



industriales
etsii

**Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial**

EVALUACIÓN DE LOS CONTAMINANTES HIGIÉNICOS ASOCIADOS A LA RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE OBRAS DE ARTE

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL



**Universidad
Politécnica
de Cartagena**

Autor: Sarah Benabidi Parra
Director: Antonio José Martínez García

Cartagena, julio 2023

Tabla de contenido

ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	8
ANTECEDENTES	8
CONCEPTOS Y DEFINICIONES	12
ACCIDENTE DE TRABAJO	12
HIGIENE INDUSTRIAL.....	16
RIESGOS FÍSICOS.....	18
RIESGOS QUÍMICOS.....	23
RIESGOS BIOLÓGICOS.....	25
SEGURIDAD INDUSTRIAL	26
CAPÍTULO 2. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA	27
OBJETIVO DEL TRABAJO	27
HISTORIA DE LA CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES.....	28
RESTAURACIÓN DE PINTURAS.....	31
Pinturas de caballete.....	31
Pinturas sobre madera	32
Pinturas en lienzo	34
Pinturas en murales	41
Pinturas en marfil	46
Pinturas en papel.....	47
RESTAURACIÓN DE ESCULTURAS	48
Esculturas de piedra	48
Esculturas de metal	54
Escultura de madera	55
NORMATIVA APLICADA.....	56
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	58
INTRODUCCIÓN	58
CAPÍTULO 3.1. LIMPIEZA DURANTE LA RESTAURACIÓN DE UN LIENZO	64
IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES.....	64
ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y POLVO SUPERFICIAL	65
ELIMINACIÓN DEL ANTIGUO BARNIZ	65
ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y MANCHAS.....	67
TOXICOLOGÍA DE LOS CONTAMINANTES.....	67
CITRATO DE TRIAMONIO.....	67
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	67
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	68

MEDIO O FORMA DE CONTACTO	68
HIDROXIPROPILCELULOSA.....	68
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	68
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	68
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	69
XILENO.....	69
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	69
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	69
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	70
ALCOHOL ISOPROPÍLICO	70
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	70
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	70
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	70
NAFTA.....	71
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	71
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	71
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	71
TOLUENO.....	72
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	72
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	73
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	73
ACETONA.....	74
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	74
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	74
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	74
CAPÍTULO 3.2. RESTAURACIÓN DE UNA ESCULTURA EN PIEDRA	75
IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES.....	75
LIMPIEZA LÁSER.....	75
LIMPIEZA MECÁNICA.....	75
LIMPIEZA QUÍMICA	75
TOXICOLOGÍA DE LOS CONTAMINANTES.....	76
BICARBONATO DE AMONIO	76
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	76
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	76
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	76
COBRE.....	77
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	77
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	77

MEDIO O FORMA DE CONTACTO	78
AMONIO HIDRÓGENODIFLUORURO	78
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	78
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	79
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	79
GOMA XANTANA.....	80
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL.....	80
IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA.....	80
MEDIO O FORMA DE CONTACTO	80
IDENTIFICACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO	81
PUESTO 1: ELIMINACIÓN DEL ANTIGUO BARNIZ DEL LIENZO.....	82
PUESTO 2: ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y MANCHAS EN EL LIENZO	82
PUESTO 3: LIMPIEZA QUÍMICA EN UNA ESCULTURA DE PIEDRA.....	83
MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS	84
DETERMINACIÓN DE ALCOHOL ISOPROPÍLICO	85
DETERMINACIÓN DE TOLUENO Y XILENO.....	86
DETERMINACIÓN DE ACETONA.....	89
DETERMINACIÓN DE BIOCIDA EN BASE DE COBRE.....	91
ESTRATEGIA DE MUESTREO	94
NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA.....	94
NÚMERO DE TRABAJADORES A MUESTREAR	95
TIPOS DE MUESTREO EN UNA JORNADA DE TRABAJO	96
RESULTADOS DE LAS MUESTRAS POR SOLICITUD.....	97
CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES Y EXPOSICIONES DIARIAS.....	99
DATOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS	100
PUESTO 1. ELIMINACIÓN DEL ANTIGUO BARNIZ DEL LIENZO.....	100
PUESTO 2. ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y MANCHAS EN EL LIENZO	100
PUESTO 3. LIMPIEZA QUÍMICA EN UNA ESCULTURA DE PIEDRA.....	101
DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS A REALIZAR	101
RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS	103
VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	104
PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA VALORACIÓN	104
Valor Límite Ambiental.....	104
Índice de exposición.....	105
Comparación de la exposición VLA-ED.....	105
Comparación de la exposición VLA-EC.....	107
Efectos combinados de agentes químicos	107
Mediciones periódicas	108

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS	109
Efectos combinados en el puesto de trabajo número 1	109
Efectos combinados en el puesto de trabajo número 2	109
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y SOLUCIONES TRAS LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA	110
CONCLUSIONES TRAS LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA	110
ROTACIÓN DE LOS TRABAJADORES. PRIMERA MEDIDA PREVENTIVA.....	110
UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL. SEGUNDA MEDIDA PREVENTIVA	116
Guantes de protección	117
Máscaras y respiradores	119
Gafas de protección	120
Batas o trajes de protección.....	120
RECOMENDACIONES	121
CONCLUSIONES FINALES	122
BIBLIOGRAFÍA.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deshollinador trabajando.....	9
Figura 2. Niños trabajando en una fábrica.....	10
Figura 3. Gráfico para determinar el tipo de accidente de trabajo	13
Figura 4. Metodología de la higiene industrial.....	17
Figura 5. Icónos de etiquetado para la clasificación CLP.....	24
Figura 6. Clasificación de agentes biológicos	26
Figura 7. Restauración realizada en Carcasona realizada por Le Duc.....	29
Figura 8. Anotaciones de Giovanni sobre la restauración en el quartiere del Rinascimento	30
Figura 9. Proceso de restauración de pintura en caballete	32
Figura 10. Ejemplo de agrietamiento por humedad en un panel francés lacado y dorado	33
Figura 11. Fotografía que muestra la curvatura del panel en el retrato ‘Coronación’ de Isabel I33	
Figura 12. Reparación de lienzo mediante el uso de hilos de lino natural	34
Figura 13. Mesa caliente al vacío utilizado en un taller	35
Figura 14. Mesa de succión a baja presión	36
Figura 15. Forro de tiras en restauración de lienzo	37
Figura 16. Estructura de las capas de pintura	37
Figura 17. Acuarela antes y después de procesos para revertir la decoloración.....	38
Figura 18. Técnica de tratteggio.....	39
Figura 19. Detalle de la limpieza de barniz amarillo	40
Figura 20. Frescos de la Capilla Sixtina.....	42
Figura 21. Detalle de crecimiento de hongos en forma de mancha negra debido a humedades en el fuerte de Nagaur (India)	43
Figura 22. Cristalización de diferentes sales en las superficies pintadas del templo festivo de Thutmosis III, templos del complejo de Karnak.....	44
Figura 23. Momento en el que se retira una pintura utilizando la técnica de strappo	45
Figura 24. Retrato en miniatura sobre marfil.....	46
Figura 25. Ilustración que muestra manchas marrones llamadas foxing	47
Figura 26. Eflorescencia en piedra	49
Figura 27. Planta anidada en la cavidad de una escultura	50
Figura 28. Restauradoras en escultura del Ayuntamiento de Pamplona.....	52
Figura 29. Limpieza láser en escultura de piedra.....	53
Figura 30. Restauración de un busto de bronce en Zaragoza	54
Figura 31. Guía gráfica para la evaluación de contaminantes en el lugar de trabajo	58
Figura 32. Restaurador realizando limpieza en seco y utilizando EPI	65
Figura 34. Detalle de la limpieza de un barniz sintético	66
Figura 33. Detalle de un barniz orgánico	66
Figura 35. Restauradora usando mascarilla junto con guantes	82
Figura 36. Zona especial para la restauración de esculturas	84
Figura 37. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo, “Guía Técnica del Real Decreto 374/2001”.	96
Figura 38. Evaluación de las exposiciones a través de la medición ambiental. Esquema de actuación según UNE-EN-689	107
Figura 39. Guantes de nitrilo en el proceso de restauración de un lienzo	118
Figura 40. Manipulación de arte utilizando guantes de algodón.....	119
Figura 41. Mascarilla con válvula contra polvo	120
Figura 42. Trabajadores usando batas de laboratorio	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número mínimo de mediciones por jornada, Norma UNE-EN 689. Anexo A	95
Tabla 2. Masas debido al muestreo del alcohol isopropílico	97
Tabla 3. Masas debido al muestreo de tolueno	98
Tabla 4. Masas debido al muestreo de xileno	98
Tabla 5. Masas debido al muestreo de acetona	98
Tabla 6. Masas debido al muestreo de cobre	99
Tabla 7. Resultado de los cálculos de xileno	103
Tabla 8. Resultado de los cálculos de alcohol isopropílico	103
Tabla 9. Resultado de los cálculos de tolueno	103
Tabla 10. Resultado de los cálculos de acetona	104
Tabla 11. Resultado de los cálculos de cobre	104
Tabla 12. Valoración de los resultados	109
Tabla 13. Muestras del xileno para el trabajador 1	111
Tabla 14. Muestras del xileno para el trabajador 2	111
Tabla 15. Resultados del xileno para el trabajador 1	111
Tabla 16. Resultados del xileno para el trabajador 2	111
Tabla 17. Muestras del alcohol isopropílico para el trabajador 1	112
Tabla 18. Muestras del alcohol isopropílico para el trabajador 2	112
Tabla 19. Resultados del alcohol isopropílico para el trabajador 1	112
Tabla 20. Resultados del alcohol isopropílico para el trabajador 2	112
Tabla 21. Muestras del tolueno para el trabajador 1	113
Tabla 22. Muestras del tolueno para el trabajador 2	113
Tabla 23. Resultados del tolueno para el trabajador 1	113
Tabla 24. Resultados del tolueno para el trabajador 2	113
Tabla 25. Muestras de acetona para el trabajador 1	114
Tabla 26. Muestras de acetona para el trabajador 2	114
Tabla 27. Resultados de acetona para el trabajador 1	114
Tabla 28. Resultados del tolueno para el trabajador 2	114
Tabla 29. Muestras del cobre para el trabajador 1	115
Tabla 30. Muestras del cobre para el trabajador 2	115
Tabla 31. Resultados del cobre para el trabajador 1	115
Tabla 32. Resultados del cobre para el trabajador 2	115
Tabla 33. Resultados obtenidos para el trabajador 1	116
Tabla 34. Resultados obtenidos para el trabajador 2	116

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Considerando el trabajo como un fenómeno humano complejo, se podría pensar en él como la transformación de la naturaleza al servicio de la satisfacción de los hombres. Otra manera de definirlo sería como el consumo de energía tanto mental como física con el propósito de crear diferentes recursos que satisfagan todo lo que pueden necesitar las personas.¹

El empleo desempeña un papel esencial en la vida de las personas debido a la cantidad significativa de tiempo que le dedicamos. A través del trabajo, podemos satisfacer necesidades económicas, psicosociales y otros aspectos importantes de nuestra vida.² Nuestras vidas están entrelazadas con la vocación laboral que realizamos.

Por otra parte, el término de salud en la actualidad no se considera ni único ni universal, debido a que se tienen en consideración las personas y el contexto donde se conceptualiza. Cada periodo y contexto ha aportado al concepto global que se conoce.³ Es posible afirmar que una persona se encuentra en un estado de salud cuando experimenta un completo bienestar tanto físico como mental y social. Esta definición considera la noción de enfermedad al reconocer que la salud no se limita únicamente a la ausencia de enfermedades.⁴

La relación entre el ambiente laboral y la salud del trabajador ha sido reconocida desde la antigüedad, siendo uno de los primeros escritos guardados en la actualidad el de Hipócrates cuando reconoció la toxicidad del plomo en la industria de la minería.

En el primer siglo d.C., Plinio el Viejo, conocido por ser un intelectual romano, fue consciente de los peligros para la salud asociados con el trabajo con zinc y sulfuro. Ante esta situación, recomendó el uso de una máscara hecha de vejiga animal con el objetivo de que las personas que trabajaban siendo sometidos a la exposición al polvo y los gases de plomo. En el siguiente siglo, el médico griego Galeno investigó y explicó los envenenamientos por plomo y también reconoció los peligros de la exposición a neblinas ácidas de cobre en el trabajo de minería.

Durante la Edad Media, los gremios se esforzaron por ayudar a los trabajadores que enfermaban y a sus familias. En 1556, Agricola Georgius, un intelectual alemán, publicó el libro "De Re Metallica", donde describió las enfermedades relacionadas con la minería y recomendó medidas preventivas para evitar los peligros de esta industria. En el libro se ilustraban consejos y recomendaciones para la ventilación de las minas y diversas protecciones para los trabajadores. Además, se mencionaban las enfermedades asociadas con las actividades mineras, como la silicosis.

La importancia de la higiene industrial se fortaleció en el siglo XVIII cuando Bernardo Ramazzini, reconocido como el "Padre de la medicina industrial", publicó en Italia el libro "De Morbis Artificum Diatriba" o "Las Enfermedades de los Trabajadores". Este fue el primer libro accesible sobre medicina industrial y proporcionó descripciones detalladas de las enfermedades que afectaban a la mayoría de los trabajadores en esa época.

La influencia de Ramazzini en el campo de la higiene industrial fue significativa, ya que fue el primero en destacar la importancia de estudiar las enfermedades profesionales en el entorno laboral donde se originan, en lugar de hacerlo en los hospitales donde se trataba a los enfermos.

En 1743, Ulrich Ellenborg contribuyó aún más al desarrollo de la ciencia de la higiene industrial al publicar un folleto que abordaba las enfermedades y lesiones relacionadas con los

trabajadores de las minas de oro. Además, Ellenborg incluyó en este libro información sobre la toxicidad del monóxido de carbono, el mercurio, el plomo y el ácido nítrico. Estos escritos proporcionaron información valiosa sobre los peligros y riesgos específicos asociados con estas sustancias en el entorno laboral.

Durante el siglo XVIII en Inglaterra, Percival Pott desempeñó un papel fundamental en el avance de la prevención de riesgos laborales debido a sus descubrimientos sobre los graves efectos del hollín en los deshollinadores, pudiéndose observar a un deshollinador realizando sus tareas en la Figura 1. Sus investigaciones fueron determinantes para que el Parlamento Británico aprobara la “Ley de Deshollinadores de Chimeneas” en 1788, lo que marcó un hito en la prevención y protección de los trabajadores expuestos a esta clase de peligros.



Figura 1. Deshollinador trabajando

La promulgación de las “Leyes de Fábrica o Actas de Fábrica a partir de 1833” marcó los primeros avances legislativos significativos en el ámbito de la seguridad industrial. Sin embargo, estas leyes tenían como objetivo principal proporcionar compensación a los trabajadores por accidentes, pero no se tenían en cuenta las posibles causas.

