada criterio. Se realiza una media aritmética de los valores seleccionados y se redondea al valor característico más cercano. El criterio para el redondeo es que el punto medio redondea al inmediato superior.

En el ejemplo que se sigue sobre la ejecución de una fachada de ladrillo visto en una primera planta (tabla 4.9), el operario se expuso al riesgo de caída en altura, al riesgo de caída en el mismo nivel, al riesgo térmico y al riesgo por las interrelaciones, más de cinco veces durante la exposición, lo que implica un valor característico de 9.

Grado de Exposición al Peligro						
Intensidad de la exposición		Número de veces que los operarios se exponen al peligro durante la observación		Valor Característico		
		Durante la ejecución de la unidad de obra	En el entorno de obra y en los accesos			
Alta	Continua	El operario se mantiene expuesto en el peligro	Riesgos internos y/o externos peligrosos	25	25	12
	Frecuente	El operario se mantiene intermitentemente expuesto	Hay riesgo alto interno y externo	15	15	
Media	Ocasional	El operario está expuesto al peligro más de 5 veces	Hay riesgo altos interno y/o sí riesgo bajo externo	9	9	15
	Poco usual	El operario está expuesto al peligro de 2 a 5 veces	Hay riesgo bajo interno y externo	5	5	
Baja	Rara	El operario está expuesto al peligro de 1 a 2 veces	No hay riesgo interno y/o sí riesgo bajo externo	3	3	
	Nunca	El operario no se expone a la situación de peligro	No hay riesgos internos ni externos	1	1	

Tabla 4. 9 - Ejemplo de valor característico en el riesgo frontera

A su vez, el entorno del trabajo tiene riesgos altos en cuanto a los riesgos por la organización de trabajo incorrecta; y el entorno de los accesos tiene riesgos altos en cuanto a los riesgos de atrapamiento por o entre objetos y riesgos por desplazamientos. Lo que implica un valor característico de 15. La media aritmética de ambos valores es de 12, al coincidir con el punto medio entre 9 y su redondeo será 15.

4.3.2.1.4. Valor característico de la capacidad económica

Es en el sector de la construcción donde las tasas de accidente de trabajo son más altas que en otros sectores, siendo los factores humanos y financieros los que más inciden en los costes asociados con estos accidentes (López, Ibarro, Rubio-Gómez & García, 2013) por lo que es fundamental la integración de la seguridad en la obra, el uso de sistemas de seguridad y el respeto al plan económico establecido (Mínguez, 1993).

La capacidad económica (C_e) es un parámetro que evalúa el procedimiento organizativo de la ejecución de obra y la cantidad de medios económicos empleados en los sistemas constructivos de prevención; es un valor que decrementa el parámetro del riesgo absoluto.

Con este parámetro se analiza la organización de la ejecución de obra, *a priori*, mediante la observación de la estructura general respecto a la organización, los tiempos de ejecución, las correcciones de obra y las cuantías económicas que se requieren. Y, a su vez, desde el punto de vista individual del trabajador, del equipo o grupo de trabajo y de la obra en general. En el mismo sentido, se analiza la organización de los sistemas de seguridad en base a la cantidad de equipo de protección individual que tienen los

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

operarios (BOE, nº:140, 1997; UE, L81, 2016) y la cantidad de sistemas de protección colectiva que hay en la obra.

Respecto al criterio de organización se analiza si hay o no hay equivocaciones, el orden durante la ejecución de obra, si hay o no hay coordinación de trabajo o si se requiere que los trabajos sean de precisión. Respecto a los medios de seguridad individual se analiza el número de equipos de protección que lleva el operario tanto para las necesidades de la unidad de obra como para las obligaciones generales de la obra. Y respecto a los medios de seguridad colectivos se analiza, por observación, si los sistemas preventivos planteados en la obra son los adecuados para garantizar la seguridad de los trabajadores; y, a su vez, si los riesgos asociados muestran una clara incidencia por la falta de sistemas de seguridad o pueden ser eliminados al 100%.

Para los factores del procedimiento organizativo y los sistemas de prevención, con la escala de valor y su correspondiente valor característico mediante la observación de la organización individual, del equipo y de la obra se analiza:

- Si hay equivocaciones que impliquen rehacer las unidades completas de obra y que se vuelva a exponer el trabajador a los riesgos de la unidad de obra incluida con situaciones de gran desorden y descoordinación en la estructura organizativa. Esta situación implica demasías económicas incontroladas y retrasos comprometidos en la empresa. El valor característico que adquiere es 1.
- Si hay una situación descoordinada entre los trabajadores durante la ejecución de la unidad de obra. Esto indica que hay interrupciones del trabajo, poca organización y correcciones parciales de obra, lo cual implica el aumento a la exposición de riesgos. Y, a su vez, que se produzcan demoras considerables en la planificación de la obra con la consiguiente implicación en la inversión económica de la empresa. El valor característico que adquiere es 3.
- Que hay poco orden durante la ejecución de la obra con pequeñas correcciones que implican demoras asumibles, lo cual muestra que haya confusiones de la organización entre operarios. Esta situación conlleva a asumir costes innecesarios. El valor característico que adquiere es 5.
- El orden durante la ejecución de la unidad de obra. Se observa que la obra tiene la organización suficiente para mantener los tiempos de planificación. Los riesgos pueden disminuir haciendo que la inversión económica de la empresa se mantenga según la planificación de obra. El valor característico que adquiere es 9.
- Que hay coordinación entre los trabajadores de la obra con pequeñas correcciones de obra. Esto implica un control de los riesgos muy considerable, lo

cual se refleja en el tiempo de ejecución y en la inversión económica de la empresa. El valor característico que adquiere es 15.

- Que los trabajos se están desarrollando con gran precisión y organización, lo cual genera menor riesgo, tiempo mejorado de la ejecución y rendimiento económico mejorado. El valor característico que adquiere es 25.

En cuanto a los sistemas de prevención individual existe controversia por la cantidad de equipos de protección individual necesarios para realizar la actividad con la mayor garantía preventiva. Las normas y guías de implementación aconsejan la utilización del mayor número de equipos para proteger con mesura (INSHT, 2012a), aunque es sabido por otros investigadores que el exceso de confianza es uno de los factores que más inciden en la generación de los accidentes laborales (Lorento, Salanova & Martínez, 2011), lo que conlleva a evadir el uso de determinados equipos de protección. Para ello se identifican los equipos de protección individual que requieren los trabajos en general y la necesaria utilización en obras de construcción:

- Equipos de protección respiratoria.
 - Equipos filtrantes. Generalmente utilizados para evitar partículas de polvo en suspensión. Trabajos de demolición, manipulación de aglomerantes, cortes de material, etc.
 - Equipos aislantes. No suele utilizarse en construcción.
- Protección de pies y piernas.
 - Calzado de seguridad y protección, que garantiza la protección de los dedos, siendo resistente a la penetración, al deslizamiento, aislamiento térmico, aislante eléctrico, absorción de energía en suela, puntera y talón.
 - Calzado de trabajo. No garantiza la protección.
- Protección de la cabeza.
 - Cascos de protección. Protegen la cabeza contra caídas de objetos. Su utilización es generalizada en todas las fases de obra.
 - Cascos de altas prestaciones. Ofrecen mayor protección y son de reciente aparición por lo que no está extendido su uso. Se recomienda su utilización para todas las fases de obra.
- Protección ocular y facial.
 - Gafas de protección de montura universal. Protegen de la proyección de partículas o polvo en suspensión. Son las más comúnmente utilizadas en construcción.
 - Gafas de protección de montura integral. No se usa en construcción.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- Pantallas faciales. No es habitual el uso en construcción.
- Protección auditiva.
 - Orejetas. Casquetes que cubren los pabellones auditivos con unas almohadillas flexibles. Para el uso continuado de maquinaria, o existencia de maquinaria cercana; trabajos de demolición y ruidos continuados.
 - Orejetas acopladas al casco. No es habitual el uso en construcción.
 - Tapones. No es habitual el uso en construcción.
- Protección contra caídas.
 - Sistema de retención. Limita al trabajador que alcance determinadas zonas de riesgo de caídas. Suele utilizarse en trabajos de cubiertas, en taludes
 - Sistema de sujeción. No es habitual el uso en construcción.
 - Sistema de acceso mediante cuerda. No es habitual el uso en construcción ya que son trabajos muy específicos de mantenimiento.
 - Sistema de detención de caídas. Detiene la caída libre y minimiza la intensidad del impacto. Su uso está proliferando en trabajos verticales de rehabilitación de fachadas. Sin embargo no es habitual el uso en construcción.
- Protección de manos y brazos.
 - Guantes de protección contra riesgos mecánicos. Son los más se usan en el sector de la construcción.
 - Guantes de protección contra cortes y pinchazos producidos por cuchillos. No es habitual el uso en construcción.
 - Guantes de protección contra productos químicos y microorganismos. No es habitual el uso en construcción.
 - Guantes de protección contra el frío. No es habitual el uso en construcción.
 - Guantes de protección frente a riesgos térmicos. No es habitual el uso en construcción.
 - Guantes de protección contra riesgos eléctricos. No es habitual el uso en construcción aunque suelen compartir las mismas características que los guantes de protección contra riesgos mecánicos.
 - Guantes de protección ionizante. No es habitual el uso en construcción.

- Guantes de protección ante vibraciones. No es habitual el uso en construcción.
- Protección del cuerpo completo. La ropa debe ofrecer protección a algún riesgo o a varios, si no, se considera ropa de trabajo y no es EPI. Las más habituales son:
 - Ropa de protección contra ambientes fríos, por encima de -5°C.
 - Ropa de protección contra el frío por debajo de -5°C.
 - Ropa de protección contra la lluvia.
 - Ropa de protección contra cortes y pinchazos.
 - Ropa de protección contra productos químicos.
 - Ropa de protección contra agentes biológicos.
 - Ropa de protección contra el calor y la llama.
 - Ropa de protección contra contaminación radioactiva.
 - Ropa de señalización de alta visibilidad. Es el tipo de ropa recomendable para cualquier tipo de trabajo de la construcción.
 - Rodilleras para trabajos en posición arrodillada. Se suele utilizar en construcción aunque no está muy extendido su uso.
- Protección frente al ahogamiento.
 - Trajes de inmersión. No es habitual el uso en construcción.
 - Ayudas a la flotación o chalecos salvavidas. No es habitual el uso en construcción.
 - chaleco salvavidas de 100N. No es habitual el uso en construcción.
 - chaleco salvavidas de 150N. No es habitual el uso en construcción.
 - chaleco salvavidas de 275N. No es habitual el uso en construcción.
 - chaleco salvavidas para fines especiales. No es habitual el uso en construcción.
- Protección frente al riesgo eléctrico.
 - Guante dieléctrico o aislante de la electricidad. Para trabajos en centros de transformación y cajas generales de protección.
 - Casco eléctricamente aislante para uso en instalaciones de baja tensión. No es habitual el uso en construcción aunque suelen tener las mismas características que los cascos de protección de uso general.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- Calzado aislante de la electricidad para instalaciones de baja tensión. No es habitual el uso en construcción aunque suele compartir las mismas características que el calzado de seguridad y protección.
- Ropa aislante para trabajos en instalaciones de baja tensión. No es habitual el uso en construcción.
- Protección de atmósferas explosivas. Son situaciones muy particulares de acumulación de electricidad electrostática, trabajos con instalaciones eléctricas y de combustibles. No es habitual el uso en construcción.

Para los factores de los sistemas de prevención, con la escala de valor y su correspondiente valor característico mediante la observación de los sistemas de prevención individual, del equipo y de la obra:

- Se analiza la cantidad de equipos de protección individual que lleva puesto el operario para las necesidades de la unidad de obra y de la obra en general:
 - El operario o los operarios no llevan equipo de protección individual. El valor característico que adquiere es 1.
 - El operario o los operarios llevan hasta tres equipos de protección individual. El valor característico que adquiere es 3.
 - El operario o los operarios llevan hasta cinco equipos de protección individual. El valor característico que adquiere es 5.
 - El operario o los operarios llevan hasta seis equipos de protección individual. El valor característico que adquiere es 9.
 - El operario o los operarios llevan equipo completo de protección individual. El valor característico que adquiere es 15.
 - El operario o los operarios llevan el equipo completo y además equipos específicos de protección individual. El valor característico que adquiere es 25.
- Se analiza si los sistemas de protección colectivos implican que los riesgos asociados puedan disminuir o se puedan eliminar por completo:
 - No hay sistemas de protección colectivos lo que implica riesgos asociados muy altos. El valor característico que adquiere es 1.
 - Los sistemas de protección colectivos no son completos (abarcando hasta un 25% de las necesidades) quedando unidades de obra con zonas que están protegidas y otras no; lo que implica, igualmente, riesgos asociados muy altos. El valor característico que adquiere es 3.