Con el tiempo, varios países europeos implementaron leyes de compensación para los trabajadores, lo que incentivó la adopción de medidas de seguridad más estrictas en las fábricas y la implementación de servicios médicos en los lugares de trabajo.

A comienzos del siglo XX en Estados Unidos, la doctora Alice Hamilton fue una líder destacada en los esfuerzos por mejorar la higiene industrial. A través de sus propias experiencias directas, afirmó que las condiciones laborales en fábricas y minas eran insalubres. Sus investigaciones proporcionaron evidencia sólida sobre la relación entre el entorno laboral y la exposición a sustancias tóxicas.⁵

En España, a finales del siglo XIX tuvo lugar una etapa de aumento y cambio económico, principalmente en el sector agrícola, el cual era el dominante en la economía española. Esta crecida en esa área también repercutió en otros sectores más industriales, sobre todo en la minería, la siderurgia y la industria textil.

En 1873, se promulgó la Ley Benot, la cual estableció regulaciones para el empleo de obreros menores de edad. Esta ley estableció límites en la duración de la jornada laboral, considerando la edad de los trabajadores, y también incluyó una serie de disposiciones que abarcaban normas de seguridad e higiene en el trabajo. Se puede observar en la Figura 2, un menor de edad realizando tareas en una fábrica.

De esta manera, se tiene como obligación por primera vez a ciertas industrias y fábricas a disponer de un botiquín en las plantas de producción y a tener contacto con asistencia médica que se pudiera desplazar con rapidez para atender a los posibles trabajadores accidentados.

Posteriormente, en el año 1892, se publicaron las Ordenanzas Municipales de Madrid, entrando en vigor el 15 de agosto de ese año. En ellas se incluían muchas referencias en materia de seguridad e higiene en el trabajo sobre todo en industrias y talleres. Algunas de las legislaciones recogidas en las Ordenanzas trataban sobre la iluminación y la ventilación de los espacios de trabajo, prohibiéndose el trabajo en sitios húmedos, sin ventilación ni iluminación adecuada.



Figura 2. Niños trabajando en una fábrica

Después de algunos años, se promulgó una legislación específica para la industria minera conocida como el “Reglamento de Policía Minera de 1897”. Este reglamento se considera uno de los documentos más significativos en términos de medidas de seguridad en el trabajo, y sentó las bases para futuras regulaciones. Sin embargo, su importancia fue superada más tarde por la Ley de Accidentes de 1900, que estableció disposiciones más amplias y completas en materia de seguridad laboral.⁶

A principios del siglo XX, debido al crecimiento industrial y el aumento de accidentes de trabajo a causa de ello, se publicó la “Ley de Accidentes de 1900”, también denominada “Ley Dato”, la cual se considera la primera ley de España sobre accidentes laborales.

En esta ley se crea una definición del concepto de accidente de trabajo, la cual ha perdurado hasta prácticamente la actualidad. Se añaden los matices necesarios para poder diferenciar claramente un accidente laboral. También se declara que el empresario o patrón es el responsable de este tipo de accidentes, teniendo por ejemplo ciertas responsabilidades económicas.⁷

En 1903 se crea el “Instituto de Reformas Sociales”, el cual se hizo cargo de la legislación laboral. Después de tres años de su establecimiento, la institución emitió el “Proyecto del Reglamento general de seguridad e higiene en el ámbito laboral”, en respuesta al rápido avance industrial que se estaba produciendo en ese momento.

En 1922 se introdujo el concepto de Higiene Industrial con la aprobación de una nueva ley que buscaba reemplazar la promulgada en 1900. En virtud de esta ley, el IRS (Instituto de Reglamentación y Seguridad en el Trabajo) se encargaba de realizar inspecciones para garantizar la aplicación adecuada de la prevención de accidentes laborales. Luego, en 1944, se establecieron los “Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo”, con el objetivo de que los métodos preventivos en relación con el ambiente laboral se cumplan.

Nuevos avances en las condiciones laborales siguieron ocurriendo en los siguientes años, a pesar de estas mejoras la frecuencia con la que se producían accidentes laborales seguía siendo elevada, por lo que en el año 1971 se creó finalmente el “Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo”.

Más adelante, se estableció el "Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo", donde se introdujo la prevención de riesgos laborales como un derecho para los trabajadores. Con la entrada de España en la Unión Europea en los años 80, se decretó la mejora de los medios de trabajo para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores.

A lo largo del siglo XX, se aprobaron numerosos documentos relacionados con la prevención de riesgos, lo que refleja una atención significativa en esta área, aunque su implementación no fue completamente exitosa. Hacia finales de siglo, no se había conseguido grandes mejoras en este ámbito, a pesar de los avances hasta ese momento.

En 1995 se aprobó la “Ley de Prevención de Riesgos Laborales”, que incluía derechos y deberes de los trabajadores. Entre los derechos se encontraban: “la protección efectiva, el derecho a recibir información y ser consultados, la posibilidad de participar en las decisiones, la formación durante las horas de trabajo, el derecho a detener la actividad en caso de riesgo grave e inminente, el reconocimiento médico con confidencialidad de los resultados, la capacidad de presentar propuestas de seguridad e higiene, la prohibición de turnos nocturnos para mujeres embarazadas y el recurso a la inspección de trabajo en caso de insuficiencia de seguridad”.

Por otro lado, las obligaciones de los trabajadores incluían: “garantizar su propia seguridad, utilizar correctamente el equipo, las medidas y la normativa, reportar riesgos y cooperar”.

En cuanto a los empresarios, se establecieron tanto derechos como obligaciones. Entre los derechos, se encontraba: “el derecho a practicar los reconocimientos médicos necesarios, sancionar a los trabajadores que incumplen sus obligaciones, asumir funciones de prevención, reiniciar el trabajo paralizado y paralizar el trabajo en caso de riesgo grave e inminente”.

En términos de obligaciones, se establecía: “la necesidad de proteger y garantizar la salud de los trabajadores, asumir los costos de protección, implementar medidas preventivas, evaluar e investigar los riesgos, consultar y capacitar a los trabajadores, elaborar planes de prevención, designar servicios de prevención, entre otros. El objetivo de incluir este capítulo en la ley era asegurar el correcto desarrollo de la misma”.⁹

Según el informe de “Estado de la Seguridad y Salud Laboral en España 2020” del INSST, en la actualidad las tasas más elevadas de accidentes laborales están relacionadas con los sectores de la construcción y la industria manufacturera. En el año 2019, la cantidad de accidentes laborales cayó un 4’6% comparando datos del año previo, aunque cabe mencionar que el número de enfermedades profesionales se mantuvo estable.

La mayoría de los accidentes laborales mencionados anteriormente tienen lugar durante la jornada laboral y en el lugar del trabajo del empleado, siendo las lesiones más comunes las musculoesqueléticas y las que afectan al sistema respiratorio. Es notable el aumento en trastornos psicosociales en el lugar del trabajo.

En un contexto social, la seguridad y salud laboral son temas importantes, por lo que se siguen desarrollando ideas para que la situación de los trabajadores sea la idónea, teniendo en cuenta y siendo una prioridad reducir las enfermedades profesionales y mejorar la seguridad en los sectores más peligrosos.¹⁰

Con el contexto histórico explicado, es momento de introducir todos los conceptos y definiciones que atañen al tema de este Trabajo de Fin de Grado.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Como se ha mencionado anteriormente, la definición del concepto de accidente de trabajo no se ha modificado desde la divulgación de la “Ley Dato de 1900”.

Según esta ley, se entiende por accidente toda lesión corporal causada al operador con motivo de la situación o como consecuencia del trabajo que realiza para otro; patrono, persona natural o jurídica, dueño del trabajo, operación o industria en que se presta el trabajo; y por operario, cualquier persona que habitualmente realice trabajos manuales fuera de su domicilio para otra persona.⁸

Existen múltiples definiciones de higiene industrial, aunque todas comparten el mismo propósito fundamental: proteger y mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores mediante la implementación de medidas en el entorno laboral. Aunque las definiciones pueden variar, todas convergen en este objetivo común.¹²

Hoy en día, la higiene industrial se define como: “un conjunto de enfoques y medidas preventivas diseñadas para prevenir la exposición de los trabajadores a agentes físicos, químicos, biológicos y ergonómicos en el entorno laboral, con el fin de salvaguardar su salud y bienestar”.¹¹

Un término relevante es el de seguridad industrial. Esta noción engloba todas las estrategias, técnicas y herramientas empleadas con el propósito de prevenir o reducir al mínimo los riesgos y peligros que puedan surgir en el entorno industrial, y que puedan poner en peligro la seguridad de las personas, las instalaciones y el medio ambiente. Su objetivo principal es asegurar que las actividades industriales se lleven a cabo de manera segura, protegiendo a los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente de los riesgos asociados a dichas actividades.¹³

Con los términos más destacados ya mencionados, se pasará a una explicación más exhausta del tema en cuestión.

ACCIDENTE DE TRABAJO

Según el “Artículo 156 de la “Ley General de la Seguridad Social, se considera accidente de trabajo a toda lesión que sufra el trabajador como resultado o durante la ejecución de su labor para una empresa u organización.

Este concepto también incluye las lesiones sufridas en el lugar de trabajo, así como aquellas en actos de salvamento o similares relacionados con el trabajo, las enfermedades comunes contraídas durante la realización de la tarea (siempre que se demuestre que existe una relación causa-efecto con el trabajo) y los accidentes debidos a imprudencias profesionales.

Adicionalmente, se consideran los accidentes sufridos por funcionarios sindicales electos, los accidentes en el trayecto al trabajo, los accidentes durante el desplazamiento para cumplir con una tarea dentro del horario laboral, así como las enfermedades o condiciones preexistentes

que se manifiesten o se agraven como consecuencia de un accidente laboral. En el caso de enfermedades concurrentes, estas deben estar causalmente relacionadas con el accidente laboral inicial.¹⁴

Los accidentes laborales se clasifican teniendo en cuenta diferentes criterios.

En primer lugar, tienen una clasificación propia según el lugar en el que ha tenido lugar el accidente. Por otra parte, se pueden diferenciar según el número de días de baja que el trabajador ha obtenido. Finalmente, se clasifican según la gravedad de la lesión del accidente laboral.

Dentro de la primera clasificación, encontramos cuatro tipos de accidentes de trabajo:

- Accidente en el centro o lugar de trabajo habitual.
- Accidente en desplazamiento en su jornada laboral.
- Accidente *in itinere*.
- Accidente en otro centro o lugar de trabajo.

Para determinar la categorización teniendo en cuenta el lugar del accidente dentro de la categoría adecuada, se debe utilizar el siguiente proceso de selección, considerando los términos que se muestran en el siguiente diagrama, representado en la Figura 3:¹⁵

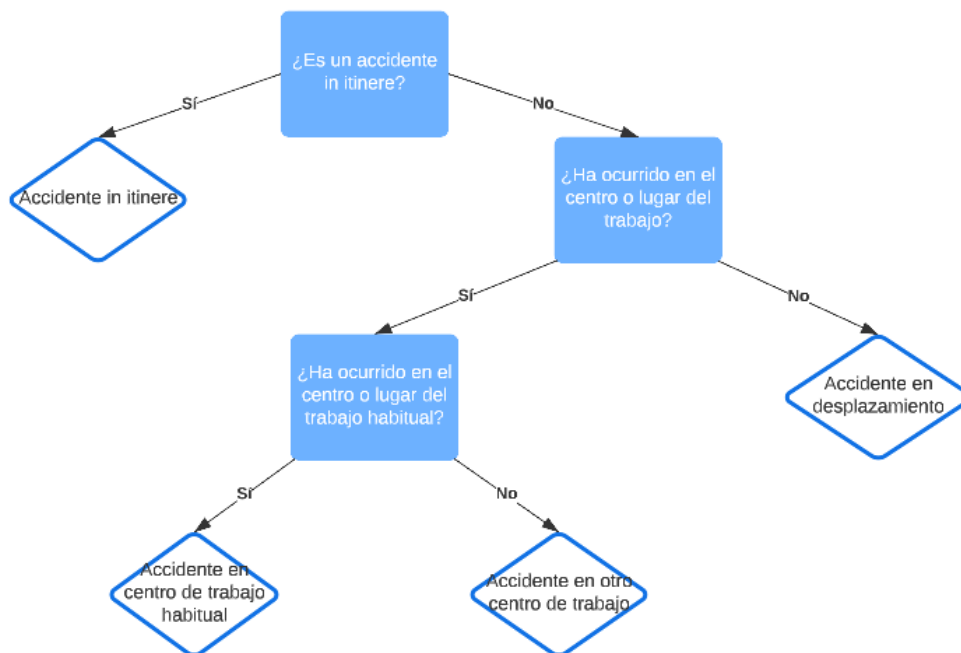


Figura 3. Gráfico para determinar el tipo de accidente de trabajo

Siguiendo el orden de aparición en el diagrama, se definirán los accidentes de la siguiente forma:

- Accidente *in itinere*

Es aquel que le sucede al trabajador durante el desplazamiento desde su domicilio al lugar de trabajo o viceversa, siempre y cuando el trayecto sea habitual y normal y tenga como objetivo principal acudir o volver del trabajo.

El principio y el final del camino se consideran cuando el trabajador entra o sale de las zonas comunes del domicilio, lugar de trabajo o alojamiento temporal. Los trabajadores desplazados por motivos laborales se consideran en desplazamiento y los trabajadores transfronterizos comunitarios se consideran en un accidente in itinere independientemente de si el accidente ocurrió en territorio español o extranjero.

- Accidente en desplazamiento

Los accidentes en desplazamiento son aquellos que ocurren durante el tiempo de trabajo y que pueden tener lugar fuera de los centros o lugares de trabajo, en lugares de trabajo en el extranjero, a bordo de medios de transporte terrestres, aéreos o marítimos, o incluso en centros o lugares de trabajo que no están relacionados con la actividad de la empresa.

Se considera que los accidentes en los medios de transporte son accidentes en desplazamiento debido a que estos no tienen una ubicación fija. No obstante, se excluye del ámbito de los accidentes en desplazamiento aquellos que ocurran dentro del centro de trabajo al que el trabajador se dirige para prestar sus servicios.

- Accidente en centro de trabajo habitual

El concepto de centro o lugar de trabajo habitual se refiere al lugar donde el trabajador realiza con frecuencia las tareas propias de su puesto de trabajo. Es irrelevante si el trabajador tiene un contrato indefinido o temporal, lo que cuenta es si acude de forma recurrente y permanente a ese lugar de trabajo.

Aunque es más común que el trabajador tenga un único centro de trabajo habitual, en algunos casos puede trabajar en más de un lugar (como los empleados de hogar que trabajan en varios domicilios).

Además, es posible que algunos trabajadores no tengan un lugar de trabajo habitual (como los transportistas o los trabajadores de la construcción que se mueven constantemente de un lugar a otro).

- Accidente en otro centro de trabajo

Cuando se deba distinguir entre las categorías de accidente en centro o lugar de trabajo habitual o accidente en otro centro o lugar de trabajo, se deben tener en cuenta los siguientes criterios: si en un mismo edificio trabajan empresas diferentes, los lugares correspondientes a cada una de ellas deben considerarse como lugares de trabajo distintos.