- Los sistemas de protección colectivos no son completos (abarcando hasta un 50% de las necesidades) quedando unidades de obra con zonas que están protegidas y otras no; lo que implica riesgos asociados altos. El valor característico que adquiere es 5.
- Los sistemas de protección colectivos no son completos (abarcando hasta un 75% de las necesidades) quedando unidades de obra con zonas que están protegidas y otras no; lo que implica riesgos asociados medios. El valor característico que adquiere es 9.
- Los sistemas de protección colectivos están casi completos (abarcando menos del 100% de las necesidades) quedando unidades de obra con zonas que están protegidas y otras no; lo que implica riesgos asociados bajos. El valor característico que adquiere es 15.
- Los sistemas de protección colectivos son completos (abarcando el 100% de las necesidades) quedando todas las unidades de obra con zonas que están protegidas; lo que implica riesgos asociados mínimos. El valor característico que adquiere es 25.

En el ejemplo que se está siguiendo (tabla 4.10) para la ejecución de una fachada de ladrillo visto en la primera planta de una vivienda, se analiza el valor característico de la capacidad económica con la observación del procedimiento organizativo y de los sistemas de prevención de la obra.

Capacidad Económica - Procedimiento Organizativo de la Ejecución y la Seguridad								
Procedimientos	Bajo		Medio		Alto		Valor Característico	
	1	3	5	9	15	25		
Organización Individual	Fallos y desorden	Remate-desorden	Sin Orden	Orden	Muy ordenado	Coordina	9	5,40
Organización del equipo	Fallos y desorden	Remate-desorden	Sin Orden	Orden	Muy ordenado	Coordina	5	
Organización de la obra	Fallos y desorden	Remate-desorden	Sin Orden	Orden	Muy ordenado	Coordina	5	
Protección Individual	No tiene	2-4 equipos	4-5 equipos	5-6 equipos	Equipo completo	Completo especial	3	5
Protección Colectiva	No hay	25% Muy Alto	50% Alto	75% Medio	<100% Bajo	100% mínimo	5	

Tabla 4. 10 - Ejemplo de valor característico en la capacidad económica.

Así, respecto a la organización individual, se observa que el operario tiene orden en la ejecución de la unidad de obra; su valor es de 9. En la organización del equipo de obra se observan confusiones entre algunos operarios, lo cual implica poco orden; su valor es de 5. En la organización general de la obra se observa que hay bastante desorden,

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

aunque no se llega a apreciar que haya descoordinación entre las diferentes cuadrillas; su valor es de 5. Respecto a los sistemas preventivos, en los equipos de protección individual de los operarios se observa que algunos llevan botas de seguridad, ropa adecuada (no siendo mono de trabajo) y no todos llevan guantes. Por lo que se hace una valoración para 2 equipos de protección individual; su valor es 3. Y en los equipos de protección colectivos se observa que hay vallado de obra, el andamio rodea parcialmente la edificación, el andamio tiene pocas protecciones colectivas, hay algunas barandillas, no hay limpieza de obra ni control de acceso; su valor es 5. La media aritmética de los valores observados es de 5,40 y el valor de redondeo es de 5.

4.3.2.1.5. Valor característico del interés participativo

Está ampliamente aceptado que el comportamiento inseguro está intrínsecamente ligado a los accidentes de trabajo. La actitud de los trabajadores de la construcción hacia la seguridad está influenciado por sus percepciones del riesgo, la gestión, los roles seguros y procedimientos (Mohamed, Ali & Tam, 2009). Una correcta o incorrecta organización de los sistemas preventivos puede influir en las percepciones del clima de seguridad, por lo que estas percepciones influyen en la acción segura a través de sus efectos sobre el conocimiento y la motivación (Neal, Griffin & Hart, 2000). Por lo que es fundamental establecer bases de participación en los sistemas de prevención en los empresarios y en los trabajadores (Coyle, Sleema & Adams, 1995), enfocando la seguridad y la salud fuera de los roles burocráticos y económicos, siendo necesaria una mayor implicación de todos los agentes que componen la construcción (Haslam et al, 2005).

La importancia Relativa (I_r), es un parámetro que evalúa el interés participativo de los diferentes agentes intervinientes en una obra obteniendo información sobre la percepción personal y la percepción del riesgo en el entorno de obra sobre la seguridad y salud; es un parámetro que decrementa el valor del riesgo absoluto.

Este parámetro se basa en la observación, en los comentarios entre los trabajadores y en la conversación que se tiene con ellos. Se analiza la información que demuestra el trabajador que tiene sobre la prevención, cursos de formación a los que ha asistido, conocimiento sobre la normativa de seguridad y salud laboral y si solicita o exige que se le suministre con los medios de protección individuales y colectivos. A continuación se analiza la implicación y la participación del trabajador en los procedimientos de prevención para la obra en su propia unidad de obra, de manera individual, y en el resto de unidades de obra a nivel de grupo. La escala de valores se refiere a la respuesta en la participación para la seguridad y salud de la obra; si se participa poco, algo, mucho, bastante o, incluso, si se exigen procedimientos de prevención. Otro aspecto que se considera es la participación de los trabajadores y de la empresa desde el exterior de la obra. Buscando que los sistemas preventivos abarquen el entorno más próximo de la

obra. Se analiza, visualmente, si desde los alrededores de la obra los trabajadores aplican sistemas de prevención en beneficio de los residentes de la zona. La escala de valores va desde no haber sistemas de prevención, hasta existir control de los riesgos fuera de la obra. Dichos sistemas de prevención pueden aplicarse fuera de la obra como limpiezas, riegos, pantallas contra viento y polvo; o dentro de la propia obra como pantallas contra la luminosidad de la soldadura, pantallas acústicas, redes contra polvo, etc.

En el ejemplo que se sigue de la ejecución de una fachada de ladrillo visto en la planta primera de una vivienda (tabla 4.53), se ha observado la información que transmiten los trabajadores respecto a los sistemas de prevención. Se ha mantenido conversación con ellos en la que expresan su formación en seguridad y salud, con lo que se tiene información al respecto; su valor es 9. En cuanto a la participación individual y del grupo se puede plantear a través de una encuesta o de observación viendo si la participación es ninguna, baja, media, alta o existe una implicación activa sobre la misma. En la participación individual el valor es de 5 y en la participación en el grupo es de 3. Respecto al aspecto exterior de la obra se observa que no hay elementos preventivos desde la obra hacia el exterior; su valor es 1. La media aritmética de los valores observados es de 3,50 y el valor de redondeo es de 3.

Importancia Relativa - Interés Participativo en la Prevención								
Procedimiento	Bajo		Medio		Alto		Valor	
	1	3	5	9	15	25	Característico	
Información Trabajador	Sin Inform.	Poca Inform.	Tiene Inform.	Bastante Inform.	Mucha Inform.	Exige Inform.	5	3,50
Participación Individual	Poco o nada	Participa algo	Participa	Participa bastante	Participa mucho	Se implica	5	
Participación del Grupo	Poco o nada	Participa algo	Participa	Participa bastante	Participa mucho	Exige Seg.	3	3
Aspecto Exterior Obra	Sin Seg.	Escasa Seg.	Algo Seg.	Aporta Seg.	Mucha Seg.	Muy cuidado	1	

Tabla 4. 11 - Ejemplo de valor característico en la importancia relativa.

4.3.2.1.6. Valor característico del nivel de satisfacción

Recientes investigaciones analizan los riesgos psicosociales como elementos de gran importancia a tener en consideración en los sistemas de prevención durante la fase de ejecución de una edificación. Se deben identificar los diferentes entornos de trabajo, la capacidad del trabajador en el desarrollo de la tarea y su motivación como factores que intervienen de una manera muy directa en los accidentes laborales (Gamella, 2013). De igual forma es imprescindible incorporar la evaluación de los riesgos psicosociales dentro del proceso edificatorio para medir el bienestar de los trabajadores, el exceso de

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

confianza de los trabajadores experimentados, la inexperiencia de los jóvenes, la rutina y la sobrecarga (Salanova, Gracia & Lorente, 2007), para establecer estrategias de prevención que alerten a los trabajadores de las conductas inseguras (Karasek et al, 1998) y conseguir que los comportamientos sean los adecuados en materia de prevención en base a mayores niveles de participación (Lingard & Rowlinson, 1997). Cada vez son más los estudios que analizan la relación entre la felicidad y la productividad en la evaluación del nivel de satisfacción (Oswald, Proto & Sgroi, 2014).

El nivel de satisfacción (N_s) es un parámetro que considera aspectos generales del comportamiento, estado de ánimo y la actitud humana que influyen, y que pueden influir, de manera determinante en la generación de riesgos; es un parámetro que decrementa el valor del riesgo absoluto. Es muy extensa y particular la bibliografía respecto al comportamiento humano y respecto a la psicología del ser humano. En esta nueva metodología se trata de plantear una base de acción de apoyo en la evaluación del entorno social que identifique de una manera lógica un primer enfoque sobre la psicología de los trabajadores y su comportamiento en el entorno del proceso constructivo de un edificio.

En este contexto, respecto a la percepción personal, dos conceptos fundamentales son necesarios tratar:

- El estrés
- El estado de ánimo.

El estrés es un fenómeno muy habitual en la sociedad actual. Afecta al bienestar físico y psicológico del trabajador, deteriorando el clima organizacional. Toda persona requiere de niveles moderados de estrés para responder satisfactoriamente no solo ante sus propias necesidades o expectativas, sino de igual forma frente a las exigencias del entorno. Y los niveles muy bajos de estrés están relacionados con desmotivación, conformismo y desinterés. Por eso, se puede realizar la distinción entre eustrés o estrés positivo (nivel óptimo de activación para realizar las actividades necesarias en nuestra vida cotidiana) que ejerce una función de protección del organismo y distrés o estrés negativo (nivel de activación del organismo excesivo o inadecuado a la demanda de la situación) que provoca disfunciones en la persona. El mejor hábito saludable es la prevención del estrés (Prieto, 2006), ya que la carga emocional y mental que genera el trabajo tiene como consecuencias el burnout, la insatisfacción, la depresión, enfermedades inmunológicas, cardiovasculares, desorden estomacal, musculoesquelético, el absentismo por enfermedad y la incapacidad laboral (Martín & Salanova, 2003). Yerkes y Dodson (1908) propusieron la relación entre la productividad y el estrés con la “Ley de Yerkes y Dodson” que establece que, mientras más compleja sea una tarea, más bajo será el nivel de la emoción que puede tolerarse antes de que disminuya el nivel de rendimiento (Yerkes & Dodson, 1908). Por lo que para poder desarrollar

cualquier tarea es necesario un cierto nivel de motivación y de estrés o ansiedad. Sin embargo, se determina que, a partir de un cierto nivel óptimo o eficiente de ansiedad, el rendimiento baja de manera importante. Dicha ley es referencia en investigaciones y literatura actual¹¹⁸ (McMorris, 2017; Elkin-Frankston, Bracken, Irvin & & Jenkins, 2017; Krishna & Strack, 2017; Ruini, 2017). Se muestra el esquema gráfico de la publicación de los autores con la representación de la curva que relaciona el rendimiento con el estrés de las personas en la realización de una actividad (figura 4.12).

Respecto a los estados de ánimo hacen que el comportamiento humano alterne entre el eustrés y el distrés debidos a la tensión y al cansancio; y afectan a nuestra salud, a la alimentación, el tiempo que dormimos, el ejercicio físico y el desarrollo diario (Thayer, 1996). Watson y Tellegen (1985) propusieron establecer dos líneas que relacionaran, en dos dimensiones, el placer y la tensión; con lo que determinaron los diferentes estados de ánimo (Watson & Tellegen, 1985); citado por Desmet (Desmet, 2015) (figura 4.13).

Figura 4. 12 - Curva original de la Ley de Yerkes-Dodson.

Los términos opuestos en ambos criterios se identifican:

- Para el concepto de Placer (o nivel de estrés):
 - Calma – Tensión.
- Para el concepto de Tensión (o nivel de rendimiento):
 - Cansancio – Energía.

¹¹⁸ La relación bibliográfica hace referencia a la Ley de Yerkes y Dodson. Dicha búsqueda se ha localizado a partir de Google-Académico insertando el texto del título original: "The Relation of Strength of Stimulus to Rapidity of Habit-Formation" y referenciando el año 2017.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Figura 4. 13 - Cuatro categorías del estado de ánimo.

En base a estos cuatro términos los estados de ánimo se identifican como:

- Calma-energía, se muestra cuando una persona está trabajando y está concentrada, enérgica, pero tranquila y relajada. Así la persona es fácil que se encuentre segura, sociable e incluso contenta. Es un estado de ánimo positivo.
- Calma-cansancio, se trata de un estado de ánimo que cursa con sensaciones de cansancio, soñolencia, adormecimiento con momentos de relajación, viendo la tele, haciendo un hobby fácil, o antes de acostarnos se está en este estado. Sigue siendo un estado con sensaciones positivas.
- Tensión-energía, las personas en este estado tienen también sensaciones de energía, vivacidad y vigor, pero ahora están acompañadas de sensaciones de tensión e inquietud. Las personas con exceso de tensión pueden resultar más ineficaces y la sensación en general es más negativa. No obstante, en algunas personas o situaciones dichas sensaciones no serían negativas.
- Tensión-cansancio, se trata de un estado claramente negativo. Aparece cuando los recursos se han agotado: La fatiga que se mezcla con el nerviosismo, la tensión o la ansiedad produce un estado desagradable. Es un estado de ánimo que está subyacente en la depresión. Junto con las sensaciones negativas, aparecen pensamientos negativos acerca de uno mismo, que incluyen baja autoestima.

Se ha procedido a unificar los criterios de ambas teorías para un mejor entendimiento al trasladar las cuestiones a los trabajadores para la toma de datos a pie de obra. En base a la curva planteada por la Ley de Yerkes y Dodson (1908), se han situado diferentes categorías que identifican el sentimiento de las personas respecto al

rendimiento en las tareas. Y en base a la teoría de Watson y Tellegen (1985), se han identificado diferentes estados de ánimo en cuatro categorías, que abarcan la calma, la energía, la tensión y el cansancio (figura 4.14):

- Sentimiento de rendimiento para la tarea con estado de ánimo de desmotivación:
 - Apático.
 - Aburrido.
- Sentimiento de rendimiento para la tarea con estado de ánimo de alerta:
 - Motivado.
 - Centrado.
- Sentimiento de rendimiento para la tarea con estado de ánimo de ansiedad:
 - Animado.
 - Excitado.
- Sentimiento de rendimiento para la tarea con estado de ánimo de bloqueo:
 - Exhausto.
 - Burnout.

Figura 4. 14 - Curva del rendimiento, (elaboración propia).

La sensación o comportamientos de fatiga, estar exhausto y burnout son reacciones adversas de salud, de bienestar individual y organizacional (Martín & Salanova, 2003)

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

que quedan fuera del rango de medida y son evidentes los problemas que ocasiona e incompatible con el desarrollo sano y seguro de un trabajo.

Este parámetro se realiza mediante una encuesta a pie de obra a todos los operarios y agentes que están participando en la obra. Las preguntas abarcan los criterios de percepción personal, percepción de la seguridad y percepción del entorno. Al tratarse de una encuesta es necesario que los operarios puedan interpretar con facilidad la relación de escalas de valores.

Respecto a la percepción personal, al trabajador se le pide que se identifique con la relación de sentimientos o estados de ánimo que se le muestran: apatía, aburrido, motivado, centrado, animado y excitado. Cada uno de los términos tiene asociado un valor para ser identificado en la tabla de recogida de respuestas a pie de obra:

- Estar apático se corresponde con la calificación 1.
- Estar aburrido se corresponde con la calificación 2.
- Estar motivado se corresponde con la calificación 3.
- Estar centrado se corresponde con la calificación 4.
- Estar animado se corresponde con la calificación 5.
- Estar excitado se corresponde con la calificación 6.

A continuación, se hace equivaler la curva del rendimiento y los estados de ánimo, y sus correspondientes valores, con la gráfica de riesgos del valor característico, y sus correspondientes valores. Sin embargo, hay que considerar, en primer lugar, que el estado de ánimo de estar centrado es la situación óptima de rendimiento; y, en segundo lugar, el valor característico óptimo que más incide en la prevención para el parámetro del nivel de satisfacción es 25. Por lo que se adapta la gráfica de resultados de valores característicos para la percepción personal (figura 4.15).

Para la curva de rendimiento con los términos de apatía, aburrido y motivado corresponde la gráfica polinómica $f(x) = 4x^2 + 4x + 1$, en el rango de valores (0, 1). Y para la curva de rendimiento con los términos de centrado, animado y excitado corresponde la gráfica polinómica $f(x) = -4x^2 - 4x - 33$, en el rango de valores (1, 2). Por lo que los valores de evaluación para la percepción personal serán:

- Estar apático se corresponde con el valor característico 1.
- Estar aburrido se corresponde con el valor característico 3.
- Estar motivado se corresponde con el valor característico 5.
- Estar centrado se corresponde con el valor característico 25.
- Estar animado se corresponde con el valor característico 15.

- Estar excitado se corresponde con el valor característico 9.

Figura 4. 15 - Encuesta sobre la percepción personal, (elaboración propia).

A continuación se procede a la realización de una encuesta a pie de obra. Las preguntas que se le realizan al trabajador respecto a la percepción personal son:

- ¿Qué término identifica su estado de ánimo?
- ¿Con qué término considera usted se identifica con su energía?
- ¿Qué término identifica su satisfacción personal? (fuera del entorno de obra).
- ¿Qué término identifica su satisfacción laboral? (dentro del entorno de obra).

Respecto a la percepción de la seguridad y percepción del entorno, las respuestas del trabajador estarán dentro de la escala lineal de 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Posteriormente se adaptan los valores de respuesta al criterio establecido para el valor característico de 1, 3, 5, 9, 15 y 25. Todas las respuestas estarán apoyadas por un contexto de valor sencillo, que sirva de ayuda para el trabajador. Para ello se le ofrecerá un primer criterio de respuesta, y sobre cada criterio se determina su valor correspondiente en mayor o menor grado (figura 4.16):

- Contexto bajo, le corresponden los valores 1 y 2.
- Contexto medio, le corresponden los valores 3 y 4.
- Contexto alto, le corresponden los valores 5 y 6.

Se toman las contestaciones en una tabla en la que se identifican los valores de calificación de las respuestas (1, 2, 3, 4, 5 y 6). Junto a la calificación se adopta el valor característico correspondiente (1, 3, 5, 25, 15 y 9). Y se obtiene la media de los cuatro valores característicos sobre la percepción personal del trabajador. Sobre estas preguntas el evaluador no incorpora respuestas.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Las preguntas que se le realizan al trabajador respecto a la percepción del entorno de trabajo y la seguridad y salud laboral son las siguientes:

- ¿Cuánto considera de controlado el riesgo del trabajo que realiza?
- ¿Cuánto considera de controlado el riesgo alrededor del trabajado que realiza?
- ¿Cuánto participa para su propia seguridad?
- ¿Cuánto participa para la seguridad de sus compañeros?
- ¿Cómo considera de completo su equipo de protección individual?
- ¿Cómo considera de completos los sistemas de protección colectivos?

Se toman las contestaciones en una tabla en la que se identifican los valores de calificación de las respuestas (1, 2, 3, 4, 5 y 6). Junto a la calificación se adapta al valor característico correspondiente (1, 3, 5, 9, 15 y 25). Y se obtiene la media de los seis valores característicos sobre la percepción del entorno del trabajador. Sobre estas preguntas el evaluador incorpora sus respuestas y su adaptación al valor característico correspondiente, con el mismo criterio. Y se obtiene la media de los seis valores característicos sobre la percepción del entorno del evaluador.

Sirva como ejemplo los datos de toma de datos de la encuesta a pie de obra en el ejemplo que se sigue para su mejor entendimiento (figura 4.17). La encuesta se ha realizado a dos trabajadores y a dos agentes de obra. Las respuestas se han calificado y se han adaptado (en azul) al valor característico correspondiente a la percepción personal y a la percepción del riesgo del entorno. Se procede al cálculo de las medias, en horizontal, por cada trabajador, cuadrilla y total de operarios; y en vertical a las medias de cada pregunta realizada por los trabajadores y por los agentes. Se obtiene

el resultado total de la percepción personal y del entorno de los trabajadores, los agentes y el evaluador.

Fecha		Riesgo Personal								Percepción del Riesgo										Medias												
Visita	Cuadrillas y Agentes	Trabajador	Estado de Ánimo				Energía				Satisfacción Personal				Satisfacción Laboral				Participación Individual en la Seguridad	Participación Grupal en Seguridad	Riesgos controlados de la Unidad de Obra	Riesgos controlados del Entorno de la Unidad de Obra	Equipo de Protección Individual	Equipos de Protección Colectiva	Percepción Personal	Percepción Entorno	Percepción del entorno Evaluador	Total por trabajador	Total por cuadrilla	Total		
1	Trabajadores	1	6	9	6	9	6	9	6	9	5	15	4	9	5	15	3	5	5	15	5	15	9	12	3	8	9	9				
													3	5	2	3	3	5	2	3	1	1	1	1								
		4	5	15	5	15	6	9	5	15	5	15	5	15	3	5	5	15	5	15	5	15	14	13	4	10						
													4	9	3	5	3	5	2	3	2	3	1	1								
	Agentes	5	6	9	6	9	6	9	6	9	6	25	6	25	5	15	3	5	2	3	3	5	9	13	4	9	9					
													2	3	4	9	3	5	2	3	2	3	1	1								
		8	6	9	6	9	5	15	5	15	6	25	5	15	5	15	3	5	2	3	3	5	12	11	4	9						
													2	3	4	9	3	5	2	3	2	3	1	1								
1	Trabajadores	2	12		12		9		12		15		12		15		5		15		15	11	13	4	Congruencia 0,29	4,59	3	8				
													7		4		5		3		2		1									
		2	9		9		12		12		25		20		15		5		3		5	11	12	4	Congruencia 0,33	5,36	5	8				
													3		9		5		3		3		1									
	Evaluador	4	11		11		11		12		20		16		15		5		9		10	11	13	4	Congruencia 0,31	4,96	5	8				
													5		7		5		3		3		1									

Figura 4. 17 - Ejemplo de estadillo del valor característico del nivel de satisfacción.

Finalmente se considera la relación entre la percepción del entorno de la obra por el evaluador respecto a la percepción del entorno de la obra por los trabajadores, en sus valores totales. Dicho concepto se denomina “congruencia del entorno” y es un valor que penaliza o favorece la media total del valor característico del nivel de satisfacción. Cuanto más se acerque el valor de la congruencia a “1,00” más se favorece el resultado final, dando peso a que la situación es reconocida por los trabajadores y el evaluador en los mismos criterios. Cuanto menos se acerque el valor de la congruencia “1,00” el valor resultante penaliza el resultado final, ya que existe una gran diferencia entre el criterio de los trabajadores y el del evaluador. En el esquema de la congruencia (figura 4.18) se identifica el valor característico penalizado, correspondiente al resultado de la congruencia de la percepción; que se suma a los términos totales para el cálculo de la media del valor total del nivel de satisfacción.

Entre el clima de seguridad y el comportamiento seguro hay una alta relación; y entre el comportamiento seguro y el Coordinador de Seguridad hay poca relación. Debido a la diferente apreciación del comportamiento seguro por parte del Coordinador de Seguridad; incluso a la presión de ser observado por el Coordinador de Seguridad hace que el trabajador fuerce sus maneras de comportamiento seguro (Gillen, Baltz, Gassel, Kirsch & Vaccaro, 2002). La medida de la congruencia de la percepción de la seguridad del entorno refleja las percepciones de los empleados sobre la importancia relativa de la conducta segura en su comportamiento en el trabajo (Zohar, 1980).

Figura 4. 18 - Gráfico del valor de la congruencia y su penalización.

4.3.2.1.7. Procedimiento para la toma de datos a pie de obra

El procedimiento de toma de datos se divide en dos partes:

- Toma de datos técnicos por observación y criterio técnico.
- Toma de datos por encuesta personal a cada trabajador.

Cada parte tiene asociada una tabla de cálculo en la que se identifican o se transcriben los datos. Para los datos técnicos se identifican los criterios establecidos para cada valor característico de los parámetros del nuevo método de evaluación de riesgos. Para la encuesta personal se anotan los valores de calificación correspondientes a las respuestas dadas.

En la tabla que se muestra (figura 4.19), se toman los datos técnicos obtenidos a pie de obra en base a los criterios de los parámetros de la nueva fórmula del nivel de la acción preventiva. Se ha dividido en varios sectores para su mejor entendimiento:

1. Sector en el que se identifican los datos de la evaluación. Fecha de la evaluación, punto de evaluación, unidad de obra, observaciones referentes a la ejecución de la unidad de obra y observaciones respecto a los sistemas de prevención existentes en la unidad de obra.
2. Sector que identifica con fotografías in situ del punto de evaluación identificando el aspecto general de obra, el sistema constructivo evaluado, los sistemas de prevención y los sistemas de organización del entorno.

3. Sector en el que se indican los términos respecto al parámetro del Riesgo Relativo sobre la complejidad de la unidad de obra observada.
4. Sector en el que se indican los términos del parámetro del Riesgo Frontera respecto a la posición de la unidad de obra.
5. Sector que identifica la situación del grado de exposición de los trabajadores en la unidad de obra que se desarrolla, en el entorno próximo y en los entornos de acceso hasta la unidad de obra.
6. Sector en el que se identifican los términos de la capacidad económica de la empresa o el procedimiento organizativo respecto a la ejecución y de los sistemas preventivos.
7. Sector que identifica los términos referentes a la importancia relativa o el interés participativo en la seguridad de los trabajadores y agentes de obra, a nivel individual y colectivo.
8. Sector que identifica los valores del nivel de satisfacción evaluados en la ficha de encuesta personal. Dichos valores son los totales estimados por el evaluador.
9. Tabla de apoyo para medir la incidencia del riesgo de cada valor característico.
10. Sector que identifica los riesgos a evaluar y la cuantificación de la evaluación establecida en el Plan de seguridad y salud.
11. Traslado de los valores característicos calculados y su incidencia estimada en el riesgo a evaluar.
12. Resultados totales de la evaluación a partir de la aplicación de las fórmulas del nivel de la acción preventiva y la evaluación de la acción preventiva.
13. Gráfica de apoyo del riesgo con el valor ε del nivel de exigencia de la evaluación.
14. Identificación de las bases de control de acción preventiva para cada uno de los riesgos evaluados, identificando por número, el código del riesgo, por color, la técnica de lucha contra el riesgo (seguridad en el trabajo, higiene industrial, ergonomía y psicología).
15. Identificación gráfica de los resultados de la evaluación de la unidad de obra. Quedan referenciados los valores de la evaluación dada, *a priori*, en el Plan de Seguridad y salud; los valores de acción preventiva para cada uno de los riesgos evaluados y los valores totales de acción preventiva para la seguridad, para la higiene, para la ergonomía y para la psicología.