Para este fin, se incluyen los trabajadores subcontratados que están bajo las órdenes de una empresa en el centro de trabajo de dicha empresa. Por otro lado, si dos unidades de trabajo de una misma empresa están ubicadas en sedes diferentes (aunque estén cerca), se deben considerar como lugares de trabajo distintos.

Sin embargo, si se trata de un complejo de edificios y/o terrenos adyacentes que están delimitados como tal y pertenecen a la misma empresa, se debe considerar como un único lugar de trabajo.

Por otra lado, teniendo en cuenta el número de día de baja de un trabajador tras un accidente laboral, se tienen los siguientes tipos: ¹⁶

- Con baja médica

Esta condición se refiere a la situación en la que el profesional de la salud que atiende al accidentado determina que este no puede regresar a su trabajo el mismo día en que ocurrió el incidente y, por lo tanto, puede sugerir diferentes opciones de tratamiento.

- Sin baja médica

Este tipo de accidente conlleva la atención médica al trabajador accidentado, sin embargo, este puede seguir desempeñando sus obligaciones en el trabajo.

- Recaída

Se produce una recaída cuando una persona que ha sido víctima de un accidente laboral no es capaz de realizar sus tareas al reincorporarse a su puesto de trabajo debido a las secuelas del incidente.

Finalmente, considerando la gravedad del accidente, teniendo en cuenta las lesiones personales que sufre el accidentado, se puede realizar la siguiente clasificación: ¹⁷

- Accidente leve

Se considera un accidente leve aquel en el que la lesión causada, después de ser evaluada por un profesional médico, no requiere más que un breve descanso y el retorno del trabajador a sus labores habituales al día siguiente.

- Accidente incapacitante

Si la evaluación médica determina que la lesión requiere descanso, tratamiento y ausencia justificada del trabajo, el accidente laboral incapacitante se clasifica según el grado de incapacidad que genere.

Específicamente, la incapacidad laboral puede clasificarse como temporalmente total cuando la lesión impide completamente el uso del cuerpo del trabajador, parcialmente permanente si hay una pérdida parcial de un miembro u órgano o de sus funciones, o totalmente permanente si se produce una pérdida total anatómica o funcional de un miembro u órgano o de sus funciones, siendo este último caso considerado a partir de la pérdida del dedo meñique.

- Accidente mortal

Es el tipo de accidente que produce el fallecimiento del trabajador.

Después de un accidente laboral, se lleva a cabo una investigación con el fin de identificar la cadena de eventos que causaron el accidente. Con base en esta información, el empleador puede tomar medidas correctivas y prevenir futuros accidentes.

La investigación puede involucrar diversas actividades, como la recopilación de información, la obtención de testimonios y el análisis de documentos, hasta la fase en que se determinan las causas. A partir de los resultados de la investigación, se pueden establecer acciones preventivas y correctivas que deben ser implementadas.

HIGIENE INDUSTRIAL

La higiene industrial se centra en reconocer, analizar y controlar los elementos del ambiente laboral que pueden tener un impacto negativo en la salud, el bienestar y la productividad de los trabajadores, así como en la comunidad en general. Su objetivo es prevenir y mitigar los riesgos asociados con los factores ambientales presentes en los lugares de trabajo.

Es una disciplina que busca controlar aquellos elementos que pueden originar enfermedades, malestar o ineficiencia en el ámbito laboral o en la sociedad.

Con el fin de estructurar y administrar su gestión, la higiene industrial se subdivide en las siguientes áreas:

- Higiene teórica

La higiene teórica abarca el entendimiento y la información sobre las propiedades y consecuencias de los agentes contaminantes presentes en el entorno de trabajo, los límites aceptables para cada uno de ellos y los métodos empleados para su evaluación y monitoreo.

- Higiene de campo

La higiene de campo se enfoca en la identificación, muestreo y medición de los posibles contaminantes que se pueden encontrar en el entorno del trabajador.

- Higiene analítica

La higiene analítica se basa en el uso de métodos y técnicas para detectar y medir los contaminantes presentes en las muestras recolectadas en el entorno laboral. Es importante que los análisis se realicen en laboratorios acreditados por las autoridades competentes de cada país para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados.

- Higiene operativa

Es responsable de elegir los métodos de control adecuados para reducir o eliminar las concentraciones de contaminantes, y de llevar a cabo evaluaciones regulares para verificar la eficacia de los sistemas de control implementados.

La aplicación de la higiene industrial y sus diferentes áreas se realiza a través de un enfoque práctico que sigue un proceso metodológico. Este proceso incluye el reconocimiento de los peligros presentes en el entorno laboral, la evaluación de los riesgos asociados, el establecimiento de medidas preventivas y correctivas, la implementación de dichas medidas, y finalmente, el seguimiento y evaluación de su efectividad.

Esta metodología se puede observar claramente en la siguiente gráfica: ¹¹

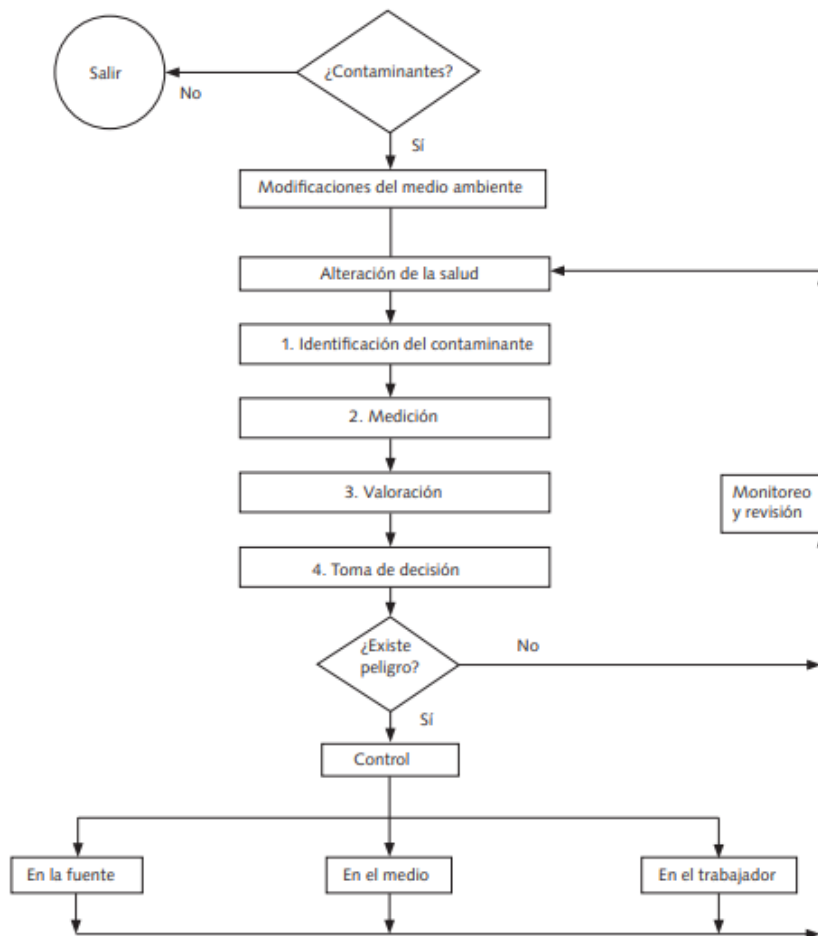


Figura 4. Metodología de la higiene industrial

La identificación de un posible contaminante que puede tener un efecto patológico en los trabajadores es el punto de partida de la higiene industrial. A veces la identificación es obvia, como en el caso del ruido, pero en otros casos puede ser más difícil, como en el caso de los productos químicos con composiciones desconocidas.

En algunos procesos, el propio proceso puede generar contaminantes. Una vez identificado el contaminante, es importante medir la cantidad presente para determinar si hay una concentración peligrosa.

Es relevante considerar que únicamente la existencia de un contaminante no implica necesariamente un riesgo, dado que estamos expuestos a numerosos contaminantes en nuestra vida cotidiana fuera del entorno laboral.

Cuando se determina que la situación laboral es segura según la valoración, no se debe asumir que permanecerá así siempre, ya que las empresas son entidades dinámicas que experimentan cambios, incluyendo el ambiente laboral y sus condiciones.

Por consiguiente, resulta recomendable y en muchas ocasiones imprescindible llevar a cabo una supervisión regular con el fin de asegurar que las condiciones laborales sigan siendo seguras, y

en caso de que no lo sean, implementar medidas correctivas para defender la seguridad de los empleados. Es relevante tener en consideración que esto es aplicable incluso cuando se determina que la situación es relativamente segura.

Con el objetivo de comprender el alcance de la higiene industrial, se van a introducir a continuación términos relacionados con esta ciencia.

Los límites permisibles son los niveles máximos de exposición a contaminantes a los que una persona puede estar expuesta sin sufrir daños. Estos límites son establecidos por instituciones especializadas y confiables que realizan estudios detallados sobre las consecuencias de la exposición a diferentes contaminantes en el cuerpo humano. Estos valores se encuentran en la normativa técnica internacional y en las regulaciones de higiene industrial vigentes en cada país.

En cuanto a los agentes de riesgo y contaminantes que pueden afectar la salud, se clasifican y organizan de la siguiente manera.

- Riesgos físicos

Estos agentes de riesgo y contaminantes provienen de actividades industriales, el uso de maquinaria, equipos y herramientas que pueden alterar las condiciones habituales de temperatura, humedad, ruido, vibraciones, presiones, radiaciones e iluminación.

- Riesgos químicos

Estos peligros se relacionan con la exposición a sustancias químicas, las cuales pueden tener consecuencias a corto o a largo plazo en los trabajadores y pueden dar lugar al desarrollo de enfermedades profesionales.

- Riesgos biológicos

Ocurren en situaciones en las que un organismo vivo puede llegar a ser un peligro en la salud de los empleados o en la sociedad. La exposición a residuos sanitarios que contienen microorganismos, virus o toxinas perjudiciales es el origen más común para esta clase de riesgo.

- Riesgos ergonómicos

Se refiere a los factores de riesgo que pueden aumentar la posibilidad de que un trabajador sufra lesiones mientras realiza una tarea, como resultado de la postura inadecuada, la falta de movilidad, el esfuerzo físico, la repetitividad y otros factores relacionados con el diseño del puesto de trabajo.

Por otra parte, considerando la fuente del riesgo, se van a mencionar y explicar posteriormente los riesgos que pueden afectar en la restauración de obras de arte.

RIESGOS FÍSICOS

Son riesgos relacionados con la carga física de trabajo, que puede generar un desequilibrio entre la demanda física requerida por los procesos que lleva a cabo el empleado para soportarla, lo que puede llevar a lesiones musculoesqueléticas o fatiga crónica.

Los riesgos físicos que existen en situaciones de trabajo son los siguientes: ¹⁹

- Exposición a calor

La exposición al calor puede provocar diferentes consecuencias negativas en la salud del trabajador, como deshidratación, agotamiento excesivo, golpe de calor o insolación.

Se pueden presentar distintos tipos de calor, como el calor radiante de sólidos en el ambiente, la radiación solar, el calor por convección a través del aire y el calor por conducción a través de los sólidos.

- Medidas de protección

- Implementar barreras físicas como pantallas protectoras o cubrir superficies calientes con el fin de reducir la cantidad de calor radiante.
- Limitar el tiempo de exposición a fuentes de calor y promover la hidratación mediante el consumo de agua y sal para prevenir la deshidratación.
- Proporcionar enfriamiento al trabajador expuesto al calor a través de la utilización de aire acondicionado, ventiladores o la aplicación de compresas frías en áreas estratégicas del cuerpo.
- Utilizar equipos de protección personal, como ropa y accesorios diseñados para proteger del calor extremo.
- Controlar y reducir la humedad del ambiente mediante la instalación de sistemas de aire acondicionado, deshumidificadores o la eliminación de fuentes de humedad, como baños de agua abiertos, desagües y válvulas de vapor con filtraciones.

- Exposición a frío

Es importante mantener la temperatura corporal estable para que las funciones biológicas del ser humano no se vean afectadas. Cuando se trabaja en condiciones de baja temperatura, el riesgo principal es la hipotermia, que ocurre cuando el cuerpo pierde calor más rápidamente de lo que lo produce.

Los vasos sanguíneos de la piel se contraen y las extremidades como las manos y los pies son las primeras en verse afectadas. En casos graves, pueden producirse temblores involuntarios, dificultad para hablar, pérdida de memoria y habilidades manuales, entre otros problemas.

Es necesario tomar medidas preventivas para reducir el riesgo de hipotermia, como usar ropa adecuada y abrigada, tomar descansos frecuentes en ambientes cálidos, beber líquidos calientes y evitar la exposición prolongada al frío.

- Medidas de protección

- Es importante utilizar ropa adecuada para prevenir la hipotermia en entornos de trabajo con temperaturas muy bajas. Se recomienda seguir la

técnica de vestir en capas, utilizando una capa interna de fibra sintética para evacuar la transpiración, una capa intermedia de lana o tejido sintético que retenga el calor y una capa externa de nylon que proteja del viento y permita la ventilación. Esto proporciona una buena protección contra el frío y la humedad.

- Se debe proteger la cabeza, las orejas y el cuello utilizando una prenda de lana o un material resistente al viento.
- Es recomendable tomar bebidas calientes sin cafeína y descansar con regularidad en espacios con calefacción.
- Si se llega a mojar, es importante cambiarse de inmediato a ropa seca.

- Radiaciones

Existen diferentes tipos de radiaciones, como las radiaciones ionizantes, infrarrojas y ultravioletas.

Las radiaciones ionizantes comprenden los rayos Alfa, Beta, Gamma y los Rayos X. Estas radiaciones pueden tener efectos dañinos en los tejidos jóvenes del cuerpo, así como en los ganglios, la médula ósea, las glándulas salivales y sexuales, el tejido muscular, los vasos sanguíneos y el hígado, entre otros órganos y tejidos.

- Medidas de protección

- Es importante mantener un estricto control sobre la fuente de radiación.
 - Brindar una protección constante a los trabajadores expuestos a la radiación.
 - Utilizar dosímetros personales para detectar de manera oportuna la exposición a la radiación.
 - Colocar barreras protectoras hechas de plomo para prevenir la exposición.

- Presiones anormales

Las alturas por encima de los 2000-2500 metros pueden causar problemas de salud como dificultad para respirar y moverse. Esto sería causado por las anomalías en las presiones.

Los trabajadores que desempeñan sus labores en condiciones extremas deben someterse a un proceso de adaptación gradual, previo a un examen médico que asegure su estado de salud óptimo.

En el caso de los buzos que trabajan a altas presiones, es necesario realizar una descompresión gradual para prevenir posibles daños graves.

- Ruido

El ruido excesivo puede causar una fuerte vibración en las células auditivas del oído interno, lo cual puede resultar en daños y pérdida permanente e irreversible de la audición. La pérdida de audición está determinada por tres factores: el nivel de ruido, la duración de la exposición y la susceptibilidad individual.