Figura 4. 19 - Tabla para toma de datos técnicos, (elaboración propia).

En la tabla que se muestra (figura 4.20), se toman los datos de la encuesta a pie de obra sobre la percepción personal, la percepción de los riesgos del entorno de trabajo y la percepción sobre la seguridad y salud de la obra. Se ha dividido en varios sectores para su mejor entendimiento:

1. Sector que identifica el número de visita a la obra, la fecha de realización de la evaluación, las cuadrillas de trabajo, los agentes de obra y el número de personas a las que se les realiza la encuesta.
2. Sector que identifica las preguntas que se le realizan al trabajador respecto a la percepción personal. Son cuatro las preguntas que se realizan. Al trabajador se le pide que se identifique con uno de los términos de estado de ánimo y sentimiento que se le muestra.
3. Sector que identifica las preguntas que se le realizan al trabajador respecto a la percepción de la seguridad de la obra y los riesgos de la unidad de obra. Son seis las preguntas que se realizan. Al trabajador se le indica que la escala de valores está dividida en tres niveles: poco, medio y mucho. Y cada a tramo de nivel se le asocia con dos valores en bajo o alto, para facilitar la respuesta del operario.
4. Sector que identifica los resultados correspondientes a las medias de percepción personal, percepción del entorno, percepción del entorno del evaluador, media por cada trabajador, media por cada equipo de trabajo y media total para todos los operarios.
5. En dicho sector se califican las respuestas de la percepción personal de los trabajadores. La calificación se sitúa en la zona verde. A continuación se adapta a los valores característicos del riesgo colocando los valores en el recuadro gris.
6. En dicho sector se califican las respuestas de la percepción del entorno de los trabajadores. La calificación se sitúa en la zona verde. A continuación se adapta a los valores característicos del riesgo colocando los valores en el recuadro gris.
7. En este sector se indican los resultados de las medias por cada trabajador en la percepción personal, en la percepción del entorno y la percepción de evaluador para dicho trabajador.
8. A continuación se indican los resultados totales por trabajador, por equipos de trabajo y para el conjunto de todos los trabajadores.
9. En dicho sector se califican las respuestas de la percepción personal de los agentes de la obra. La calificación se sitúa en la zona verde. A continuación se adapta a los valores característicos del riesgo colocando los valores en el recuadro gris.
10. En dicho sector se califican las respuestas de la percepción del entorno de los agentes de la obra. La calificación se sitúa en la zona verde. A continuación se adapta a los valores característicos del riesgo colocando los valores en el recuadro gris.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

11. En este sector se indican los resultados de las medias por cada trabajador en la percepción personal, en la percepción del entorno y la percepción de evaluador para dicho agente de la obra.
12. A continuación se indican los resultados totales por agente de la obra, por equipos de agentes de la obra y para el conjunto de todos los trabajadores.
13. En este sector se totalizan los valores en vertical. Se Resumen cada ítem al conjunto de los trabajadores y agentes de la obra en la percepción personal. Se obtienen resultados unificados para los trabajadores y para los agentes de obra.
14. En este sector se totalizan los valores en vertical. Se Resumen cada ítem al conjunto de los trabajadores y agentes de la obra en la percepción del entorno. Se obtienen resultados unificados para los trabajadores, para los agentes de obra y para los criterios del evaluador.
15. Sector donde se totalizan las medias de los totales de los trabajadores, los agentes de obra y el evaluador, respecto a la percepción personal, percepción del entorno y de los criterios del evaluador.

34	27/04/2017	Percepción Personal										Percepción del Riesgo										Medias				Total
1	Trabajador	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	Promotor	1	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
	Máquina	2	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5
	Electricidad	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3
	Muros de carga	4	1	1	4	1	1	4	1	1	4	1	1	4	1	1	4	1	1	4	1	1	4	1	1	4
	Drenajes	5	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3	4	25	3
	Grúa	6	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
		7	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5
		8	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
		9	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25
		10																								
		11																								
		12																								
		13																								
		14																								
34	Trabajadores	8	15	1	14	9	10	5	4	10	5	4	10	5	4	10	5	4	10	5	4	10	5	4	10	5
34	Agentes	1	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	5
34	Total	9	15	12	14	9	9	4	3	10	3	3	10	3	3	10	3	3	10	3	3	10	3	3	10	3

Figura 4. 20 - Tabla para toma de datos de encuesta sobre la percepción, (elaboración propia).

16. Finalmente se calcula el valor característico de la congruencia de la percepción del entorno entre los trabajadores y el evaluador, y dicho valor obtenido se sustituye en la fórmula $f(x) = 16x^2 + 8x + 1$, en el rango para x desde a 0 a 1; El resultado identifica la penalización en la gráfica de la congruencia de la percepción (figura 4.18) sumándose a los criterios de percepción personal, percepción del entorno del trabajador y agente y la percepción del evaluador, para obtener la media total.

A partir de los resultados totales, del sector 15 de la tabla, se obtienen las gráficas representativas que relacionan trabajadores, agentes de obra y evaluador.

4.3.2.2. Segunda fase: La incidencia en el riesgo

Una vez obtenidos los valores característicos en cada uno de los parámetros de la evaluación de la acción preventiva se procede a analizar la incidencia de dicho valor característico en los riesgos a evaluar. En este estudio se han seleccionado los riesgos más característicos para las obras de edificación y siguiendo una directriz proporcional a la clasificación que establece el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España (Bestratén, 2004). Los códigos de los mismos según las técnicas de lucha contra el riesgo son los siguientes:

- Seguridad en el trabajo:
 - 010 Riesgo de caída de personas a distinto nivel.
 - 020 Riesgo de caída de personas al mismo nivel.
 - 040 Riesgo de caída de objetos por su manipulación.
 - 110 Riesgo de atrapamiento por o entre objetos.
- Higiene industrial:
 - 350 Riesgo por estrés térmico.
 - 380 Riesgo por iluminación inadecuada.
- Ergonomía:
 - 420 Riesgo por desplazamiento.
 - 440 Riesgo por manejo incorrecto de cargas.
- Psicología:
 - 560 Riesgo por relaciones personales en el puesto de trabajo.
 - 570 Riesgo por organización incorrecta del trabajo.

A partir del valor característico se analizará en cada uno de los riesgos a evaluar si su incidencia es mayor o menor. Por lo que son dos los conceptos que definen las circunstancias de la obra:

- Valor característico del parámetro a observar, que sirve de base.
- Evaluación de la incidencia en el riesgo del valor característico.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Esto implica que el valor característico puede ser mayor o menor dependiendo de la incidencia en el riesgo que se evalúa. Se indican (tabla 4.12) los valores máximos y mínimos que puede tomar cada valor característico y su representación gráfica.

Valor Característico y su incidencia en el Riesgo													
Incidencia al Riesgo	Numerador						Incidencia al Riesgo	Denominador					
	Poco	Algo	Complejo	Más	Mayor	Bastante		Poca	Regular	Adecuado	Bueno	Muy Bueno	Óptimo
Poco	1	2	3	7	12	19	Poco	3	4	7	11	18	25
Algo	1	2	4	8	13, 14	20, 21	Algo	2	4	6	10	17, 16	24, 23
Incide	2	3	5	9	15	22	Incide	2	3	5	9	15	22
Mucho	2	4	6	10	16, 17	23, 24	Mucho	1	2	4	8	14, 13	21, 20
Bastante	3	4	7	11	18	25	Bastante	1	2	3	7	12	19

Tabla 4. 12 – Valores característicos de incidencia en el riesgo

El estudio de los riesgos es pormenorizado a cada uno de ellos y en cada uno de los parámetros de la evaluación de la acción preventiva. Siguiendo con el ejemplo de ejecución de una fachada de ladrillo visto en una primera planta de una vivienda (figura 4.21) se muestran los resultados de la evaluación de cada parámetro y su incidencia en el riesgo.

Figura 4. 21 - Variación máxima y mínima para cada valor característico.

Se han reflejado los valores del riesgo absoluto (tabla 4.13) a partir de los datos del Plan de Seguridad y Salud, y se han trasladado los resultados de los valores característicos calculados de cada parámetro de evaluación, conforme a la expresión del nivel de la acción preventiva y a la relación entre el valor de la evaluación de la acción preventiva

con el riesgo absoluto definido en el plan de seguridad [44], [54-55]. En la tabla 4.13 se analiza la incidencia de cada parámetro en cada uno de los riesgos evaluados y se aplican las fórmulas del nivel de la acción preventiva, para el cálculo de la evaluación de la acción preventiva y el porcentaje de acción preventiva. Los valores del porcentaje del nivel de la acción preventiva indican la cantidad que se requiere de acción preventiva respecto a la prevención definida en el Plan de Seguridad y Salud.

Riesgos		Entorno Absoluto			Entorno Documental		Entorno Constructivo		Entorno Social		Evaluación	
Código	Descripción	P	C	R_{ab}	R_r	R_f	E	C_e	I_r	N_s	E_{acp}	$\%N_{acp}$
					9	6	15	5	3	15	3,60	
010	Distinto nivel	5	5	25	8	7	15	4	4	12	4,38	18%
020	Mismo nivel	3	3	9	10	5	12	4	4	12	3,13	35%
040	Manipulación	3	5	15	9	5	12	6	4	14	1,61	11%
110	Atrapamiento	1	3	3	10	5	12	5	4	15	2,00	67%
350	Térmico	3	3	9	7	5	12	4	4	16	1,64	18%
380	Iluminación	1	5	5	8	5	13	4	4	13	2,50	50%
420	Desplazamiento	3	3	9	10	5	16	6	4	12	2,78	31%
440	Cargas	1	5	5	9	5	15	4	4	12	3,52	70%
560	Relaciones	1	5	5	8	2	12	4	4	15	0,80	16%
570	organización	1	3	3	10	2	14	6	4	16	0,73	24%

Tabla 4. 12 - Análisis de evaluación de la incidencia del riesgo.

$$R = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot E \cdot \frac{1}{C_e} \cdot \frac{1}{I_r} \cdot \frac{1}{N_s} \right) \quad [44]$$

$$N_{acp} = R_{ab} \cdot E_{acp} \quad [54]$$

$$\%N_{acp} = \frac{E_{acp}}{R_{ab}} \quad [55]$$

4.3.2.3. Tercera fase: Bases de control de la acción preventiva

Sobre los valores del nivel de la acción preventiva se establece el criterio del control necesario para llegar a la situación óptima de prevención. Dichos criterios quedan establecidos en la misma gráfica de cuantificación de la tolerancia del riesgo. Esto implica que a cada nivel de tolerancia del riesgo le corresponden seis niveles de control de la acción preventiva. Dichos niveles quedan relacionados, a continuación, mediante un código de color que especifica la tolerancia del riesgo definida en el Plan de Seguridad y Salud (color a la izquierda) y el nivel de control de la acción preventiva (color a la derecha):

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- Tolerancia del riesgo trivial:
 - Control óptimo de la acción preventiva.
 - Control adecuado de la acción preventiva.
 - Más control de la acción preventiva.
 - Mayor control de la acción preventiva.
 - Control intensivo de la acción preventiva.
 - Control exhaustivo de la acción preventiva.
- Tolerancia del riesgo tolerable:
 - Control óptimo de la acción preventiva.
 - Control adecuado de la acción preventiva.
 - Más control de la acción preventiva.
 - Mayor control de la acción preventiva.
 - Control intensivo de la acción preventiva.
 - Control exhaustivo de la acción preventiva.
- Tolerancia del riesgo moderada:
 - Control óptimo de la acción preventiva.
 - Control adecuado de la acción preventiva.
 - Más control de la acción preventiva.
 - Mayor control de la acción preventiva.
 - Control intensivo de la acción preventiva.
 - Control exhaustivo de la acción preventiva.
- Tolerancia del riesgo importante:
 - Control óptimo de la acción preventiva.
 - Control adecuado de la acción preventiva.
 - Más control de la acción preventiva.
 - Mayor control de la acción preventiva.
 - Control intensivo de la acción preventiva.
 - Control exhaustivo de la acción preventiva.
- Tolerancia del riesgo intolerable:
 - Control óptimo de la acción preventiva.

- Control adecuado de la acción preventiva. ■ ■
- Más control de la acción preventiva. ■ ■
- Mayor control de la acción preventiva. ■ ■
- Control intensivo de la acción preventiva. ■ ■
- Control exhaustivo de la acción preventiva. ■ ■

Se identifican los colores en la gráfica del riesgo (figura 4.22):

Figura 4. 22 - Código de color de las bases control de acción preventiva.