Es importante resaltar que la sordera generalmente afecta a ambos oídos y que al principio de la pérdida auditiva, la persona afectada puede no ser consciente del problema.

- Medidas de protección

Se pueden emplear procedimientos técnicos para controlar el ruido además de reducir el tiempo de exposición al mismo. Esto puede implicar el aislamiento acústico, la modificación o el rediseño de los espacios de trabajo y/o la reparación de equipos ruidosos.

También es fundamental el uso de protectores auditivos para prevenir el daño. La elección de los mismos dependerá de las necesidades específicas de cada situación.

- Protectores auditivos tipo fono o copa

Estos dispositivos de protección auditiva son elementos que se utilizan para proteger los oídos del ruido excesivo. Están compuestos por copas de plástico resistente con un revestimiento interior de material absorbente de ruido, como esponja u otros materiales similares.

Además, cuentan con un arnés ajustable que puede ser fabricado en plástico, metal o una combinación de ambos. Su principal función es bloquear o disminuir el nivel de ruido al que una persona está expuesta, brindando así protección auditiva adecuada.

- Protectores auditivos tipo tapón

Se trata de un objeto hecho de materiales como acrílico, vinilo o silicona, que puede tener o no una cuerda para unirlos, y que viene acompañado de un estuche para guardarlo.

- Protectores auditivos tipo tapón desechable

Se trata de un material esponjoso que puede o no tener una cuerda para unirlos, y que puede ser comprimido o moldeado por el usuario según sea necesario.

- Se deben seguir las siguientes recomendaciones para el uso correcto de los protectores auditivos mencionados anteriormente.

- El protector auditivo es un dispositivo personal que no debe ser compartido con otros individuos en ningún caso.

- Para mantener una higiene adecuada del protector y prevenir infecciones, se debe limpiar diariamente con agua y jabón, y esto debe convertirse en un hábito.
 - Con el fin de evitar el uso de protectores auditivos que puedan haber perdido su capacidad de protección debido a posibles daños, es recomendable realizar reparaciones o reemplazos de forma regular y periódica.
- Vibraciones

Cuando hay movimientos oscilantes de algún elemento utilizado en el trabajo, ya sea de manera directa o indirecta, se transmite vibración al cuerpo. Se considera en concreto a las vibraciones verticales las que más problemas pueden traer al trabajador, en comparación con las vibraciones en otras direcciones.

La exposición a vibraciones puede producir diversos efectos negativos en la salud, como dolor de espalda, de cabeza, mareos, síndrome del túnel carpiano, trastornos vasculares y cervicalgias o dorsolumbalgias.

Estos efectos son más comunes en trabajos en los sectores forestal, agrícola, transporte, envío de mercancías, industria y construcción, entre otros. La gravedad de los riesgos asociados a las vibraciones dependerá de la duración de la exposición del cuerpo humano y de la frecuencia de la vibración.

Se pueden distinguir tres clases de frecuencias de vibraciones, teniendo en cuenta la frecuencia de estas. De menor grado a mayor grado se encuentran: las vibraciones de muy baja frecuencia, las de baja frecuencia y las de alta frecuencia. Dependiendo del tipo tendrá unos orígenes diferentes y unas causas también diferentes.

- Medidas de protección
 - En primer lugar, se recomienda eliminar la fuente de riesgo de vibraciones. Sin embargo, si esto no es posible, es importante que los expertos informen a los trabajadores sobre los detalles de la tarea y las posibles consecuencias para la salud asociadas con las vibraciones.
 - Es necesario capacitar a los trabajadores sobre la importancia del mantenimiento regular de las herramientas. Las vibraciones en herramientas manuales pueden variar según características como su tamaño, peso, método de propulsión, posición de la manija y mecanismo impulsor.
 - Es recomendable tomar medidas para prevenir la generación de vibraciones, como abordar el desgaste de superficies, la presencia de holguras, rodamientos desgastados o averiados, rotación de ejes y desbalanceo dinámico de piezas que giran, entre otras posibles causas.
 - Para reducir los niveles de vibración en el cuerpo, se recomienda disminuir las irregularidades del terreno o la velocidad de movimiento, así como utilizar superficies de rodadura sin discontinuidades.

- Además, se pueden emplear sistemas de aislamiento y suspensión, como materiales aislantes o absorbentes entre la fuente de vibración y el trabajador. También se pueden utilizar plataformas o sillas con sistemas amortiguados y estructuras independientes o discontinuas para reducir la transmisión de vibraciones al cuerpo.
- El control de la vibración en brazos y manos puede ser complicado, pero se puede reducir significativamente la exposición mediante la selección y el mantenimiento adecuados de los utensilios utilizados.
- En condiciones de alto riesgo, se pueden implementar medidas como la rotación de trabajos, períodos de descanso y la disminución de la intensidad y duración de la exposición para reducir el riesgo de efectos perjudiciales para la salud.

RIESGOS QUÍMICOS

A efectos del “Real Decreto 374/2001”, de 6 de abril, según el “Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo” (INSST), ²⁰ se considera agente químico a cualquier sustancia química o compuesto, ya sea en su estado natural o producido, utilizado o vertido en el lugar de trabajo, incluyendo los residuos.

Se define la exposición a un agente químico como la presencia de dicho agente en el entorno laboral, lo que puede implicar el contacto con el trabajador a través de la inhalación o la absorción dérmica.

La exposición a un agente químico ocurre cuando este está presente en el lugar de trabajo y entra en contacto con el trabajador, ya sea por inhalación, absorción dérmica, ingestión o inyección.

Sin embargo, el nivel de riesgo asociado a esta exposición dependerá de las características del agente químico, por lo que es necesario evaluar su riesgo para determinar el nivel de peligro que representa. Incluso una concentración mínima del agente químico en el lugar de trabajo puede tener consecuencias, por lo que cada situación debe evaluarse individualmente.

Un agente químico se considera peligroso cuando tiene el potencial de causar daño a la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades físico-químicas, químicas o toxicológicas.

Además, la forma en que se utiliza o se encuentra presente en el lugar de trabajo también puede representar un riesgo. Es importante tener en cuenta que estas consideraciones no constituyen una lista exhaustiva y completa.

Se puede realizar una clasificación de los riesgos químicos teniendo en cuenta diversas normas y reglamentos.

- Clasificación según el “Reglamento CLP (clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas)”²¹

El “Reglamento CLP (Classification, Labelling and Packaging)” es una normativa de la Unión Europea que decreta una metodología para clasificar, etiquetar y envasar sustancias y mezclas químicas. La clasificación de los peligros se realiza mediante la evaluación de los riesgos físicos, químicos y toxicológicos asociados a una sustancia o mezcla, y se representa a través de la asignación de etiquetas y pictogramas que indican el nivel de peligrosidad.



Figura 5. Icónos de etiquetado para la clasificación CLP

La clasificación según el “Reglamento CLP” se divide en dos categorías: peligros físicos y peligros para la salud.

Los peligros físicos se clasifican en 9 categorías: explosivos, gases inflamables, aerosoles, oxidantes, líquidos inflamables, sólidos inflamables, sustancias auto-reaccionantes, peróxidos orgánicos y sustancias corrosivas a los metales.

Los peligros para la salud se clasifican en 3 categorías: toxicidad aguda, toxicidad crónica y peligros físicos para la salud. A su vez, cada categoría tiene diferentes clases y subclases, que describen las características específicas de la sustancia o mezcla en términos de peligros para la salud, como la irritación de la piel, la toxicidad reproductiva, la toxicidad para la vida acuática, entre otros.

- Clasificación según la “Directiva SEVESO III (relativa a la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas)”

La Directiva SEVESO III establece una clasificación de las sustancias y mezclas peligrosas en función de su nivel de riesgo, con el fin de prevenir accidentes graves en la industria que manipula grandes cantidades de sustancias peligrosas.

- Clasificación según la OMS (Organización Mundial de la Salud) para sustancias químicas tóxicas²²

La OMS clasifica las sustancias químicas tóxicas en cuatro categorías principales:

- Sustancias extremadamente peligrosas

Las sustancias altamente tóxicas son aquellas que pueden llegar a provocar daños graves a la salud e incluso la muerte, incluso en casos de exposición mínima.

- Sustancias altamente peligrosas

Las sustancias consideradas como de efectos adversos graves son aquellas que, en exposiciones moderadas o repetidas, pueden ocasionar daños importantes a la salud.

- Sustancias peligrosas

Son sustancias que pueden causar efectos considerables y graves a la salud en exposiciones prolongadas.

- Sustancias ligeramente peligrosas

Son sustancias que, en general, no causan efectos adversos a la salud en exposiciones normales, pero pueden presentar riesgos para personas sensibles o en exposiciones prolongadas.

RIESGOS BIOLÓGICOS

A efectos del “Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, según el INNST”, los agentes biológicos son: “microorganismos, incluyendo los modificados genéticamente, cultivos celulares y endoparásitos humanos, que tienen la capacidad de producir infecciones, alergias o toxicidades”.²³

Un microorganismo se define como: “una entidad microbiológica, ya sea celular o no, capaz de reproducirse o transferir material genético”. Por otro lado, un cultivo celular se obtiene mediante el crecimiento de células de organismos multicelulares en un entorno “in vitro”.

El Real Decreto también contempla los efectos negativos para la salud derivados de la exposición a agentes biológicos, los cuales se dividen en tres categorías: infección, alergia y toxicidad.

La infección se refiere al proceso en el que un agente biológico coloniza y se multiplica en un organismo vivo, pudiendo ocasionar enfermedad. En el caso de los endoparásitos, se denomina infestación.

La alergia es una reacción del sistema inmunológico provocada por sustancias llamadas alérgenos o sensibilizantes, que pueden afectar al sistema respiratorio.

Por último, la toxicidad hace referencia a los efectos relacionados con la presencia de toxinas producidas por algunos agentes biológicos. Estas toxinas pueden ser exotoxinas, endotoxinas o micotoxinas, producidas por bacterias Gram positivas, bacterias Gram negativas y hongos, respectivamente.

El Real Decreto establece una clasificación de los agentes biológicos en cuatro grupos, según el riesgo de infección que representen.

El grupo 1 engloba a los agentes biológicos que presentan una posibilidad leve de causar enfermedades en los seres humanos. El grupo 2 abarca a aquellos agentes biológicos que pueden causar enfermedades en las personas y representar un riesgo para los trabajadores, teniendo en cuenta que la probabilidad de que estas enfermedades sean contagiadas a la sociedad es baja, y generalmente existen tratamientos eficaces disponibles.

El grupo 3 incluye a los agentes biológicos que pueden ocasionar afecciones considerables representar un riesgo elevado para los empleados, con un riesgo considerable de propagación a la comunidad, aunque generalmente existen tratamientos eficaces.

Por último, el grupo 4 engloba a los agentes biológicos que causan enfermedades graves en los seres humanos y representan un grave peligro para los trabajadores, con una alta probabilidad de propagación a la comunidad y sin tratamientos o profilaxis efectivos disponibles.

En la Figura 6, se puede observar en forma de tabla la clasificación de los agentes biológicos.

AGENTES BIOLÓGICOS				
CLASIFICACION DE AGENTES BIOLOGICOS				
	GRUPO DE RIESGO (GR)			
	1	2	3	4
RIESGO PARA EL PERSONAL (produce enfermedad)	NO conocido	SI	SI (grave)	SI (grave)
RIESGO PARA LA COMUNIDAD (capacidad de propagación)	NO conocido	BAJO	SI (alto)	SI (muy alto)
TRATAMIENTO EFICAZ	SI	SI	SI	NO

Figura 6. Clasificación de agentes biológicos

SEGURIDAD INDUSTRIAL

La seguridad industrial se refiere al conjunto de regulaciones obligatorias establecidas con el fin de prevenir o reducir los riesgos, daños y enfermedades laborales en entornos industriales. Es fundamental cumplir con estas normas para salvaguardar la integridad de las personas, los activos y el medio ambiente.

Las empresas tienen la responsabilidad de asegurar la seguridad y protección de sus empleados, mediante la aplicación de estándares y condiciones que minimicen el riesgo de accidentes laborales.²⁴

Para asegurar la seguridad, es vital mantener en óptimas condiciones los espacios y la maquinaria utilizada. Es fundamental llevar a cabo revisiones periódicas realizadas por expertos, especialmente cuando se manejan materiales peligrosos. Esto constituye una medida crucial para prevenir accidentes laborales y salvaguardar la integridad de los trabajadores.

La organización y limpieza en el entorno laboral son de suma importancia para prevenir accidentes y mantener un adecuado control de los elementos presentes. Ante derrames de sustancias peligrosas, es necesario limpiarlos de inmediato, así como evitar dejar obstáculos en cualquier área de trabajo. Todos los empleados tienen la responsabilidad de mantener el orden y la limpieza en el lugar de trabajo, por lo que es esencial hacer hincapié en este aspecto.

Es imprescindible que los trabajadores que manipulan equipos y sustancias peligrosas cuenten con la capacitación adecuada y posean experiencia en trabajos similares. La cualificación de los empleados es fundamental para garantizar la seguridad en el entorno laboral.

Para evitar accidentes laborales, se recomienda que los trabajadores usen ropa de trabajo adecuada y calzado apropiado. También es importante evitar el uso de accesorios o complementos que puedan interferir con el trabajo o poner en riesgo la integridad física del trabajador, como joyas, bisutería y corbatas. Es responsabilidad de cada trabajador cumplir con estas medidas preventivas.

Es importante que los lugares y espacios que puedan representar un peligro en la empresa estén señalizados de manera adecuada para prevenir accidentes. La señalización correcta también ayuda a mantener a los trabajadores alerta al acercarse a áreas de riesgo.

Es altamente aconsejable que las empresas industriales tengan un botiquín de primeros auxilios apropiado. Este objeto puede ser de gran utilidad en situaciones de accidentes menores, por lo que es esencial que esté presente en cualquier momento.²⁵

Existen diferentes medidas de seguridad que pueden ser aplicadas en una empresa industrial, las cuales pueden variar dependiendo del tipo de empresa. Las explicadas anteriormente son las más básicas y las que suelen ser comunes.

CAPÍTULO 2. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

OBJETIVO DEL TRABAJO

El interés en la preservación del patrimonio artístico y cultural ha aumentado a nivel global en el último siglo, lo que ha resultado en la implementación de medidas de protección reflejadas en normativas internacionales, continentales y nacionales, y en la creación de organismos específicos para esta tarea.

A pesar de los esfuerzos realizados hasta el momento, todavía queda mucho por hacer, especialmente en la conservación de obras del siglo XX que presentan desafíos únicos debido a su juventud y a la necesidad de utilizar nuevas metodologías. Este patrimonio cultural debe ser preservado para las generaciones futuras y devolverles su autenticidad y valor original.²⁶

Los trabajadores dedicados a la restauración de bienes culturales se encuentran sometidos a todos los riesgos mencionados en el apartado anterior, tanto a accidentes de trabajo como a enfermedades derivadas de contaminantes higiénicos, físicos, químicos y biológicos.

Asimismo, en esta línea de trabajo es bastante común las lesiones debidas a las posturas de trabajo, debido a la complejidad de algunas tareas que deben realizarse, en ocasiones debido a la poca accesibilidad a la zona a restaurar.

En este Trabajo de Fin de Grado se tratarán concretamente los casos de restauración y conservación de pinturas y esculturas, a pesar de que algunos talleres de restauración llegan a trabajar con cerámicas, textiles, documentos...

HISTORIA DE LA CONSERVACIÓN DE BIENES CULTURALES

Como se ha mencionado anteriormente, la necesidad de conservar y restaurar objetos culturales tiene su origen en la necesidad de preservar cultura y la historia de las personas que han formado parte de sociedades anteriores.

Desde tiempos antiguos, existen registros de reparaciones realizadas en objetos con el fin de asegurar su utilidad en actividades religiosas o cotidianas, sin una verdadera comprensión de la conservación.

En el siglo XVIII, se abordó el tema de la restauración de manera más científica, lo que trajo consigo cambios significativos en comparación con épocas anteriores. Fue crucial el surgimiento de una conciencia histórica que estableció claramente la relación entre el pasado y el presente, a través de un análisis crítico de los nuevos valores atribuidos a los vestigios del pasado.

Además, se llevaron a cabo importantes estudios científicos que transformaron la restauración en un proceso más riguroso, dejando de ser un proceso creativo abierto como en el Renacimiento, para ser valorado como un ciclo concluido y cerrado. A partir de las referencias previas, era posible crear nuevas interpretaciones, pero estas ya no correspondían a una cultura o movimiento artístico que había desaparecido.

Durante este período, se comenzó a darle un valor a las antigüedades, debido a su longevidad o a su valor estético. La gente culta de la época identificaba a esta serie de objetos como componentes representativos de culturas y vidas pasadas.

Este enfoque activo representa un gran avance, ya que se trata de objetos culturales que deben ser preservados a través de acciones humanas, tanto individuales como colectivas, y no son considerados objetos sin función alguna.

Es importante destacar que en los primeros tiempos de la restauración, el enfoque principal se centraba en la recuperación de monumentos arquitectónicos y posteriormente en la preservación de áreas arqueológicas.

Fue en el siglo XX cuando los expertos en conservación comenzaron a considerar y regular las prácticas de conservación de objetos muebles, que incluyen tanto elementos culturales como obras de arte.

Durante el siglo XIX, surgieron diversas posturas sobre la restauración, siendo destacada la restauración estilística liderada por el arquitecto francés Eugène Viollet le Duc, pudiéndose observar una de sus restauraciones arquitectónicas en la Figura 7. Su objetivo principal era recuperar la autenticidad de los monumentos y volver a los estilos originales, e incluso a los ideales. Según esta postura, la historia de cada época se caracteriza por un estilo específico desde un punto de vista filológico y formal, lo que permitía establecer reglas generales de cada estilo a partir de un estudio arqueológico de los monumentos.

Por otra parte, el filósofo y crítico de arte inglés John Ruskin que abogaba por el respeto total a los monumentos y criticaba las intervenciones que propusieran eliminar etapas posteriores o realizar reconstrucciones excesivas. Sin embargo, Ruskin llevaba su postura al extremo al afirmar que los monumentos debían ser dejados morir con dignidad, lo cual ha sido considerado como una postura fatalista, idealista y pasiva. En resumen, Ruskin se oponía a la intervención en los monumentos.



Figura 7. Restauración realizada en Carcasona realizada por Le Duc

A finales del siglo XIX, Camillo Boito, un arquitecto italiano, propuso la teoría del restauro moderno, que pretendía encontrar un punto intermedio entre las posturas anteriormente popularizadas. Boito afirmó que la clave para una restauración efectiva era encontrar un criterio que permitiera preservar la historicidad del monumento y, al mismo tiempo, restaurar su aspecto original sin recurrir a medidas extremas como las utilizadas por los seguidores de Viollet le Duc.

Camillo Boito, conocido por las acciones que tuvo en Italia con el objetivo de preservar el patrimonio artístico, y contribuir a la orientación y a la creación de una nueva legislación para la conservación de monumentos, antigüedades y obras de arte. Aunque su enfoque no fue adoptado de inmediato, fue en la “Conferencia Internacional de Atenas sobre Restauración en 1931” cuando se recomendaron los principios de mantenimiento y consolidación de los monumentos.

En el año 1888, el químico alemán Friedrich Rathgen fue contratado por el Museo Real de Berlín para desempeñarse como restaurador, convirtiéndose en el primer profesional en la historia en ejercer esa labor. Diez años más tarde, en 1898, publicó el Manual de Conservación, el cual proporcionó valiosos conocimientos para esta disciplina.²⁶

Aparece un gran interés global por preservar las obras de arte, lo que lleva a la creación de intercambios internacionales. Durante uno de estos intercambios, se redacta “La Carta de Atenas” en 1931.

En su preámbulo, se reconoce la importancia del patrimonio italiano y la necesidad de protegerlo, y se amplía el concepto de patrimonio para incluir no solo los monumentos, sino también las obras de arte, la ciencia y la técnica.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se inició un movimiento de restauración para recuperar la materialidad y el significado cultural de las obras, y como respuesta a la devastación causada por el conflicto, se llevaron a cabo reconstrucciones miméticas por razones sentimentales.

El Restaurador italiano Giovannoni promovió la “Carta Italiana del Restauro” en 1931, que se basa en gran medida en los principios de la “Carta de Atenas”. Sin embargo, esta carta profundiza aún más en los detalles. Se puede observar un extracto de la carta de Giovannoni en la Figura 8.

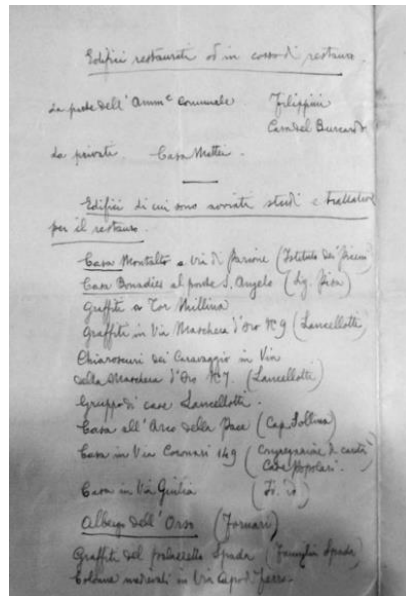


Figura 8. Anotaciones de Giovanni sobre la restauración en el quartiere del Rinascimento

Establece que no se puede perder ninguna parte histórica o artística de un monumento y solo debe ser restaurado si es inevitable y necesario. Además, solicita que los elementos añadidos sean neutrales y solo se realicen para tener una imagen completa de la obra. La carta también destaca la importancia del patrimonio como valor de civilización y la prioridad del derecho público sobre el privado.

Más tarde, la “Carta de Venecia” de 1964 confirmaría los principios que en general se consideran los más adecuados en la actualidad y que se puede resumir en los siguientes puntos:

- El objetivo es recuperar, proteger y dar nueva vida al monumento en su entorno, lo que incluye a los centros históricos, sitios arqueológicos y lugares naturales y pintorescos.
- Las intervenciones deben ser reversibles, lo que significa que se deben realizar de tal manera que en cualquier momento se pueda deshacer la intervención y dejar el objeto tal como estaba antes de la intervención.
- Se debe respetar todos los añadidos al monumento siempre que no dañen su esencia y sugieran una historia de las diferentes etapas por las que ha pasado. Las intervenciones deben realizarse con autenticidad y honestidad, documentando completamente todas las intervenciones para preservar la autenticidad del monumento original en todo momento.

- Este principio busca resaltar la importancia de la estructura completa del monumento, teniendo en cuenta sus características materiales, históricas y estéticas que están estrechamente relacionadas entre sí. Es decir, se debe valorar al monumento como un todo, considerando su contexto histórico y su estética original.

En la primera parte del siglo XX, la corriente de restauración crítica desempeñó un papel fundamental en la formulación teórica de los conceptos de restauración y conservación. Esta corriente abogaba por considerar tanto los valores estéticos y formales de una obra como su importancia histórica y documental para determinar la intervención requerida.

Según esta corriente, cada obra de arte necesitaba un enfoque particular y una adaptación de los principios generales establecidos. Algunos de los representantes más destacados de esta corriente incluyen a Renato Bonelli y Cesare Brandi, quienes llevaban a cabo un proceso crítico de recuperación y valoración de las obras.

En la perspectiva de Cesare Brandi, quien fue un historiador y crítico de arte, la restauración se enfoca en la revalorización de las obras de arte, con el propósito de mostrar sus cualidades formales en la actualidad.

Según Brandi, la restauración debe enfocarse en la conservación de objetos con valor artístico, en lugar de objetos industriales, ya que este último se considera simplemente una actividad de reparación.

En el siglo XX, se estableció una extensa normativa sobre la conservación y restauración de obras de arte, y se creó un documento nacional que tiene estatus de ley y ha sido adoptado por países occidentales: la "Carta del Restauo de 1972". En esta carta se define la restauración como cualquier intervención que tenga como objetivo preservar y transmitir íntegramente en el futuro las obras de arte y los objetos de interés cultural.

Se puede afirmar que a lo largo del tiempo, la intención de establecer normas y clarificar el objeto de estudio en la disciplina de la restauración ha ido evolucionando en función de las corrientes y los intereses de cada época.

Aunque aún no se han establecido reglas claras ni dogmas definitivos, la disciplina continúa avanzando, al igual que la preocupación por preservar patrimonio, especialmente en estos tiempos de globalización.²⁷

RESTAURACIÓN DE PINTURAS

De manera general, las pinturas se pueden clasificar en tres tipos: de caballete, murales y sobre papel o marfil. El objetivo principal del conservador de pinturas es preservar los objetos en las mejores condiciones posibles para detener el deterioro y retrasar la necesidad de restauración.

Es fundamental elegir las condiciones adecuadas para la exhibición y almacenamiento de las pinturas para garantizar su seguridad. Cada tipo de pintura requiere sus propias condiciones especiales para su preservación, dependiendo de la técnica y los materiales originales utilizados en su creación.²⁸

Pinturas de caballete

El término "pinturas de caballete" se refiere a las pinturas portátiles hechas en lienzo o panel.

Estas pinturas están compuestas por cuatro capas: el soporte (lienzos o paneles), el suelo (una mezcla de pigmentos blancos o teñidos y una sustancia inerte), la pintura (compuesta por pigmentos y un medio aglutinante como el aceite secante, pegamento, huevo, caseína o acrílico) y el revestimiento superficial (normalmente un barniz).

Se puede observar a una profesional trabajando en una pintura en caballete en la Figura 9.

Aunque cada capa tiene muchas variantes, todas son importantes para la conservación de la obra.



Figura 9. Proceso de restauración de pintura en caballete

Pinturas sobre madera

Desde la antigua Grecia, la madera ha sido utilizada como soporte en la creación de pinturas encáusticas. Durante siglos, los paneles de madera fueron ampliamente utilizados en el arte europeo, especialmente en íconos religiosos, hasta el siglo XVI cuando el lienzo se convirtió en el soporte dominante.

Sin embargo, la madera tiene la desventaja de expandirse y contraerse a través de la fibra en respuesta a cambios en la humedad, lo que puede ser significativo en climas templados.

Por ejemplo, en Inglaterra, la variación estacional en un museo que tiene calefacción central en invierno puede ser del 25% en invierno al 90% en verano, lo que puede causar agrietamiento en forma de red llamado "craquelado" en las pinturas sobre madera, a pesar de que estas pinturas tengan cierta elasticidad.

En zonas continentales como los Estados Unidos, la humedad relativa promedio en áreas secas puede ser consistentemente baja, lo que puede afectar significativamente a las pinturas europeas con soportes de madera que han sido curadas al aire o acostumbradas a una humedad más alta.



Figura 10. Ejemplo de agrietamiento por humedad en un panel francés lacado y dorado

Tanto en Europa como en los Estados Unidos, la combinación de un ambiente inadecuado de humedad relativa baja o variable con el efecto restrictivo de la capa de pintura a menudo provoca un arqueamiento permanente del panel, lo que lo hace convexo en la superficie frontal.

Con el fin de prevenir la deformación permanente del panel de madera debido al encogimiento o el arqueamiento, los restauradores han utilizado históricamente una variedad de métodos, incluyendo la colocación de listones de madera en la parte posterior del panel o estructuras más complejas llamadas cuñas.

Estos elementos se utilizan como restricciones para contrarrestar los efectos de la humedad y mantener el panel lo más plano posible.



Figura 11. Fotografía que muestra la curvatura del panel en el retrato 'Coronación' de Isabel I

Sin embargo, esta técnica a menudo generaba tensiones internas que causaban deformaciones en la superficie frontal, agrietamiento del panel a lo largo de la veta de la madera y, en algunos casos, daños a la pintura.

En la actualidad, se ha adoptado un enfoque ambiental que busca mantener un entorno estable para promover la preservación de las pinturas, y se ha abandonado en gran medida la utilización de listones y cuñas.

Si se han producido deformaciones o fisuras en la pintura o si es probable que ocurran debido a un soporte secundario inadecuado, como listones cruzados, se requiere una restauración experta. El tratamiento consiste en retirar los listones transversales y aplicar un refuerzo trasero que ejerza una tensión uniforme y suave en toda la superficie.

En el pasado, si la madera estaba muy carcomida o dimensionalmente inestable, se transfería la obra de arte para retirar el soporte de madera junto con las capas de pintura y tierra.

Pinturas en lienzo

La pintura sobre lienzo se hizo común en el siglo XVI y ha sido ampliamente utilizada en las tradiciones pictóricas de Europa y América. A diferencia de la madera, un soporte de lona se expande y contrae con las variaciones de humedad relativa, aunque el efecto no es tan significativo.

Con el tiempo, el lienzo se degrada y puede ser dañado por condiciones ácidas, así como rasgarse fácilmente. A menudo, partes de la pintura y el suelo se levantarán de la superficie, lo que se conoce como "hendidura", "descamación", "ampollas" o "descamación".

Para evitar problemas como la hendidura, descamación o ampollas en el lienzo, se utiliza un método tradicional llamado "revestimiento" o "rebase", que consiste en unir un nuevo lienzo al viejo. Se han utilizado varias técnicas y adhesivos para este proceso, pero hay un riesgo de alterar la textura superficial de la pintura si no se realiza correctamente.

Es importante realizar el procedimiento con cuidado y habilidad para evitar cualquier daño adicional a la obra de arte.



Figura 12. Reparación de lienzo mediante el uso de hilos de lino natural

Se utilizan diferentes métodos para revestir un lienzo, uno de los más comunes hasta mediados del siglo XX implicaba el uso de calor y adhesivo compuesto por una mezcla templada de cola animal y pasta farinácea, a veces con un plastificante añadido. Este método, todavía utilizado en Italia y Francia, ayuda a aplanar la pintura levantada y las deformaciones y rasgaduras locales en el lienzo.