Una vez que se obtienen los valores del nivel de la acción preventiva se establece el criterio para determinar el grado de exigencia para la evaluación. Para ello, la gráfica de cuantificación de los riesgos se multiplica por un factor de escala “ ε ”. Dicha gráfica con el factor de escala responde a la función polinómica [61]:

$$f(x) \cdot \varepsilon = (4x^2 + 4x + 1) \cdot \varepsilon \quad [61]$$

En la siguiente tabla (tabla 4.14) se expresan los criterios de control para diferentes escalas de exigencia de control:

	Factor de exigencia para el control de la acción preventiva							
Nivel de control	$\varepsilon=0,2$	$\varepsilon=0,4$	$\varepsilon=1$	$\varepsilon=2$	$\varepsilon=4$	$\varepsilon=10$	$\varepsilon=20$	$\varepsilon=50$
Control exhaustivo	5,0	10,0	25,0	50,0	100,0	250,0	500,0	1.250,0
Control intensivo	3,0	6,0	15,0	30,0	60,0	150,0	300,0	750,0
Mayor control	1,8	3,6	9,0	18,0	36,0	90,0	180,0	450,0
Más control	1,0	1,2	5,0	10,0	20,0	50,0	100,0	250,0
Control adecuado	0,6	0,4	3,0	3,0	12,0	30,0	60,0	150,0
Control óptimo	0,2	0,1	1,0	2,0	4,0	10,0	20,0	50,0

Tabla 4. 13 - Factor de escala v nivel de exigencia de la evaluación

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

La elección del factor de escala corresponde al evaluador y dependerá de los niveles de respuesta del nivel de la acción preventiva. Todo depende de la información contenida en la documentación, en la observación de las circunstancias constructivas y en la encuesta social. Se representan varias gráficas (figura 4.23) que indican cómo, para el valor de 10, la gráfica muestra una base de control de la acción preventiva que va desde control exhaustivo ($\varepsilon=0,4$), control intensivo ($\varepsilon=0,8$) y control adecuado ($\varepsilon=2$):

Figura 4. 23 - Código de color de las bases de acción preventiva.

Para el seguimiento de obra sobre la ejecución de una fachada de ladrillo visto en la planta primera de una vivienda, se ha seleccionado el factor de escala $\varepsilon=4$; por lo que todos los valores obtenidos del Nivel de la Acción Preventiva se compararán con la gráfica obtenida en base a la función polinómica que equivale a la expresión [62-63]:

$$f(x) \cdot 4 = (4x^2 + 4x + 1) \cdot 4 \quad [62]$$

$$4f(x) = (16x^2 + 16x + 4) \quad [63]$$

. Dicha gráfica, por analogía a los valores percentiles, para $x = 2$, el valor que obtiene es 100 (figura 4.24):

Figura 4. 24 – Gráfica base de comparación para $\varepsilon=4$.

A continuación se representan los resultados definitivos de la evaluación (figura 4.25) en una gráfica que identifica, en el eje izquierdo de ordenadas, los valores cuantificados de la evaluación del plan de seguridad y salud laboral representados por barras; en el eje horizontal la relación de cada uno de los riesgos evaluados identificados por su código representados por una línea quebrada negra; en el eje horizontal cuatro de las técnicas de lucha contra el riesgo (Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología) representados por barras de color; y, finalmente, en el eje vertical derecho de ordenadas el rango de valores percentiles del nivel de la acción preventiva; y que indica el desvío de nivel de acción preventiva o cantidad de acción preventiva, respecto a la base inicial del plan de seguridad, que se requiere para llegar a la situación de control óptimo. Dicha gráfica se referencia sobre la gráfica base de comparación para $\varepsilon=4$.

En el ejemplo que se sigue durante el apartado del protocolo, se obtienen los resultados definitivos de la evaluación de la unidad de obra de ejecución de una fachada de ladrillo visto en una primera planta para una vivienda unifamiliar (tabla 4.15). Los resultados se ofrecen como el porcentaje de nivel de acción preventiva requerido para cada uno de los riesgos evaluados (en línea negra quebrada), para cada técnica de lucha contra el riesgo (en barras agrupadas y con el color de la acción preventiva requerida) y para el conjunto de la unidad de obra evaluada (en línea de puntos negra); la línea roja identifica la separación con la acción preventiva exhaustiva.

Figura 4. 25 - Gráfica de resultados definitivos de la evaluación y comparación para $\varepsilon=4$.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Código	Riesgo	Tolerancia	E _{acp}	%N _{acp}	Control	Técnica	%N _{acp}	
010	Distinto nivel	Intolerable	4,38	18%	Más control	Seguridad	32%	36%
020	Mismo nivel	Moderado alto	3,13	35%	Control Intensivo			
040	Manipulación	Importante	1,61	11%	Control Adecuado			
110	Atrapamiento	Tolerable	2,00	67%	Control exhaustivo			
350	Térmico	Moderado alto	1,64	18%	Más control	Higiene	34%	
380	Iluminación	Moderado	2,50	50%	Control intensivo			
420	Desplazamiento	Moderado alto	2,78	31%	Mayor control	Ergonomía	51%	
440	Cargas	Moderado	3,52	70%	Control exhaustivo			
560	Relaciones	Moderado	0,80	16%	Más control	Psicología	20%	
570	organización	Tolerable	0,73	24%	Mayor control			

Tabla 4. 14 - Nivel de acción requerido para cada riesgo, técnica de lucha y total.

4.3.2.4. Fase cuarta: Criterios de recomendación

Los criterios de recomendación se basan en los porcentajes obtenidos. Las recomendaciones pueden estar enfocadas a partir de un único riesgo, de un conjunto de riesgos, de una sola técnica de lucha contra el riesgo o de todos los riesgos en conjunto.

Con la información obtenida, la toma de datos y las encuestas, se pueden realizar recomendaciones particulares en cada uno de los parámetros de la fórmula del nivel de la acción preventiva. Dichas recomendaciones abarcan el entorno documental, el entorno constructivo y el entorno social. Así mismo, se pueden establecer recomendaciones particulares respecto a un solo tipo de riesgo, a un conjunto de riesgos, sobre una técnica de lucha contra el riesgo o sobre todos los riesgos juntos.

Para conseguir mejores resultados o respuestas de control óptimo es necesario coordinar la acción preventiva desde los niveles de prevención en la evaluación de riesgos del Plan de Seguridad y Salud; coordinando con los proyectistas soluciones constructivas que mejoren las condiciones de seguridad de la obra; coordinando con los agentes de la obra los puntos a mejorar del desarrollo de la obra y coordinando con todas las personas que componen la obra, recomendaciones de tipo psicosocial. Todas las recomendaciones generales se relacionan en diferentes ámbitos:

- En el entorno documental. Cualquier variación en la evaluación de riesgos definida en el Plan de Seguridad y Salud del proyecto de obras puede alterar los resultados finales del nivel de la acción preventiva. Dichas modificaciones son referidas al riesgo absoluto en los parámetros de la probabilidad y las consecuencias. No obstante, el aspecto documental implica recomendaciones

en el diseño definido para la edificación y en el tipo de material, por lo que se requiere un análisis más profundo para la modificación de un proyecto. Este tipo de recomendaciones se aplican a criterios de oficina en cuanto a la geometría y al material, y a criterios de obra en cuanto a la complejidad de la unidad de obra y su posicionamiento en fase de ejecución, por lo que se pueden aplicar:

- Recomendaciones al Plan de Seguridad y Salud.
 - Recomendaciones a la geometría definida de la edificación.
 - Recomendaciones a la tipología de material determinado.
 - Recomendaciones a la complejidad de la unidad de obra.
 - Recomendaciones al posicionamiento de la unidad de obra.
- En el entorno constructivo. En el que se analiza la cantidad de veces que el trabajador se expone al riesgo tanto en el tajo de obra como en el entorno de obra y en el entorno de acceso hasta la unidad de obra. A su vez analiza el procedimiento organizativo de la ejecución de la obra a nivel individual y a nivel de cuadrillas, y evalúa la cantidad de equipos de protección individual que tienen los trabajadores y la efectividad de los medios de protección colectivos. Este tipo de recomendaciones se desarrollan a pie de obra y se pueden establecer los criterios de:
 - Recomendaciones al grado de exposición al riesgo de los trabajadores.
 - Recomendaciones a los medios humanos, de material y maquinaria.
 - Recomendaciones a los equipos de protección individual.
 - Recomendaciones a los sistemas de protección colectivos.
 - Recomendaciones a la organización de la obra.
- Entorno social. En este sentido se toman tanto los resultados del nivel de la acción preventiva como los resultados de la encuesta psicosocial a pie de obra. Se evalúa la participación del trabajador y los agentes de obra en los sistemas de prevención, la información en prevención y el aspecto exterior de la obra; así como los aspectos generales de la percepción personal, percepción del entorno de obra y percepción de la seguridad en relación al comportamiento por el estrés y el estado de ánimo de los trabajadores. Este tipo de recomendaciones se desarrollan a pie de obra y se pueden establecer los criterios de:
 - Recomendaciones a la participación de los trabajadores en los sistemas de prevención.
 - Recomendaciones a la percepción personal en el ámbito de:
 - Los estados de ánimo de los trabajadores.

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

- La energía que sienten en el desarrollo de las tareas.
- La satisfacción personal.
- La satisfacción laboral.
- Recomendaciones a la percepción del entorno de obra:
 - A la participación individual en la seguridad.
 - A la participación grupal en los sistemas de prevención.
 - Al análisis de los riesgos en el entorno de la unidad de obra.
 - A la protección personal de los riesgos de obra.
 - A la protección general de la obra.
- Recomendaciones a la incongruencia existente por la percepción del entorno entre los trabajadores y el evaluador.

Los entornos documental, constructivo y social están ligados a las diferentes fases de desarrollo constructivo por lo que las recomendaciones de acción preventiva en base a los resultados que se obtienen, pueden abarcar las fases de:

- Concepción de la edificación, en los planteamientos del anteproyecto. Dicha circunstancia corrige situaciones de otras obras, por lo que los resultados del nivel de acción preventiva pueden trasladarse al desarrollo de otras edificaciones con el fin de mejorar la prevención.
- Desarrollo de la documentación de proyecto de la edificación en base al criterio del coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto. Al igual que en el punto anterior, se puede trasladar la información obtenida en una obra a la etapa de proyecto con el fin de adaptar las condiciones constructivas en la mejora de los sistemas de prevención.
- Contratación de la construcción entre el promotor y el contratista.
- Ejecución de la edificación en base a los resultados que se obtienen durante la construcción del edificio, bajo el control del coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución de obra.
- Entrega de la edificación con las indicaciones de prevención en los procedimientos de uso y mantenimiento.

Las recomendaciones particulares pueden establecerse a cada uno de los criterios de recomendación en los entornos de obra y diferentes etapas del proceso edificatorio en los términos de la evaluación realizada, determinando:

- Recomendaciones de cada uno de los riesgos evaluados.
 - En los entornos de obra.

- En la etapas de construcción.
- Recomendaciones de seguridad para la unidad de obra.
 - En los entornos de obra.
 - En la etapas de construcción.
- Recomendaciones de higiene para la unidad de obra.
 - En los entornos de obra.
 - En la etapas de construcción.
- Recomendaciones de ergonomía para la unidad de obra.
 - En los entornos de obra.
 - En la etapas de construcción.
- Recomendaciones de psicología para la unidad de obra.
 - En los entornos de obra.
 - En la etapas de construcción.

Por último, es conveniente conseguir la participación en los sistemas de prevención de todas las personas que desarrollan una edificación. Las instrucciones en seguridad efectivas tienen que dirigirse a los trabajadores y agentes de obra para que el conocimiento de seguridad se incremente, por lo que todos los trabajadores tienen que llegar a darse cuenta del riesgo de su trabajo (Fung, Tam, T.Y., & Lu, 2010). La figura del Coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto y en fase de ejecución de obra es la persona que establece el nexo de unión de todos los trabajadores y agentes de obra (promotor, contratista, proyectista, director de obra, director de ejecución y obreros) en los sistemas de prevención de riesgos.

4.3.2.5. Fase quinta: Comprobación del progreso de los resultados

Una vez obtenidos los resultados de evaluación del nivel de la acción preventiva y establecida la base control de actuación preventiva conforme a las recomendaciones en cada uno de los ámbitos de los entornos y etapas de la edificación, se procede a establecer el criterio de comprobación respecto al progreso de los resultados.

Es importante realizar algunas consideraciones particulares sobre la fórmula del nivel de la acción preventiva [44]:

$$N_{acp} = P_{ab} \cdot C_{ab} \cdot \left(R_r \cdot R_f \cdot E \cdot \frac{1}{C_e} \cdot \frac{1}{I_r} \cdot \frac{1}{N_s} \right) \quad [44]$$

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

Esta metodología de evaluación de riesgos posibilita las recomendaciones desde la primera inspección que se realiza a la obra. Los resultados son de carácter inmediato por lo que se podría realizar comprobación del progreso de los sistemas de prevención de manera rápida y adaptada a las condiciones de ejecución, organización y desarrollo de la ejecución de una obra. Ello establece que habrá condiciones particulares en los parámetros ya que algunos no permiten ser modificados (sin previo análisis) durante la ejecución de obra y no se verán modificados en el transcurso de la evaluación:

- El riesgo absoluto determina cuantitativamente la evaluación definida en el Plan de Seguridad y Salud laboral de la obra, por lo que durante la fase de ejecución es un parámetro que no se modifica, a priori; salvo que se produzcan cambios de relativa importancia en la obra y se requiera la elaboración de Proyectos Modificados con sus correspondientes Estudios de Seguridad y Salud y Planes de Seguridad aprobados por el Coordinador de seguridad y salud en fases de proyecto y ejecución de obra.
- El parámetro del riesgo relativo determina la complejidad propia de la unidad de obra que se está evaluando. Generalmente, las condiciones de complejidad no suelen cambiar de forma evidente por lo que el valor característico no ofrecerá resultados variables. Aunque dependerá del resultado final en la evaluación de la acción preventiva si este parámetro ofrece resultados mejores. Su variación afecta a la organización y gestión de la obra, por lo que su modificación obliga a un análisis particular fuera del ámbito de la obra.
- El parámetro del riesgo frontera tampoco suele ser cambiante en su valor característico debido a su dependencia de la posición espacial en la obra. Es un parámetro que sirve para recomendar definiciones geométricas con carácter posterior a la ejecución de la obra.
- El grado de exposición es un parámetro que permite modificaciones puntuales según la cantidad de tiempo a la que se exponen al riesgo los trabajadores y agentes de obra. Su modificación es a pie de obra, adaptándose a las necesidades de la gestión y sistemas de prevención de la obra. El valor modificado decrementa la evaluación de la acción preventiva acercando el nivel de control de la acción preventiva a la situación óptima de control.
- La capacidad económica es un parámetro que puede ser empleado en las recomendaciones durante la fase de ejecución de obra. Afecta a los sistemas de medios humanos, materiales y herramientas, y sistemas de prevención individuales y colectivos. Su modificación hacia la mejora del control del riesgo implica el aumento de la capacidad económica del empresario en dichos sistemas, por lo que la evaluación del nivel de la acción preventiva del riesgo

decrementa su valor acercando el nivel de control de la acción preventiva a la situación óptima de control.

- El interés relativo o participativo de los trabajadores en los sistemas de prevención, es un parámetro modificable a pie de obra. Su variación hacia valores mejores de control del riesgo implica el aumento de la participación en la seguridad, acercando el nivel de control de la acción preventiva a la situación óptima de control.
- El nivel de satisfacción es un parámetro que permite su variación a pie de obra. Su modificación hacia valores de mejora implica que la percepción de los trabajadores y agentes de obra sobre los riesgos y los sistemas de prevención en el entorno de la obra que se desarrolla, se aumenta. Lo cual enlaza mayor percepción del riesgo y menor relación de incongruencia del entorno entre el trabajador y el evaluador, por lo que el nivel de control de la acción preventiva se dirige a la situación óptima de control.

4.4. LA PARTICIPACIÓN

Es fundamental establecer las condiciones de clima de seguridad o entorno de seguridad en los diferentes entornos de trabajo del proceso edificatorio, observando la actitud y la percepción en lo referente a la seguridad y salud de los trabajadores (Coyle, Sleema & Adams, 1995; Neal, Griffin & Hart, 2000). Actualmente se necesita tener más conocimiento que muestre los aspectos humanos, tanto de forma individual como colectiva; que son los factores de riesgo más impredecibles (Saari, 1995), recabando información sobre los aspectos preventivos desde dos posturas diferentes; desde un enfoque de grupo y desde un enfoque individual (Haslam et al, 2005). Las investigaciones establecen la relación entre la falta de clima de seguridad en el lugar del trabajo, gran demanda psicológica en el trabajo, limitación a la libertad de decisión y la falta de apoyo de los compañeros como comportamiento inseguro (Gillen, Baltz, Gassel, Kirsch & Vaccaro, 2002; Mohamed, Ali & Tam, 2009), siendo necesario mayor implicación de los agentes de la construcción para alertar a los trabajadores de los métodos de trabajo peligrosos y las condiciones precarias de seguridad, y expresar a los trabajadores su preocupación y elogios con el trabajo seguro (Karasek et al, 1998). De esta forma se hace que el trabajador se sienta en un entorno más participativo y de mayor control de la incertidumbre, lo cual hace que sean más propensos a tener conciencia preventiva y segura, y creérselo; consiguiendo un comportamiento seguro del sitio (Mohamed, Ali & Tam, 2009), por lo que estas percepciones del clima de seguridad influyen en la acción segura a través de sus efectos sobre el conocimiento y la motivación (Neal, Griffin & Hart, 2000). Con todo ello se pretende mitigar el exceso de confianza de los trabajadores de la construcción, aumentar los niveles de autonomía

CAPÍTULO 4 – PROCEDIMIENTO

(Lorento, Salanova & Martínez, 2011), aumentar el clima de seguridad y satisfacción laboral (Abbas, Zalat & Ghareeb, 2013) mediante la participación de las personas que están implicadas en el desarrollo de una edificación, en todas las etapas y entornos de la misma (Neal, Griffin & Hart, 2000; Gambatase, Behm & Rajendran, 2008).

Durante el desarrollo de la toma de datos se ha podido comprobar la falta de interés de todos los agentes de la edificación y de todos los operarios en materia de prevención de riesgos. El procedimiento que se plantea en la obra, es que alguien tiene que tomar la decisión en temas relacionados con la seguridad, y alguien tiene que adquirir la responsabilidad por las decisiones en materia de prevención. Sorprende que los técnicos proyectistas y facultativos, los constructores y los promotores desconozcan el alcance de las responsabilidades respecto a la seguridad y salud laboral (BOE, nº: 269, 1995; BOE, nº: 256, 1997).

Se ha publicado, recientemente, la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo 2015 (INSHT, 2017), a nivel europeo abarcando los 28 países de la Eurozona; cuyo reto es el de evitar un mayor deterioro de las condiciones de seguridad y de salud en los centros de trabajo, aumentando la visibilidad de las mismas. En la encuesta se vuelve a constatar que en el sector de la construcción aparecen los criterios más negativos respecto a los cambios de las condiciones de trabajo, incremento de las horas de trabajo y reducción de los salarios, en más del 47% de los trabajadores, a nivel general, afectando a las formas de trabajo y a la salud de los trabajadores.

Es fundamental la participación de todos los agentes de la edificación y de todos los trabajadores para que se produzcan mejoras en los sistemas de prevención de las obras de construcción. El parámetro del Interés Relativo (I_r) está relacionado con todos los parámetros de la fórmula:

- El entorno absoluto podrá mejorar en función del interés participativo para la prevención de los proyectistas de la edificación, mejorando las circunstancias de probabilidad y consecuencias de los riesgos.
- El entorno documental podrá mejorar en función del interés participativo en la prevención de los proyectistas de la edificación, mejorando las características físicas y geométricas del mismo.
- El entorno constructivo podrá mejorar en función del interés participativo del contratista y de los trabajadores, mejorando los medios materiales, humanos y sistemas de prevención de la obra.
- Y el entorno social podrá mejorar en función del interés participativo de todas las personas que están realizando la obra, mejorando la participación y el nivel de satisfacción.

CAPÍTULO 5. APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. ANTECEDENTES

5.1.1. Observaciones iniciales

La práctica del ejercicio profesional y las investigaciones en materia de seguridad y salud laboral en las obras de edificación determinan que tanto la documentación como la práctica profesional de la seguridad y salud no se consideran gestiones de importancia (Coyle, Sleema & Adams, 1995; Haslam et al, 2005) en el cometido de la prevención, y pueden ser implicación de factores clave en los accidentes. Por lo que antes de que se procediera a la aplicación práctica del método se estuvieron realizando ajustes durante dos meses para observar la aplicabilidad del protocolo. Dichos ajustes se designaron a los criterios de evaluación de cada uno de los parámetros de la nueva fórmula y a sus correspondientes valores característicos, con el fin de aproximar la observación de la realidad a los valores de cuantificación del método.

Para el acceso a la obra se ha contado con un seguro de accidentes individual con la empresa aseguradora “MUSAAT Mutua de Seguros a Prima Fija¹¹⁹”

5.1.2. Identificación de los agentes de la edificación

El solar es propiedad de la empresa promotora “INMOTOLEDO S.L.”, empresa dedicada a la promoción inmobiliaria, desarrollo de suelo, edificaciones y planeamientos. Dicha empresa está gestionada por los empresarios:

- D. Lucas Gilaranz Serrano.
- D. Justo Moreno Villarrubia.

¹¹⁹ MUSAAT: Mutua de Seguros de Aparejadores y Arquitectos Técnicos.

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

La empresa contratista es “VALARVE E HIJOS S.L.L.”, empresa dedicada a la construcción de edificios residenciales. Dicha empresa está gestionada por los empresarios:

- D^a María del Carmen Toledo Gómez.
- Valentín Esteban Ruano.
- Gustavo A. Esteban Toledo.
- Ángel Esteban Toledo.

El proyectista ha sido el Arquitecto D. Alfonso Asperilla López, miembro del Colegio Oficial de Arquitectos De Castilla La Mancha, delegación en Toledo.

El coordinador de seguridad y salud en la fase de proyecto ha sido el Arquitecto D. Alfonso Asperilla López.

El director de obra ha sido el Arquitecto D. Alfonso Asperilla López.

El director de ejecución material de la obra ha sido D. David Asperilla López Graduado en Ingeniería de la Edificación y miembro del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos e Ingenieros de la Edificación de Toledo.

El Coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución de obra ha sido D. David Asperilla López.

5.1.3. Identificación de la edificación

La empresa promotora es propietaria del solar sito en el Sector S-3A, parcelas 76, 77, 78, 79, 80 y 81, en el término municipal de Torrejón de la Calzada (Madrid). Se trata de 6 parcelas de topografía con muy poca pendiente. Las parcelas tienen una superficie, cada una, de 248,50 m² por lo que la superficie total del solar de actuación es de 1.491,00 m². El solar (figura 5.1) está calificado como suelo urbano, totalmente urbanizado y disponen de acceso rodado, asfaltado, red de saneamiento, abastecimiento de agua, suministro de energía eléctrica y telefonía.

La construcción se trata de 6 viviendas unifamiliares adosadas, de tres plantas, una bajo rasante para garaje y trastero y dos sobre rasante para la vivienda. La superficie construida total de la edificación es de 1.528,26 m². El presupuesto de ejecución material que consta en la documentación del proyecto es de 638.972,16 €. En dicho presupuesto consta el capítulo de seguridad y salud al que se le dedica la cantidad de 12.000,00 €, el equivalente al 1,88% del total del presupuesto.

Figura 5. 1 - Fotografía del solar para la toma de datos.

La distribución de las viviendas es la siguiente:

- Planta de sótano para uso de aparcamiento con capacidad para dos plazas, con trastero y cuarto de instalaciones (figura 5.2).

Figura 5. 2 - Distribución de la planta semisótano.

- Planta baja distribuida con acceso mediante escaleras y porche de entrada al que se accede a la vivienda mediante un vestíbulo de entrada, escalera de acceso a la planta primera, tres viviendas tienen un dormitorio y un baño con ducha, las otras tres viviendas tienen una cocina y un aseo con ducha. El salón

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

en las seis viviendas se ubica en la parte posterior de las viviendas con salida al jardín posterior (figura 5.3):

Figura 5. 3 - Distribución de la planta baja.

- Planta alta distribuida por igual en las seis viviendas, desde la escalera se accede a un distribuidor con dos dormitorios en la parte posterior de la vivienda, un baño completo y un dormitorio principal con vestidos dormitorio hacia la fachada anterior y baño completo con ducha. El dormitorio principal tiene acceso a una terraza exterior (figura 5.4):

Figura 5. 4 - Distribución de la planta alta.

Los alzados de la edificación se resuelven con ladrillo visto color rojo en la planta alta con remate en el basamento con zócalo de mortero monocapa color claro. La cubierta es inclinada a dos aguas y las tejas son de tipo mixto en color oscuro (figura 5.5):

Figura 5. 5 - Alzados de la edificación. Principal y posterior.

Los sistemas constructivos de las viviendas son los siguientes:

- Cimentación basada en zapatas corridas de hormigón armado.
- La estructura portante se resuelve mediante muros de carga de hormigón armado de 25 cm de espesor en planta semisótano y con ladrillo de un pie de espesor en el resto de plantas.
- La estructura horizontal se resuelve con pórticos metálicos que apoyan sobre los muros y sobre los que descargan placas prefabricadas de hormigón de canto de 20 cm para una capa de compresión de 5 cm.
- La cubierta se resuelve con alero recto de hormigón, tabiques palomeros, aislante térmico, tablero cerámico y teja mixta oscura.
- Las carpinterías son de acero en los accesos principales y de aluminio lacado en color blanco con vidrio de tipo climalit con cámara.
- Los acabados de las viviendas se resuelven con tarima flotante en vestíbulo, salón, pasillos y dormitorios. La cocina y los baños se resuelven con solados de mármol y gres; y con alicatados de mármol y gres. Los revestimientos de yeso se cubren con pintura plástica lisa en color.
- Las instalaciones de las viviendas son fontanería, electricidad, gas, energía térmica solar y telecomunicaciones.