Otro método, que se popularizó después de mediados del siglo XIX, utiliza una mezcla de resina y cera termoplástica y se lleva a cabo con una "mesa caliente al vacío" que permite obtener mejores resultados.



Figura 13. Mesa caliente al vacío utilizado en un taller

Se utiliza una mesa caliente al vacío para unir los dos lienzos mediante la aplicación de adhesivo fundido a una temperatura de alrededor de 70 °C. Los lienzos están cubiertos por una membrana que permite la evacuación del aire entre ellos mediante una bomba conectada a orificios en las esquinas de la mesa.

Después del enfriamiento, se produce la adhesión. Este método se utiliza para evitar la deformación y rasgaduras locales en el lienzo y aplanar la pintura levantada.

Se debe tener cuidado durante el proceso de revestimiento con mesa caliente al vacío, ya que una presión de vacío o calor excesivos pueden cambiar significativamente la textura de la pintura.

Además, el uso de cera en el adhesivo puede oscurecer el lienzo y las capas de pintura finas o porosas. Para solucionar este problema, se desarrollaron adhesivos de sellado térmico a fines de la década de 1960.

Se utilizan formulaciones con resinas sintéticas como el acetato de polivinilo y un copolímero de etileno-acetato de vinilo, que se aplican en solución o dispersión sobre las superficies.

Después del secado, se adhieren sobre la mesa caliente para realizar el proceso de revestimiento. Los adhesivos de copolímero de etileno-acetato de vinilo también se pueden conseguir en películas secas que no penetran.

En los últimos tiempos se han incorporado nuevas tecnologías como la dispersión de polímeros que fraguan en frío con agua, utilizando una mesa de baja presión que extrae el agua mediante una fuerte corriente de aire descendente a través de perforaciones en la superficie de la mesa.

Además, se han desarrollado adhesivos sensibles a la presión que también pueden ser utilizados en el revestimiento, aunque todavía no han sido ampliamente adoptados.

Aunque los métodos de revestimiento y otros tratamientos generalizados aún se utilizan, hay una tendencia a alejarse de ellos y utilizar tratamientos más precisos y específicos para abordar los problemas específicos de la condición de las obras de arte.

En la actualidad, se utilizan ampliamente dispositivos especializados como la mesa de succión de baja presión y la placa de succión, especialmente para tratamientos localizados.



Figura 14. Mesa de succión a baja presión

Estos instrumentos han evolucionado para incluir características como elementos de calefacción y sistemas de humidificación, lo que permite la aplicación controlada de humedad, calor y presión suave para tratar diversos problemas como la reparación de desgarros, la reducción de deformaciones planas y la consolidación de la pintura.

El revestimiento de bordes, también conocido como "forro de tiras", es una práctica que ha ganado popularidad como una alternativa al revestimiento general. Su objetivo es reforzar los bordes debilitados y desgarrados donde el lienzo es más propenso a ceder. Este tratamiento a menudo se combina con tratamientos locales o generales realizados mediante la mesa de succión y la placa de succión.



Figura 15. Forro de tiras en restauración de lienzo

En tiempos antiguos, se aplicaba una técnica para transferir las pinturas de la madera al lienzo, que es una variante de los procedimientos mencionados anteriormente. En cambio, algunas veces se adhiere una pintura sobre lienzo a un soporte rígido estable, proceso conocido como "marouflage". Este procedimiento todavía se realiza teniendo en mente las circunstancias concretas de la obra.

El estrato inferior de una pintura, conocido como suelo o imprimación, es considerado, en términos de conservación, como parte de las capas de pintura. A veces, el suelo puede perder su adherencia al soporte o a las capas de pintura, o puede fracturarse internamente, lo que conduce a la pérdida de la pintura o la aparición de hendiduras. Estas capas se ven de manera esquemática en la Figura 16.

Las capas de pintura pueden sufrir diversos problemas derivados del deterioro natural, una técnica original defectuosa, las condiciones inadecuadas, los malos tratos y las restauraciones previas incorrectas.

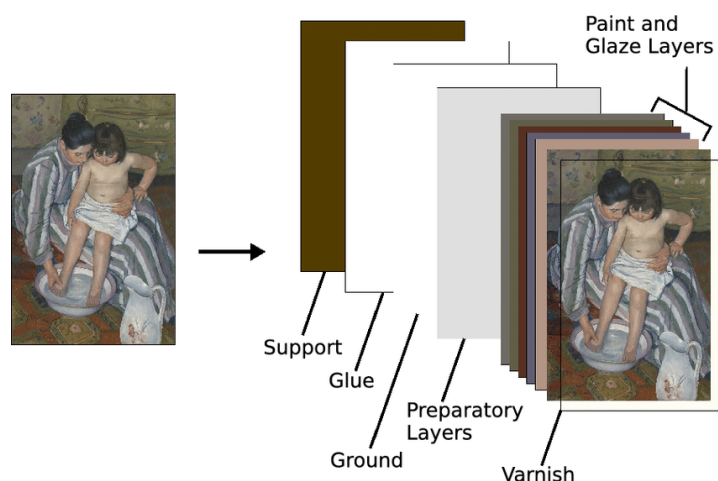


Figura 16. Estructura de las capas de pintura

Si la pérdida no es total, se pueden utilizar diferentes adhesivos, como gelatina o cola de esturión diluidas, polímeros sintéticos o adhesivos de cera para fijar la pintura en su lugar, dependiendo de las circunstancias. Por lo general, la pintura se coloca en su posición con una espátula calentada eléctricamente o una microherramienta de aire caliente.

A medida que los materiales de pintura se hicieron más fácilmente disponibles en preparaciones comerciales en los siglos XVIII y XIX, los métodos sistemáticos de pintura que se transmitían de maestro a aprendiz se volvieron menos comunes y se dio lugar a una mayor experimentación individual.

Sin embargo, en algunos casos, esta experimentación pudo conducir técnicas defectuosas. Los artistas a menudo usaban demasiado aceite, lo que resultaba en arrugas imposibles de eliminar, o aplicaban capas que se secaban a diferentes velocidades, produciendo un craquelado considerable como resultado de la contracción desigual.

Un pigmento marrón llamado "betún" utilizado en el siglo XIX agravó este problema. Las pinturas bituminosas nunca se secan por completo y llegan a producir en la pintura craquelado, el cual se asemeja a la piel de un cocodrilo. Desafortunadamente, los defectos causados por este pigmento no tienen reparación completa, solo se pueden mejorar visualmente mediante sutiles retoques.

Uno de los defectos más notables que surgen con el envejecimiento de una pintura es la decoloración o cambio de los pigmentos originales debido a la exposición excesiva a la luz. Si bien este problema es más evidente en pinturas de capa fina, como las acuarelas, también es observable en las pinturas al óleo.



Figura 17. Acuarela antes y después de procesos para revertir la decoloración

La paleta de colores utilizada por los pintores antiguos era generalmente estable a la luz, pero algunos de los pigmentos utilizados, como los de laca, que se compone de tintes vegetales fijados en materiales translúcidos inactivos, a menudo se desvanecen fácilmente.

Un pigmento verde transparente llamado resinato de cobre, que fue ampliamente utilizado desde el siglo XV hasta el siglo XVIII, sufría un cambio de color al volverse marrón chocolate intenso debido a la exposición prolongada a la luz. Con el descubrimiento de colorantes sintéticos en 1856, se desarrollaron nuevos pigmentos, pero algunos de ellos también se desvanecían rápidamente.

Lamentablemente, no es posible recuperar el color original de la pintura y, por lo tanto, la conservación es crucial para limitar la descomposición y preservar la obra de arte en su estado actual. Esto implica la limitación de la exposición a la luz al nivel más bajo posible que permita una visualización adecuada.

Es importante filtrar la luz ultravioleta, que es el tipo de luz más perjudicial, proveniente tanto de la luz solar como de las lámparas fluorescentes, con el fin de evitar daños en las obras de arte.

Es común encontrar pérdidas y daños en la mayoría de las pinturas antiguas, por lo que una obra en perfecto estado de antes del siglo XIX es objeto de especial interés. En el pasado, antes de que se adoptara un enfoque más riguroso de la restauración a mediados del siglo XX, era común que las áreas con pequeñas pérdidas fueran repintadas en su totalidad.

En algunos casos, se solía repintar no solo las áreas faltantes o gravemente dañadas, sino también una amplia zona de la pintura original circundante. Además, se utilizaban materiales que se oscurecían o desvanecían con el tiempo.

Antiguamente, era común que las áreas de una pintura que presentaban varias pérdidas pequeñas se repintaran por completo, incluso la zona original circundante, con materiales que oscurecían o desvanecían con el tiempo. Incluso se volvían a pintar grandes áreas con inventiva para intentar imitar el estilo del artista original.

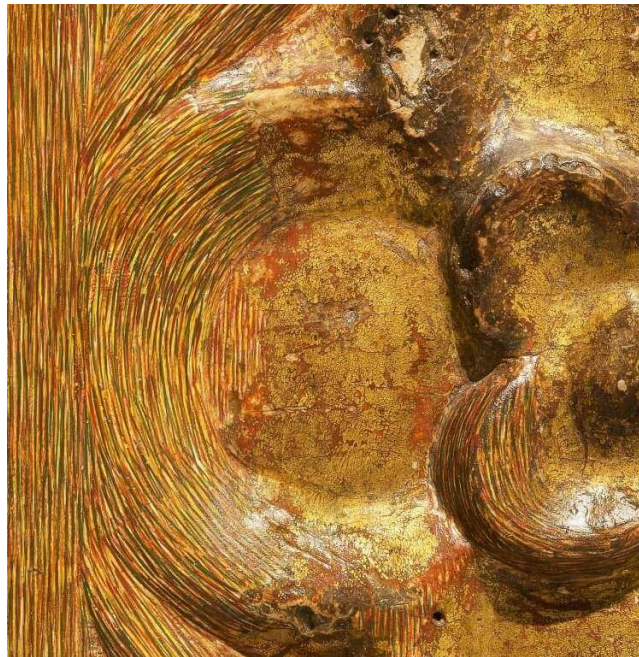


Figura 18. Técnica de tratteggio

Actualmente, la práctica común es restaurar solo las áreas que faltan, con especial atención a la técnica y la textura original del artista. Algunos restauradores utilizan técnicas de repintado que no imitan completamente la pintura original circundante.

Para evitar el impacto visual de una sección completamente perdida en una pintura, se puede realizar un repintado utilizando un color o textura que no engañe al observador. En la pintura, es importante utilizar pigmentos y medios que no cambien con el tiempo y que se puedan eliminar con facilidad en futuros tratamientos.

Para lograr una restauración exacta de una pintura, se requiere un estudio detallado de la técnica del artista, especialmente si se trata de métodos multicapa. Esto se debe a que las capas sucesivas, que son en parte translúcidas, contribuyen al efecto visual final. En la actualidad, se utilizan varias resinas modernas, es decir, pigmentos en base a resina y estables en lugar de pintura al óleo para permitir la reversibilidad y evitar la decoloración.

Para la creación de pinturas de barniz se han utilizado distintas resinas naturales, las cuales, en ocasiones, son mezcladas con aceite secante u otros componentes. Aunque tradicionalmente se usaba el barniz como medida de protección contra daños y abrasiones accidentales, su principal función era estética: realzar e intensificar los colores y otorgar a la superficie un aspecto uniforme.

Se han utilizado diversos tipos de resinas naturales para la fabricación de barnices, como la masilla y el damar, pero tienen limitaciones en cuanto a su deterioro con el tiempo. Estas resinas pueden volverse quebradizas, amarillentas y menos solubles a medida que envejecen.

Si bien los barnices tradicionalmente se utilizaban para proteger la pintura de daños físicos y abrasiones, su objetivo principal era mejorar la apariencia visual de la obra, intensificando sus colores y proporcionando una apariencia uniforme a la superficie.

En la mayoría de los casos, los barnices amarillentos se pueden eliminar con seguridad utilizando solventes orgánicos y otros agentes de limpieza, aunque el proceso debe ser



Figura 19. Detalle de la limpieza de barniz amarillo

muy delicado para evitar daños físicos y estéticos a la pintura. Algunas pinturas son más sensibles a la limpieza que otras, y algunos barnices pueden ser más difíciles de tratar debido a su formulación específica.

Es importante tener en cuenta que muchos disolventes orgánicos pueden extraer componentes del medio de la pintura al óleo durante el proceso de limpieza. Por lo tanto, la limpieza de las pinturas debe ser realizada solamente por un profesional capacitado y experimentado. Además, se recomienda que la limpieza sea realizada solo cuando sea absolutamente necesaria para evitar posibles daños en la obra de arte.

Si el barniz está en buen estado, pero cubierto de suciedad, el conservador puede limpiar la superficie con soluciones acuosas de detergentes no iónicos o solventes suaves después de una inspección minuciosa. La elección de la mezcla de solventes y la forma de aplicación ha dependido tradicionalmente de la habilidad y experiencia del conservador, pero la teoría científica moderna ha aportado claridad a los procedimientos.

Se han adoptado resinas sintéticas como barnices para pinturas debido a su estabilidad química frente a la luz y la atmósfera, lo que permite su eliminación segura con solventes y su resistencia a la decoloración y el deterioro físico a largo plazo.

Desde la década de 1960, los copolímeros acrílicos y las policiclohexanonas han sido los más utilizados. En general, las resinas de barniz sintéticas se clasifican en dos categorías: de alto peso molecular y de bajo peso molecular.

Para muchos conservadores, las resinas sintéticas de alto peso molecular no presentan las mismas características estéticas y de manejo que se encuentran en las resinas naturales. Por otro lado, las resinas sintéticas de bajo peso molecular se asemejan más en su apariencia y comportamiento a las resinas naturales y, por lo tanto, están recibiendo una mayor atención en la actualidad.

Se han desarrollado nuevos barnices a base de estireno de hidrocarburo hidrogenado y resina de metilestireno que podrían reemplazar a las resinas naturales. Sin embargo, aún se están realizando investigaciones para encontrar el barniz "ideal" que combine facilidad de aplicación, estabilidad química y una calidad estética aceptable.

Pinturas en murales

Las pinturas murales se han utilizado como forma de arte desde la prehistoria, como lo demuestran las pinturas en las cuevas de Altamira en España y la Gruta de Lascaux en Francia.

En las últimas décadas del siglo XX, se prestó especial atención al tratamiento de conservación y restauración de dos obras maestras renacentistas de la pintura mural: los frescos de Miguel Ángel en la Capilla Sixtina (Figura 20) en la Ciudad del Vaticano y La Última Cena de Leonardo da Vinci en Milán. Esto se debió a las vulnerabilidades ambientales y estructurales de estas obras de arte tan conocidas.



Figura 20. Frescos de la Capilla Sixtina

A menudo, las pinturas que se encuentran en nichos arquitectónicos y son de gran tamaño se denominan "pinturas murales", incluso aquellas que se extienden sobre barras de madera fijas o extensibles, como las pinturas de caballete.

Sin embargo, la definición estricta de "pinturas murales" implica que se ejecuten directamente sobre soportes de pared primarios, como yeso, hormigón, mampostería o piedra, lo que las distingue de otros murales.