5.1.4. Análisis previo de la documentación

Se ha procedido al estudio de la documentación del proyecto de ejecución de la edificación, con la identificación de visado por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid número FM/018269/2015 a fecha 16 de diciembre de 2015, que consta de todos los documentos reglamentarios. De la misma forma se ha analizado la documentación del Estudio de Seguridad y Salud redactado por el proyectista, y del Plan de Seguridad y Salud redactado por la empresa constructora y que está fechado en febrero de 2016.

El Estudio de Seguridad y Salud establecen las necesidades preventivas generales para los diferentes sistemas constructivos, en el que se realiza una evaluación de riesgos global sin especificaciones particulares. Se identifican los riesgos y las medidas preventivas de los sistemas constructivos, de las herramientas, maquinaria y los medios auxiliares. Se añade el pliego de condiciones técnicas generales y particulares y se adjunta un presupuesto de ejecución material para el capítulo de seguridad y salud en el que se hace constar protecciones individuales y protecciones colectivas. Finalmente se adjuntan planos con leyendas genéricas de señales de seguridad, vallado de la parcela, servicios de higiene y bienestar, y protecciones para los andamios y bordes de forjados.

De manera particular, todos los riesgos previstos en el Estudio de Seguridad y Salud se han considerado como “no eliminables” sin especificar la tolerancia del riesgo en cada sistema constructivo una vez establecidas las condiciones de prevención. En el documento se establecen los listados de riesgos que tienen su aparición en las diferentes unidades constructivas, y a continuación se establecen las condiciones generales o medidas de prevención. Se hace indicación a las condiciones de iluminación en los lugares de trabajo y tránsito; aunque no se hace mención a los riesgos por estrés térmico. Así mismo, no se consideran los riesgos de tipo psicosocial: relaciones y organización del trabajo. Respecto a la evaluación de los riesgos no queda determinada la tolerancia del riesgo en ninguno de los sistemas constructivos y sus correspondientes trabajos asociados, procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares a utilizar, especificados en el documento.

El Plan de Seguridad y Salud establecen las necesidades preventivas generales para los diferentes sistemas constructivos, en el que se realiza una evaluación de riesgos particular para cada sistema constructivo. Se identifican los riesgos y las medidas preventivas de los sistemas constructivos, de las herramientas, maquinaria y los medios auxiliares. Se añade el pliego de condiciones técnicas generales y particulares y se adjunta un presupuesto de ejecución material para el capítulo de seguridad y salud en el que se hace constar protecciones individuales y protecciones colectivas. Finalmente se adjuntan planos con leyendas genéricas de señales de seguridad, vallado de la parcela, servicios de higiene y bienestar, y protecciones para los andamios y bordes de forjados.

De forma particular, en el Plan de Seguridad y Salud se realiza un estudio más específico de la evaluación del riesgo en cada sistema constructivo. Para los riesgos establecidos como importantes o intolerables, no se podrá dar comienzo al tajo de trabajo, o no podrá continuar el trabajo mientras no se determinen las medidas preventivas. En el caso de riesgos moderados se podrá iniciar o continuar el trabajo con las medidas de seguridad indicadas. En los riesgos tolerables se permite el inicio o la continuación del trabajo con las protecciones indicadas en el apartado correspondiente. En la siguiente tabla (tabla 5.1) se muestran las tolerancias del riesgo determinadas en cada sistema constructivo para los riesgos establecidos como característicos de las obras de edificación, y su correspondiente evaluación. Ha habido riesgos que no se han contemplado en la evaluación del Plan de Seguridad y Salud de la obra, por lo que se representan con un guion.

	Sistemas constructivos definidos en el PSS													Medios Auxiliares			Herramientas		
	Trabajos Previos	Movimiento de Tierras	Cimentación Saneamiento	Encofrados y Ferralla	Estructura	Forjados	Albañilería exterior	Cubierta	Albañilería interior	Instalaciones	Carpintería exterior y vidrio	Carpintería interior	Pintura	Andamio Fijo	Borriquetas	Redes verticales Horca	Herramientas manuales	Maquinaria camión-grúa	Mesa de sierra circular
Identificación del Riesgo	Evaluación del Riesgo																		
Seguridad																			
Caída de personas a distinto nivel.	MO	IM	IM	IN	IN	IN	IN	IN	IM	MO	MO	-	MO	IN	IN	IM	-	MO	-
Caída de personas al mismo nivel.	TO	MO	TO	MO	MO	IM	IM	IM	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	MO	-	-	-
Caída de objetos en manipulación.	MO	-	-	MO	IN	IN	IN	IN	IN	MO	IM	TO	IM	IN	MO	IN	IM	MO	MO
Atrapamiento por o entre objetos.	-	MO	IM	MO	MO	MO	MO	MO	MO	-	MO	MO	-	MO	-	MO	MO	IM	IN
Higiene																			
Estrés térmico.	TR	TO	TO	TO	TO	-	MO	MO	-	-	-	-	-	-	-	IM	-	-	-
Iluminación.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ergonomía																			
Desplazamiento centro de trabajo.	TO	MO	MO	MO	MO	IM	IM	IN	TO	TO	TO	TO	TO	TO	TO	MO	-	MO	-
Manejo de cargas.	MO	MO	-	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	MO	-	-	MO	IM	IM
Psicosociología																			
Relaciones.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Organización de trabajo incorrecta.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--
Identificación del Riesgo	Cuantificación de la Evaluación del Riesgo																		
Seguridad																			
Caída de personas a distinto nivel.	5	15	15	25	25	25	25	25	15	5	5	-	5	25	25	15	-	5	-
Caída de personas al mismo nivel.	3	5	3	5	5	15	15	15	3	3	3	3	3	3	3	5	-	-	-
Caída de objetos en manipulación.	5	-	-	5	25	25	25	25	25	5	15	3	15	25	5	25	15	5	5
Atrapamiento por o entre objetos.	-	5	15	5	5	5	5	5	5	-	5	5	-	5	-	5	5	15	25
Higiene																			
Estrés térmico.	1	3	3	3	3	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-
Iluminación.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ergonomía																			
Desplazamiento centro de trabajo.	3	5	5	5	5	15	15	25	3	3	3	3	3	3	3	5	-	5	-
Manejo de cargas.	5	5	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	5	15	15
Psicosociología																			
Relaciones.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Organización trabajo incorrecta.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	--

Tabla 5. 1 - Evaluación de riesgos del plan de seguridad y salud y cuantificación.

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

La codificación de las tolerancias es para riesgo intolerable (IN), para importante (IM), para moderado (MO), para tolerable (TO) y para trivial (TR). En la parte inferior de la tabla corresponden los valores de cuantificación asociados a la evaluación del Plan de Seguridad y Salud. Para el estudio de esta investigación se han tomado del listado o clasificación de riesgos establecidos por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Bestratén, 2004), los riesgos más representativos durante las fases de construcción en los sistemas constructivos de mayor índice de siniestralidad: estructuras, cerramientos y cubiertas. Estos riesgos están presentes en la mayoría de los sistemas constructivos de las obras de edificación:

Para el grupo de riesgos de Seguridad:

- Riesgo de caída de personas a distinto nivel, código 010.
- Riesgo de caída de personas al mismo nivel, código 020.
- Riesgo de caída de objetos en manipulación, código 040.
- Riesgo de atrapamiento por o entre objetos, código 110.

Para el grupo de riesgos higiénicos:

- Riesgo de estrés térmico, código 350.
- Riesgo de iluminación, código 380.

Para el grupo de riesgos ergonómicos:

- Riesgo de desplazamiento en el centro de trabajo, código 420.
- Riesgo de manejo de cargas, código 440.

Para el grupo de riesgos de Psicología:

- Riesgo de relaciones, código 560.
- Riesgo de organización del trabajo incorrecta, código 570.

Se han cuantificado los datos obtenidos desde el Estudio de Seguridad y Salud y desde el Plan de Seguridad y Salud en relación a la evaluación de riesgos establecida en ambos documentos (tabla 5.2).

Identificación del Riesgo	Cuantificación de la Evaluación del Riesgo																	
Seguridad																		
Caída de personas a distinto nivel.	5	15	15	25	25	25	25	25	15	5	5	5	5	25	25	15	5	5
Caída de personas al mismo nivel.	3	5	3	5	5	15	15	15	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5
Caída de objetos en manipulación.	5	5	5	5	25	25	25	25	5	15	3	15	25	5	25	15	5	5
Atrapamiento por o entre objetos.	5	5	15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	15	25
Higiene																		
Estrés térmico.	1	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	15	5	5
Iluminación.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ergonomía																		
Desplazamiento centro de trabajo.	3	5	5	5	5	15	15	25	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5
Manejo de cargas.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	15	15
Psicología																		
Relaciones.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Organización trabajo incorrecta.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 5. 2 - Evaluación de riesgos del plan de seguridad y salud y cuantificación.

Para los riesgos no cuantificados en el Plan de seguridad se procede con el criterio conservador de calificar con el valor 5 o tolerancia del riesgo moderada. Los riesgos no evaluados son:

- Estrés térmico, del grupo de riesgos de higiene industrial.
- Iluminación, del grupo de riesgos de higiene industrial.
- Relaciones, del grupo de riesgos psicosociológicos.
- Organización trabajo incorrecta, del grupo de riesgos psicosociológicos.

Para poder ofrecer resultados con referencia a los datos de partida del Plan de Seguridad y Salud se ha procedido a cuantificar dichos riesgos con un valor moderado, ya que las situaciones de estrés térmico se soportan durante el transcurso de una obra de edificación por el tiempo que se emplea en ello, pudiendo abarcar los meses más fríos y los más cálidos. Respecto al riesgo de iluminación los trabajadores tendrán condiciones de trabajo sin elementos que sirvan de parasol (cimentación, cubiertas, etc.) o incluso, situaciones de trabajo en interiores o semisótanos sin apenas iluminación. Respecto a las relaciones interpersonales, durante el transcurso de la obra se producirán situaciones de estrés individual y grupal que se tienen que considerar como factor importante. El riesgo de organización del trabajo incorrecto se debe al error en la transmisión de las órdenes o explicaciones para la realización de la tarea, algo muy habitual en las obras de edificación.

5.2. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MÉTODO

5.2.1. Toma de datos

Las tablas que se han empleado son de tipo “Excel” y los datos que se han tomado a pie de obra se han trasladado a estas tablas que se han adaptado a las necesidades tanto de la toma de datos como del protocolo del procedimiento.

Se han efectuado 34 visitas a la obra.

El procedimiento es tomar fotografías generales de la situación de la obra y fotografías particulares de cada una de las unidades de obra que se van a evaluar. Las fotografías muestran el trabajo que se está desarrollando, los equipos personales de seguridad y la organización de cada unidad de obra. Como ejemplo se muestran las fotografías de la ejecución de un tabique trasdosado de fachada y su aislamiento (figura 5.6):

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

Visita de obra 9, a fecha 10 de agosto de 2016
Ejecución de tabique trasdosado de fachada medianera

Figura 5. 6 - Alzados de la edificación. Principal y posterior.

En la tabla se realiza una descripción breve de la unidad de obra y se define el punto de evaluación con un código que identifica el número de evaluación en el día de la inspección. A continuación se especifica un código que identifica si la unidad de obra está en ejecución o viva o con operarios trabajando, junto con una numeración que identifica el número de unidades activas de obra que se han inspeccionado en el día de la visita para ser evaluadas; y otro código que indica si la unidad de obra no está en ejecución o muerta o sin operarios trabajando, junto con una numeración que identifica el número de unidades pasivas de obra que se han inspeccionado en el día de la visita para ser evaluadas (tabla 5.3).

Fecha:	Punto de Evaluación						Identificación de la Unidad de Obra
10 de agosto de 2016	Número	9	Activo	a1	Pasivo	p0	Tabiques

Tabla 5. 3 – Datos identificativos en tabla de datos técnicos.

Cada visita de obra o punto de evaluación tiene las siguientes referencias con la identificación de la unidad de obra evaluada y la encuesta a pie de obra que se les realiza a todos los operarios que están trabajando en el día de la visita:

- **Visita 1, 17 de junio de 2016**
 - Visita 01.1a
 - Forjado – montaje de armaduras
 - Encuesta psicosocial a 8 trabajadores
- **Visita 2, 23 de junio de 2016**
 - Visita 02.1a
 - Fachada – muro de medio pie tosco
 - Encuesta psicosocial a 5 trabajadores
- **Visita 3, 1 de julio de 2016**
 - Visita 03.1a
 - Fachada – muro de medio pie visto
 - Encuesta psicosocial a 8 trabajadores
- **Visita 4, 6 de julio de 2016**
 - Visita 04.1a
 - Forjado – montaje de placas de forjado
 - Visita 04.2a
 - Fachada – muro de medio pie tosco
 - Encuesta psicosocial a 6 trabajadores
- **Visita 5, 12 de julio de 2016**
 - Visita 05.1a
 - Forjado – colocación de armadura de forjado
 - Encuesta psicosocial a 5 trabajadores
- **Visita 6, 14 de julio de 2016**
 - Visita 06.1a
 - Fachada – muro de medio pie tosco
 - Encuesta psicosocial a 5 trabajadores
- **Visita 7, 26 de julio de 2016**
 - Visita 07.1a
 - Forjado – trabajos de soldadura
 - Visita 07.2a

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

- Fachada – muro de medio pie visto
- Visita 07.3a
 - Fachada – muro de un pie tosco
- Encuesta psicosocial a 8 trabajadores
- **Visita 8, 1 de agosto de 2016**
 - Visita 08.1a
 - Escaleras – tablero cerámico inclinado
 - Visita 08.2a
 - Fachada – muro de medio pie visto
 - Visita 08.3a
 - Escaleras – colocación de vigas zancas
 - Encuesta psicosocial a 8 trabajadores
- **Visita 9, 10 de agosto de 2016**
 - Visita 09.1a
 - Tabiques – tabique de hueco doble en cámaras de aire
 - Visita 09.2a
 - Tabiques – enfoscados en cámaras de aire
 - Encuesta psicosocial a 7 trabajadores
- **Visita 10, 19 de agosto de 2016**
 - Tabiques 10.1a
 - Fachada – tabiques de hueco doble en distribución
 - Encuesta psicosocial a 4 trabajadores
- **Visita 11, 26 de agosto de 2016**
 - Visita 11.1a
 - Cubierta – tabiques palomeros de medio pie tosco
 - Encuesta psicosocial a 4 trabajadores
- **Visita 12, 6 de septiembre de 2016**
 - Visita 12.1a
 - Cubierta – tabiques palomeros de medio pie tosco
 - Visita 12.2a

- Tabiques – tabiques de hueco doble en distribución
 - Encuesta psicosocial a 7 trabajadores
- **Visita 13, 14 de septiembre de 2016**
 - Visita 13.1a
 - Cubierta – tabiques palomeros de medio pie tosco
 - Visita 13.2a
 - Instalación de Fontanería – rozas y metido de tubos
 - Encuesta psicosocial a 7 trabajadores
- **Visita 14, 22 de septiembre de 2016**
 - Visita 14.1a
 - Cubierta – cubrición de teja
 - Visita 14.2a
 - Cubierta – tabiques palomeros de hueco doble
 - Encuesta psicosocial a 4 trabajadores
- **Visita 15, 6 de octubre de 2016**
 - Visita 15.1a
 - Cubierta – tablero inclinado cerámico de cubierta
 - Visita 15.2a
 - Cubierta – cubrición de teja
 - Visita 15.3a
 - Instalación de fontanería – rozas y metido de tubos
 - Encuesta psicosocial a 11 trabajadores
- **Visita 16, 14 de octubre de 2016**
 - Visita 16.1a
 - Revestimientos – extendido de yeso
 - Visita 16.2a
 - Tabiques – tabiques de hueco doble en distribución
 - Visita 16.3a
 - Fachada – colocación de vierteaguas
 - Encuesta psicosocial a 11 trabajadores

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

- **Visita 17, 18 de octubre de 2016**

- Visita 17.1a
 - Revestimientos – extendido de yeso
- Visita 17.2a
 - Tabiques – ayudas de albañilería en tabiques
- Encuesta psicosocial a 7 trabajadores

- **Visita 18, 26 de octubre de 2016**

- Visita 18.1a
 - Fachada – limpieza de ladrillo visto
- Visita 18.2a
 - Revestimiento – extendido de yeso
- Visita 18.3a
 - Urbanización – muro de cerramiento entre parcelas
- Encuesta psicosocial a 10 trabajadores

- **Visita 19, 8 de noviembre de 2016**

- Visita 19.1a
 - Acabados – alicatados en cocinas
- Visita 19.2a
 - Tabiques – tabiques de hueco doble en distribución
- Encuesta psicosocial a 8 trabajadores

- **Visita 20, 17 de noviembre de 2016**

- Visita 20.1a
 - Acabados – alicatados en baños
- Visita 20.2a
 - Fachada – colocación de vierteaguas
- Encuesta psicosocial a 7 trabajadores

- **Visita 21, 21 de noviembre de 2016**

- Visita 21.1a
 - Acabados – alicatados en baños
- Visita 21.2a

- Instalación eléctrica – rozas, tubos y metido de cables
 - Encuesta psicosocial a 10 trabajadores
- **Visita 22, 16 de diciembre de 2016**
 - Visita 22.1a
 - Urbanización – muro de cerramiento entre parcelas
 - Visita 22.2a
 - Instalación de fontanería – metido de tubos para agua y calefacción
 - Visita 22.3a
 - Revestimientos – tendido de yeso
 - Visita 22.4a
 - Revestimientos – alicatados en cocinas
 - Visita 22.5a
 - Revestimientos – falsos techos de cartón-yeso
 - Encuesta psicosocial a 13 trabajadores
- **Visita 23, 4 de enero de 2017**
 - Visita 23.1a
 - Revestimientos – recrecidos de solado con aislante y plastón
 - Visita 23.2a
 - Acabados – alicatados en cocinas
 - Visita 23.3a
 - Cubierta – cubierta en planta baja
 - Encuesta psicosocial a 6 trabajadores
- **Visita 24, 12 de enero de 2017**
 - Visita 24.1a
 - Acabados – solado en terraza
 - Visita 24.2a
 - Fachada – limpieza de ladrillo visto
 - Encuesta psicosocial a 12 trabajadores
- **Visita 25, 19 de enero de 2017**

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

- Visita 25.1a
 - Tabiques – tabiques de hueco doble en distribución
- Visita 25.2a
 - Revestimiento – falsos techos de cartón-yeso
- Visita 25.3a
 - Fachada – colocación de carpintería de puertas y ventanas
- Visita 25.4a
 - Cimentación – vertido de hormigón de limpieza en zanjas
- Encuesta psicosocial a 11 trabajadores
- **Visita 26, 25 de enero de 2017**
 - Visita 26.1a
 - Revestimientos – falsos techos de cartón-yeso
 - Visita 26.2a
 - Cimentación – montaje de armadura de muro de hormigón
 - Encuesta psicosocial a 11 trabajadores
- **Visita 27, 3 de febrero de 2017**
 - Visita 27.1a
 - Urbanización – montaje de albardillas
 - Visita 27.2a
 - Revestimientos – falsos techos de cartón-yeso
 - Encuesta psicosocial a 6 trabajadores
- **Visita 28, 17 de febrero de 2017**
 - Visita 28.1a
 - Urbanización – montaje de albardillas
 - Visita 28.2a
 - Cimentación – montaje de armaduras en zapatas de cimentación
 - Encuesta psicosocial a 9 trabajadores
- **Visita 29, 24 de febrero de 2017**
 - Visita 29.1a
 - Instalación de saneamiento – arqueta sumidero de garaje

- Visita 29.2a
 - Instalación de fontanería – tuberías y sanitarios en baños
- Visita 29.3a
 - Cimentación – montaje de encofrados para muro de hormigón
- Encuesta psicosocial a 9 trabajadores
- **Visita 30, 2 de marzo de 2017**
 - Visita 30.1a
 - Cimentación – montaje de encofrados para muro de hormigón
 - Visita 30.2a
 - Forjado – estructura metálica para terrazas
 - Encuesta psicosocial a 10 trabajadores
- **Visita 31, 16 de marzo de 2017**
 - Visita 31.1a
 - Fachada – extendido de monocapa en fachadas de ladrillo tosco
 - Visita 31.2a
 - Cimentación – hormigonado de muro de hormigón armado
 - Encuesta psicosocial a 8 trabajadores
- **Visita 32, 30 de marzo de 2017**
 - Visita 32.1a
 - Cimentación – muro de carga de un pie de ladrillo tosco
 - Visita 32.2a
 - Urbanización – solados en terrazas exteriores
 - Encuesta psicosocial a 10 trabajadores
- **Visita 33, 10 de abril de 2017**
 - Visita 33.1a
 - Fachada – extendido de monocapa en fachadas de ladrillo tosco
 - Visita 33.2a
 - Cimentación – muro de carga de un pie de ladrillo tosco
 - Encuesta psicosocial a 14 trabajadores
- **Visita 34, 27 de abril de 2017**

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

- Visita 34.1a
 - Cimentación – muro de carga de un pie de ladrillo tosco
- Visita 34.2a
 - Cimentación – solera de garaje
- Encuesta psicosocial a 9 trabajadores

Como resumen de la toma de datos sirva el siguiente esquema totalizado:

- 34 visitas de obra.
 - 73 evaluaciones de unidades de obra en sistemas constructivos de:
 - Forjados, con 5 puntos de evaluación.
 - Fachadas, con 13 puntos de evaluación.
 - Escaleras, con 2 puntos de evaluación.
 - Tabiques, con 9 puntos de evaluación.
 - Cubiertas, con 8 puntos de evaluación.
 - Instalaciones, con 6 puntos de evaluación.
 - Revestimientos, con 10 puntos de evaluación.
 - Urbanización, con 6 puntos de evaluación.
 - Acabados, con 5 puntos de evaluación.
 - Cimentación, con 9 puntos de evaluación.
 - 34 encuestas psicosociales a 279 trabajadores.

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Acción preventiva total de cada unidad de obra

La siguiente gráfica muestra los resultados totales de la cantidad de porcentaje de acción preventiva necesaria para conseguir la situación óptima o riesgo nulo en cada una de las unidades de obra evaluadas (figura 5.7). La línea negra muestra el resultado total de cada uno de los porcentajes de acción preventiva de las unidades de obra evaluadas; y la línea roja muestra el límite con el control exhaustivo de la acción preventiva. La gráfica muestra la cronología de todas las unidades de obra desde que se comenzó a asistir a la obra para la toma de datos. Se indican dos fases de obra y la zona en la que se comienza con la segunda fase de construcción de otras seis viviendas unifamiliares similares.

La metodología es muy sensible a las situaciones de riesgo peligroso evidente. Se puede apreciar que hay algunas unidades de obra que destacan del resto con unos valores de porcentaje de acción preventiva que superan, de manera muy significativa, a partir del 200% de acción preventiva, marcado por una línea fina azul (Figura 5.8). Dichas unidades de obra corresponden con los sistemas constructivos de más alta siniestralidad en el sector de la edificación:

- Cimentaciones.
- Estructuras.
- Fachadas.
- Cubiertas.

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

Figura 5. 8 - Gráfica de unidades con mayor porcentaje de acción preventiva.

Sobre esta gráfica se pueden añadir diferentes elementos para su análisis (Figura 5.9). Se añade la gráfica del número de trabajadores por cada unidad de obra evaluada en línea azul. Sobre la misma la línea de puntos azul se marca la tendencia del número de trabajadores a la largo de la obra.

Figura 5. 9 - Gráfica resultados totales y número de trabajadores por unidad de obra.

Cabe destacar que algunas situaciones que requieren mayor nivel de acción preventiva llevan asociados un menor número de trabajadores, de manera puntual.

Sobre la gráfica del riesgo total se añade la gráfica del parámetro del riesgo relativo o complejidad de la unidad de obra en línea azul, con su tendencia (Figura 5.10).

Figura 5. 10 - Gráfica de resultados totales y parámetro del riesgo relativo.

En dicha gráfica se observan situaciones de complejidad de las unidades de obra con valores cercanos a 9 que suelen identificarse con situaciones que requieren mayor acción preventiva. La tendencia de la complejidad de las unidades de obra ha ido decreciendo ligeramente en la cronología de la obra.

Sobre la gráfica del riesgo total se añade la gráfica del parámetro del riesgo frontera de la unidad de obra en línea azul, con su tendencia (Figura 5.11).

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

Figura 5. 11 - Gráfica de resultados totales y parámetro del riesgo frontera.

Se observa que el riesgo frontera coincide con las situaciones que requieren mayor nivel de acción preventiva; aunque hay bastantes situaciones de riesgos fronteras con valores elevados (cercanos a 9) que identifica situaciones por debajo del control exhaustivo.

Sobre la gráfica del riesgo total se añade la gráfica del parámetro del grado de exposición de los trabajadores en la unidad de obra en línea azul, con su tendencia (Figura 5.12).

En la gráfica se observa que los grados de exposición de los trabajadores a situaciones prologadas de riesgo fueron muy altos (con valores de 9, 15 y 25), correspondiéndose con las unidades de obra que requieren mayor nivel de acción preventiva. No obstante, también se observa que el grado de exposición ha tenido una tendencia muy alta durante la obra independientemente de la acción preventiva de la unidad de obra. Se observan situaciones de alto grado de exposición con niveles de acción preventiva por debajo del control exhaustivo. Dicha situación de riesgo se ha corregido con los parámetros de la capacidad económica, con el interés relativo y con el nivel de satisfacción de los trabajadores. Por los valores obtenidos, el alto grado de exposición