Las pinturas murales tienen un papel esencial en la arquitectura, no solo en términos materiales, sino también estéticos. La conservación de las pinturas murales involucra no solo la preservación de las obras en sí, sino también la consideración del contexto más amplio, como los materiales de construcción, el mantenimiento del edificio, el uso y la conservación de las paredes adyacentes.

En términos de conservación, los diversos tipos de pinturas murales presentan similitudes, aunque los procedimientos de restauración pueden variar significativamente entre ellos. En el buen fresco, los pigmentos se mezclan con agua y se aplican directamente sobre una capa de yeso húmeda de cal recién preparada.

A medida que el yeso fresco se seca y se convierte en carbonato de calcio, los pigmentos se adhieren permanentemente al muro gracias a un cambio químico. En el fresco secco, por otro lado, el artista pinta sobre una capa de yeso ya seco.

Para que los pigmentos se adhieran de manera efectiva a la superficie de la pared, se requiere la presencia de un medio aglutinante como huevo, aceite, goma o pegamento. Este tipo de pintura se puede encontrar en las pinturas murales del antiguo Egipto. La estabilidad de estas pinturas depende de la presencia de un medio aglutinante, como huevo, aceite, goma o pegamento, mezclado con los pigmentos para adherirlos

adecuadamente a la superficie de la pared. Por otro lado, en el marouflage, una variedad más moderna de pintura mural, las pinturas sobre lienzo se montan en la pared con un adhesivo.

Se puede destacar que el principal problema de este tipo de obra de arte es el exceso de humedad, que puede tener diversos orígenes. Uno de los más comunes es cuando la humedad aparece a través de las paredes, ascendiendo hacia arriba. Una de las maneras para evitar este problema y evitar que la humedad suba de manera vertical, es mediante el uso de una capa húmeda.

Este método se trata de la inserción de un material impermeable al agua, cuando previamente se ha separado el mural del suelo. El mayor inconveniente de esta solución es su coste, siendo este demasiado elevado normalmente, por lo que se utilizan alternativas como el reordenamiento del drenaje de la arquitectura, que puede afectar al mural.



Figura 21. Detalle de crecimiento de hongos en forma de mancha negra debido a humedades en el fuerte de Nagaur (India)

Otra manera en la que la humedad puede acceder al mural es a través de la pared exterior, debido por ejemplo a lluvias, las cuales pueden llegar a alcanzar la pintura del mural. Una simple solución a este problema es tratar las paredes exteriores del edificio, de manera que las lluvias no puedan llegar a afectar al mural.

Debido a la condensación de zonas frías en el mural, la humedad también puede llegar a alcanzar la pintura, siendo esta situación común en ciertos lugares como iglesias, tumbas... Esto se debe a que este tipo de arquitectura cambia de temperatura de manera intermitente, o bien debido por ejemplo a las visitas masivas a estos lugares.

Para contrarrestar este fenómeno, se puede utilizar un sistema de calentamiento continuo y uniforme, teniendo en cuenta que esta solución puede llegar a causar una formación de sales si el calentamiento se produce demasiado rápido, pudiendo causar eflorescencia.

Los daños más comunes en murales debido a todos los problemas mencionados anteriormente son el blanqueamiento de la pintura, manchas por gotas de humedad o la rotura en forma de lámina de las capas de pintura debido a la formación de sales o eflorescencia.

La formación de sales cristalizadas mencionada previamente puede llegar a ocurrir sobre, debajo o dentro de la pintura, lo que puede llegar a provocar un “velo” salado. Normalmente, el conservador debe evitar cubrir la pintura con material impermeable al agua, como pueden ser ceras o productos de resina, con el objetivo de que la humedad pueda penetrar libremente sin encontrarse con una barrera interna.



Figura 22. Cristalización de diferentes sales en las superficies pintadas del templo festivo de Thutmosis III, templos del complejo de Karnak

Esto se debe a que cuando las zonas en las que la humedad puede evaporarse se encuentran bloqueadas, la humedad se desplazará de manera lateral, expandiéndose la zona dañada debido a ello. Algunos problemas secundarios debido a ambientes húmedos pueden ser el crecimiento de hongos y moho.

Debido al uso global de combustibles fósiles y las emisiones relacionadas al uso de estos, en la atmósfera la concentración de dióxido de carbono ha aumentado de manera considerable. En consecuencia a los ambientes húmedos mencionados anteriormente, los contaminantes que forman ácido sulfúrico pueden llegar a erosionar el carbonato de calcio, componente en la mayoría de las pinturas que están en bases de cemento o lima.

Este efecto de lluvia ácida convierte carbonato de calcio en sulfato de calcio, siendo el volumen de cristal de sulfato prácticamente el doble comparado con la cantidad de carbonato original del mural, lo que provoca presiones internas en los poros de la pared, pudiendo llegar a causar fracturas.

Debido a que el sulfato tiene una mayor capacidad para absorber humedad, esto provoca que los murales tengan mayor posibilidades de sufrir daños debido a las humedades.

Las pinturas murales pueden verse afectadas por la contaminación ambiental, lo cual puede provocar que se oscurezcan y se cubran de hollín debido a las partículas de combustibles fósiles. Además, algunos pigmentos comunes en las pinturas renacentistas, como el plomo blanco o rojo, la malaquita y la azurita, pueden perder su color por la exposición a contaminantes en el aire.

Frente a los daños causados por la humedad y la contaminación, los conservadores trabajan para identificar y eliminar los factores que provocan el deterioro. Después, se enfocan en estabilizar las áreas afectadas, como las zonas donde se ha producido desconchado del yeso o de la pintura.

En las últimas décadas, se han desarrollado nuevos tratamientos de conservación, como cataplasmas químicos, tecnología de gel y resinas de intercambio iónico. Estos avances han permitido mejorar las técnicas de limpieza, reducir la acumulación de depósitos de sal y consolidar las áreas dañadas.

Una técnica eficaz consiste en la inyección hipodérmica de adhesivos seguida de una suave presión durante el secado para tratar problemas de pintura desprendida o soporte de pared.

Los profesionales de la conservación suelen crear soluciones específicas para problemas particulares. Por ejemplo, después de la inundación del río Arno en Florencia en 1966, los conservadores italianos desarrollaron técnicas para transferir frescos dañados de paredes, tales como la técnica del strappo y el stacco a massello. Estos métodos se utilizan para extraer el fresco de la pared dañada y trasladarlo a un soporte rígido.

La técnica más radical, el strappo, implica pegar firmemente el lienzo a la superficie del fresco y retirar una capa delgada de yeso que contiene las partículas de pigmento del fresco. Sin embargo, esta técnica puede alterar irreversiblemente el carácter de la superficie original de la pared y la densidad de la capa de pigmento.



Figura 23. Momento en el que se retira una pintura utilizando la técnica de strappo

El método menos intrusivo es el stacco a massello, que implica la eliminación de la pintura mural con su sustrato original. Este procedimiento requiere la instalación de contraformas para evitar daños debido a torsión, vibración y otras tensiones mecánicas.

La elección del método de transferencia depende de la estabilidad de la pintura, el tipo de deterioro encontrado y las limitaciones prácticas de tamaño y peso.

Siempre que sea factible, se prefieren los tratamientos de conservación y restauración in situ en lugar de las técnicas de transferencia. Los conservadores trabajan desde la superficie, preservando la estructura original del edificio, el carácter de la superficie y el contexto significativo.

La comunidad de conservación del arte, que incluye historiadores del arte y especialistas en conservación, cree que las pinturas murales y murales dependen física y estéticamente del contexto arquitectónico. Se valora la "especificidad del sitio" de las pinturas y se conserva el carácter del sitio original tanto como sea posible. La reubicación puede disminuir su significado o apreciación.

Pinturas en marfil

El marfil se ha utilizado como soporte para la pintura desde el siglo XVIII en Europa y los Estados Unidos, especialmente para la pintura en miniatura, debido a su translucidez natural y su capacidad para adaptarse a las técnicas luminosas de la pintura de retratos.



Figura 24. Retrato en miniatura sobre marfil

Sin embargo, debido a su naturaleza porosa e higroscópica, el marfil es vulnerable a muchos agentes de deterioro, incluyendo cambios dimensionales en respuesta a las fluctuaciones en la humedad relativa del aire. La conservación de las pinturas en marfil depende en gran medida del mantenimiento de controles ambientales estables, como una humedad relativa óptima del 50-60% y una temperatura inferior a 21 °C.

La luz también puede ser un agente dañino para las pinturas en marfil, ya que puede blanquear las superficies y causar decoloración. La iluminación de estos objetos no debe exceder los 5-10 lúmenes por pie cuadrado y se debe evitar la luz del día tanto como sea posible.

El marfil también es susceptible de mancharse y retener aceites no deseados, por lo que se recomienda usar guantes al manipular estos objetos. Durante el almacenamiento, las pinturas en marfil deben entrar en contacto solo con materiales de pH neutro, como algodón suave, lino o papel tisú libre de ácido sin tamponar.

En resumen, para preservar las pinturas en marfil, se requiere un control cuidadoso del ambiente y la iluminación, junto con prácticas de manipulación y almacenamiento adecuadas.

Pinturas en papel

A lo largo de los siglos, en muchas culturas se han creado grabados, dibujos y manuscritos, siendo los grabados especialmente relacionados con la ilustración de libros. A pesar de las variaciones en los medios y formas de impresión, una característica común de las impresiones y dibujos es la incorporación de colorantes, como tintas, acuarelas, lápices y pasteles, en la textura fibrosa y absorbente del papel.

A diferencia de las pinturas en lienzo, en las que los pigmentos se aplican en capas sobre una superficie laminada, el arte sobre papel es una amalgama en la que el papel y el pigmento se vuelven inseparables. La calidad del papel y las condiciones ambientales en las que se almacenan las obras de arte tienen un gran impacto en la durabilidad de los grabados y dibujos.

Aunque el papel a menudo se considera frágil y efímero, los ejemplos de papel de alta calidad que han sido manejados adecuadamente y almacenados en ambientes estables han sobrevivido durante más de mil años. Sin embargo, muchas obras maestras modernas se han realizado con papeles de menor calidad que contienen pulpa de madera, pigmentos inestables o técnicas deficientes, lo que puede llevar a la degradación de la obra con el tiempo.

La mayoría de los tratamientos de conservación de grabados, dibujos y archivos en papel buscan reducir los efectos dañinos del clima y del almacenamiento, como la decoloración y la acidez. Estos efectos suelen ser causados por materiales de mala calidad y a la exposición a agentes dañinos.

Las manchas marrones conocidas como "foxing" también pueden resultar de la influencia combinada de partículas metálicas en el papel y el moho. Además, los daños



Figura 25. Ilustración que muestra manchas marrones llamadas foxing

causados por plagas biológicas como lepismas, piojos de los libros, larvas de escarabajos y hongos pueden ser destructivos y antiestéticos.

Debido a que el papel es altamente absorbente, es vulnerable a la transferencia química o la compensación de imágenes durante el almacenamiento. Es por eso que el estándar de almacenamiento y enmarcado de museos es utilizar solo papeles de archivo sin ácido, preferiblemente con un contenido de trapo del 100%. El manejo cuidadoso y la gestión prudente de políticas para la exhibición de estas obras de arte son importantes factores que influyen en la duración de la conservación de este tipo de piezas.

En el ámbito de la conservación de obras de arte en papel, los conservadores tienen a su disposición diversas técnicas y herramientas especializadas para reparar obras de arte dañadas, incluyendo mesas de succión al vacío, cámaras y placas de humedad, láminas de plástico semipermeable, lápices de vapor y aire caliente, y equipos de fundición de hojas.

Los conservadores usan técnicas que limitan la humedad, como el lavado y la reducción de manchas, en función de la tolerancia de los medios de dibujo y las cualidades del papel. La inmersión en baños de agua se utiliza solo en situaciones estables. El uso de técnicas como el blanqueamiento y la desacidificación depende de múltiples factores, como el envejecimiento a largo plazo después del tratamiento y las posibles consecuencias de los residuos que quedan en el papel.

Para reparar daños mecánicos como rasgaduras, adelgazamiento o pérdidas en dibujos e impresiones, se pueden aplicar refuerzos, nuevos insertos de papel o pulpa en las áreas dañadas. Para proporcionar soporte adicional, se puede adherir papel nuevo o una hoja de respaldo al reverso del original.

RESTAURACIÓN DE ESCULTURAS

Durante siglos, los artistas han utilizado diversos materiales para crear esculturas, desde piedra, metal y madera, hasta hueso, marfil y resinas. En la era moderna, los escultores también tienen acceso a materiales industriales como plásticos, compuestos y aleaciones exóticas. Sin embargo, todos estos materiales son susceptibles al deterioro y la descomposición debido a factores ambientales.

Los conservadores de esculturas consideran muchos factores al desarrollar estrategias para preservar estas obras. La naturaleza inherente del material, el entorno en el que se encuentra la escultura, el grado de deterioro de la obra y su propósito original son solo algunas de las consideraciones a tener en cuenta. Además, los valores estéticos, históricos, culturales, religiosos y monetarios también pueden influir en el enfoque del conservador para la conservación y restauración de la escultura.

Esculturas de piedra

A lo largo de la historia, numerosos tipos de piedra han sido utilizados en la escultura, desde las enormes estatuas prehistóricas de la Isla de Pascua hasta los materiales modernos. Algunas piedras son más fáciles de tallar que otras, pero todas son susceptibles al daño causado por el agua. La exposición al agua puede disolver la piedra, desgastarla y debilitarla.

Por otra parte, cuando el agua se congela dentro de los poros de la piedra, la tensión ejercida por los cristales de hielo puede provocar fracturas microscópicas en la estructura de la piedra. Si el agua se descongela y luego vuelve a congelarse en ciclos repetidos, conocidos como ciclos de congelación y descongelación, la piedra puede perder fuerza y separarse en la superficie.

El agua también puede transportar sales solubles, como el cloruro de sodio presente en el agua de mar o los nitratos presentes en las aguas subterráneas contaminadas por fertilizantes, hacia la estructura porosa de la piedra. Estas sales permanecen en solución y viajan a través de los poros de la piedra hasta que el agua comienza a evaporarse en la superficie de la escultura.

Al perder agua, la sal se cristaliza y aparece la eflorescencia. Los cristales de sal, al igual que los de hielo, tienen un mayor volumen y ejercen mayores tensiones en las paredes del poro, lo que lleva a la misma descamación o desprendimiento causado por el ciclo de congelación y descongelación. Cuando la mayoría de la sal soluble cristaliza en la superficie de la escultura de piedra y forma un depósito blanco en polvo, se define como "eflorescencia superficial".



Figura 26. Eflorescencia en piedra

Aunque este proceso es antiestético y puede causar daños, no es tan destructivo como la "subeflorescencia", que ocurre cuando la sal cristaliza en los poros de la piedra por debajo de la superficie real. En el proceso de subeflorescencia, los cristales de sal están contenidos dentro de los poros y, por lo tanto, ejercen una enorme presión sobre las paredes del poro.

Algunos tipos de piedra contienen grandes cantidades de sal como parte de su composición natural y, como tal, son muy susceptibles a daños en las condiciones adecuadas. Otras piedras adquieren sales del ambiente, como durante el entierro, cuando están expuestas al agua subterránea cargada de sal, o cuando están expuestas al agua que ha percolado a través de material natural o hecho por el hombre (como yeso o cemento) que también contiene grandes cantidades de sal.

El agua juega un papel importante en el proceso de erosión de la piedra debido a la contaminación del aire industrial. Desde el siglo XIX, se ha observado cómo el azufre liberado por la quema de combustibles fósiles tiene propiedades destructivas. En la atmósfera, el azufre reacciona para formar dióxido de azufre, que a su vez se combina con la humedad presente para crear ácido sulfúrico.

Cuando el ácido sulfúrico entra en contacto con la piedra caliza o el mármol, transforma la superficie de la piedra en sulfato de calcio, también conocido como yeso. Esta transformación tiene varios efectos negativos: el yeso tiene mayor volumen y porosidad, lo que retiene más agua ácida en la superficie y continúa el ataque ácido sobre la piedra subyacente, lo que fomenta la actividad biológica y otros procesos destructivos.

El deterioro biológico de la piedra también es un problema preocupante. El crecimiento de raíces o enredaderas puede fracturar físicamente el mármol si la raíz encuentra su camino hacia una grieta o fisura, al igual que las raíces de los árboles o las malas hierbas pueden fracturar aceras o caminos.



Figura 27. Planta anidada en la cavidad de una escultura

También es posible la disolución directa de la piedra por los líquenes y la hiedra, y la presencia de tales plantas conduce a la retención de agua, lo que acelera otros procesos destructivos.

En el pasado, los métodos utilizados para restaurar esculturas de piedra eran muy agresivos y tenían como objetivo ocultar los daños o las pérdidas sufridas por la obra debido al paso del tiempo, a la intemperie o a un accidente. Para lograrlo, se utilizaban técnicas como el recorte de la escultura o la eliminación de partes de la superficie con abrasivos o ácidos.

Estas técnicas se basaban en los dictados estéticos y las modas de la época, y a menudo el resultado final era una obra que no reflejaba la intención original del artista, sino más bien el criterio del restaurador.

Hoy en día, la restauración de esculturas se guía por los códigos deontológicos profesionales, como el Código de Ética y Directrices para la Práctica del Instituto

Estadounidense para la Conservación de Obras Históricas y Artísticas (AIC), que son seguidos por los conservadores profesionales.

En este proceso se cuida de preservar el material y la superficie originales, y se presta mucha atención para no alterar la intención del artista o influir en la forma en que la obra puede ser interpretada. Por lo general, las áreas faltantes se dejan sin reparar y solo se llevan a cabo reparaciones cuando no requieren tratamientos invasivos que sean extensos o irreversibles. En caso de ser necesario reemplazar segmentos faltantes, el conservador lo hace de manera que los reemplazos sean fácilmente detectables mediante una inspección minuciosa o el uso de técnicas de inspección.

La eliminación de sales solubles es crucial para preservar esculturas de piedra, ya que estas sales pueden ser extremadamente dañinas. En el pasado, se remojaba la escultura en agua fresca hasta que las sales se eliminaban por completo, pero este método no siempre es viable.

En casos en que la escultura es demasiado grande para sumergirla, demasiado frágil para remojarla o sujeta a un sitio, se requieren otras técnicas. Algunas piedras, además, contienen minerales que se disuelven fácilmente con agua, lo que hace que la inmersión prolongada sea perjudicial. Por lo tanto, se ha desarrollado una técnica alternativa llamada cataplasma.

La cataplasma implica humedecer la escultura y luego aplicar una mezcla de arcilla o pulpa de papel y agua en la superficie. A medida que el agua se evapora, las sales disueltas son atraídas hacia la superficie de la cataplasma y depositadas allí. La cataplasma se retira después de un tiempo y el proceso se repite hasta que se hayan eliminado todas o la mayoría de las sales. Este método es preferible cuando la inmersión prolongada en agua no es una opción viable y se necesita una técnica menos invasiva.

La cohesión de la piedra puede debilitarse si el material que mantiene unidos los granos se rompe o disuelve. En este caso, la piedra se vuelve "azucarada" y los granos individuales pueden desprenderse fácilmente, dando la impresión de gránulos de azúcar sueltos. Si esto ocurre, la piedra puede empezar a delaminarse, formando secciones que parecen escamas.

Para restaurar la fuerza cohesiva y estructural de la piedra, es necesario utilizar un consolidante. Un buen consolidante debe ser estable y resistente a largo plazo, incluso en condiciones adversas al aire libre. Además, debe ser capaz de penetrar profundamente en la piedra y distribuirse uniformemente por todo el material de la piedra. Por último, debe tener un impacto mínimo en la apariencia de la piedra, es decir, no debe cambiar el color o la transparencia de la piedra una vez aplicado.

Cuando una piedra se deteriora debido a la pérdida o rotura del material que une los granos, se puede utilizar un consolidante para restaurar su fuerza estructural. Existen dos categorías principales de consolidantes: los minerales y los sintéticos.

Entre los consolidantes minerales se encuentra el "agua de cal", que se usa en piedras a base de calcio y forma una red de carbonato de calcio similar a la de la piedra. Además, los alcóxi silanos pueden introducir sílice amorfa en piedras deterioradas y también pueden hacer que la piedra sea repelente al agua.



Figura 28. Restauradoras en escultura del Ayuntamiento de Pamplona

Por otro lado, los consolidantes sintéticos incluyen polímeros acrílicos, epoxis y poliésteres. Aunque estos materiales son una mejora en comparación con los consolidantes antiguos como la cera y las resinas naturales, algunos han demostrado ser inadecuados para ciertos entornos y períodos de exposición prolongados. Algunos epoxis han alterado la apariencia de la escultura en poco tiempo, mientras que otros consolidantes sintéticos han sido incapaces de penetrar profundamente en la piedra, lo que resultó en una costra delgada, densa e impermeable que se desprende debido a la acumulación de sales o vapor de agua detrás de ella. Es importante elegir un consolidante que tenga estabilidad y resistencia a largo plazo en condiciones adversas al aire libre, que pueda penetrar profundamente en la piedra y que tenga un efecto mínimo sobre la apariencia de la piedra después de la aplicación.

Se han empleado diversos tipos de revestimientos para proteger las esculturas de piedra del daño causado por los elementos externos o la acumulación de suciedad y polvo en entornos interiores.

En el pasado, se han utilizado ceras y resinas naturales para este propósito. Sin embargo, en la actualidad, los polímeros acrílicos son más comunes para entornos menos rigurosos, mientras que los consolidantes de superficie y los repelentes al agua, basados en materiales hidrofóbicos de silicona o silanos, se utilizan a menudo para esculturas expuestas al aire libre.

Estos revestimientos pueden repeler la acumulación no deseada de materiales o pueden actuar como capas sacrificiales que se eliminan durante el mantenimiento regular, llevándose consigo los depósitos no deseados.

Antes se utilizaban métodos de limpieza agresivos que implicaban el uso de abrasivos, ácidos e incluso cinceles para eliminar manchas y depósitos perjudiciales. Sin embargo, en la actualidad, los conservadores profesionales protegen agresivamente la superficie original de la escultura, incluso aceptando la presencia de manchas y depósitos en lugar de poner en peligro el material original.

A veces, los depósitos que oscurecen el detalle o el grabado sutil en la superficie pueden ser informativos e importantes y, por lo tanto, deben preservarse en lugar de eliminarse. Por ejemplo, en objetos arqueológicos o etnográficos, pequeñas cantidades de material conservado como restos de pigmento o depósitos del uso original pueden revelar información valiosa sobre la historia, función, método de fabricación y la intención del artista. Los conservadores han optado por usar métodos de limpieza menos agresivos para preservar la integridad de la escultura original y protegerla de daños.

Las técnicas modernas de limpieza para esculturas de piedra son diversas y dependen del tipo y gravedad de la suciedad o depósitos presentes. Se pueden utilizar desde técnicas mecánicas simples, como el uso de un borrador suave común, hasta herramientas más especializadas, como bisturís quirúrgicos, microscopios binoculares y herramientas eléctricas de pequeña escala.

Los conservadores también pueden utilizar equipos abrasivos de microaire que emplean polvos de partículas finas o agentes químicos como los tensioactivos, quelatos y solventes. Además, las cataplasmas pueden ser útiles para eliminar depósitos y manchas, y los materiales que se utilizan para hacerlas incluyen arcillas, pulpa de papel y materiales de gel como la carboximetilcelulosa.

La limpieza con vapor y el rociado de agua, también llamado "nebulización", son otras técnicas que se emplean a menudo en el proceso de limpieza, pero todas estas técnicas deben ser aplicadas con cuidado para evitar dañar la superficie o elementos decorativos de la escultura.

En la década de 1970, la tecnología láser fue empleada por primera vez para eliminar la suciedad y contaminación oscura de la escultura arquitectónica de piedra. Desde entonces, se ha desarrollado rápidamente como una técnica efectiva para limpiar superficies de piedra. La energía láser permite la eliminación o vaporización del material no deseado, que suele ser más oscuro que la piedra.



Figura 29. Limpieza láser en escultura de piedra

Debido a que las unidades láser están más disponibles en la actualidad, a un costo relativamente menor y con una mayor familiaridad en el campo de la conservación, se considera que el láser es una herramienta prometedora para su uso futuro en la conservación.

Esculturas de metal

La escultura de metal ha abarcado una amplia gama de obras artísticas, desde pequeñas estatuillas de fundición sólida del antiguo Cercano Oriente hasta enormes monumentos públicos de acero construidos en el siglo XX. Sin embargo, la mayoría de estas obras han sufrido deterioro debido al proceso de reversión del metal a un estado mineral más estable.

Por ejemplo, el hierro se oxida y produce un óxido de hierro mineral en polvo de color marrón rojizo. El cobre y sus aleaciones, por otro lado, se alteran más comúnmente a carbonatos verdes o azules de cobre, malaquita o azurita, o al cuprita mineral de óxido rojo. Además, el cobre y sus aleaciones pueden corroerse rápidamente en presencia de cloruro, un proceso conocido como "enfermedad del bronce", durante el cual el cobre se transforma en cloruro de cobre, un producto en polvo de color blanco azulado. La plata se deslustra fácilmente incluso en presencia de pequeñas cantidades de azufre, mientras que el plomo se desvanecerá rápidamente en presencia de ácido acético.

Un factor común en todos estos procesos es la presencia de agua, que es necesaria para iniciar y completar la corrosión del metal base a un producto mineral más voluminoso y menos cohesivo.

En el pasado, las esculturas de metal eran tratadas mediante técnicas abrasivas, como el arenado o el microgranallado, o mediante decapado químico o reducción electroquímica. Estos métodos eliminaban por completo la superficie del metal de cualquier producto de corrosión o alteración. Sin embargo, hoy en día, los tratamientos son mucho más conservadores.



Figura 30. Restauración de un busto de bronce en Zaragoza

Aunque aún se puede pulir la escultura de plata deslustrada o retirar la pátina de alteración de algunas esculturas monumentales al aire libre, se evalúan cuidadosamente los productos de alteración por su importancia y autenticidad antes de retirarlos. Las pátinas, que a menudo se consideran valiosas por su belleza estética y autenticidad, se protegen con mayor frecuencia que se eliminan. Cualquier tratamiento que pueda remodelar el metal o provocar adiciones irreversibles, como la soldadura de segmentos rotos, ahora se considera con precaución.

En el siglo XXI, el enfoque principal de los conservadores para abordar la corrosión de las esculturas es proporcionar un ambiente menos hostil y aplicar una serie de procedimientos preventivos para mantener la estabilidad de la obra.

Se trata de técnicas regulares de limpieza y aplicación de recubrimientos protectores para controlar los procesos de corrosión, lo que ha demostrado ser efectivo y rentable en la conservación a largo plazo de las esculturas al aire libre, incluso en entornos urbanos contaminados. Estos recubrimientos pueden ser ceras o polímeros sintéticos que incluyen inhibidores de la corrosión.

En algunos casos, el conservador puede recomendar retirar las esculturas del ambiente exterior y colocarlas en un área protegida, o reemplazarlas por una réplica hecha de un material más resistente si no es posible controlar la corrosión.

En la actualidad, la limpieza de esculturas de metal se realiza de manera más conservadora, ya que se reconoce el valor estético y cultural que puede tener la pátina, aunque esto signifique dejar algunos productos de corrosión en la superficie del metal.

En el caso de material arqueológico y escultura etnográfica, estos productos pueden contener información valiosa sobre los tratamientos originales, los materiales asociados y el uso histórico de la pieza, por lo que antes de proceder con su limpieza se debe sopesar cuidadosamente la importancia de preservar dicha información contra la posible pérdida que pudiera resultar del proceso de limpieza.

Escultura de madera

Aunque hay relativamente poca escultura de madera que haya sobrevivido de los períodos prehistóricos e históricos tempranos, se produjo una gran cantidad de esculturas en el último milenio. Entre ellas, destacan las esculturas policromadas de la devoción religiosa de Europa occidental, así como las de India, China, Japón y otras naciones asiáticas.

La madera es un material muy poroso y abierto, compuesto principalmente por agua, que es absorbida o unida químicamente a sus células estructurales de paredes delgadas. Como la mayoría de los materiales vegetales, la madera responde a los cambios en la humedad del entorno que la rodea, absorbiendo agua para alcanzar el equilibrio con el medio ambiente, o cediendo agua si el aire circundante es más seco.

Estos cambios en la humedad del entorno producen cambios dimensionales en la madera, lo que puede provocar tensiones considerables en su estructura, resultando en una deformación irreversible o en una división completa de la sección de madera. Además, la tensión física ejercida sobre la estructura de madera por la continua expansión y contracción debilita la madera o puede causar más daño grave a la madera ya debilitada por el ataque de insectos o la edad.

Al pintar la madera, el calor y la humedad pueden provocar una mayor movilidad en la madera, lo que puede destruir la unión entre la madera y la pintura menos elástica y la preparación del suelo, lo que a su vez puede hacer que la decoración pintada se desprenda de la superficie.

La madera puede sufrir infestaciones de insectos como escarabajos, termitas y gusanos perforadores de madera, que pueden debilitarla tanto que la escultura se colapse. También puede ser afectada por hongos y bacterias que tienen resultados similares.

La principal preocupación para la preservación de la madera es el control del medio ambiente, especialmente la exposición a la luz, incluyendo la radiación ultravioleta y longitudes de onda cortas del espectro visible. La acción de la energía luminosa puede causar cambios químicos y físicos en todo el material orgánico, lo que puede provocar la pérdida de la integridad estructural de la madera, así como cambios en su color y apariencia.

Mantener niveles adecuados y constantes de temperatura y humedad, y un entorno libre de radiación ultravioleta, iluminación y contaminantes, son fundamentales para ralentizar el deterioro de la escultura en madera. También es importante realizar un mantenimiento regular de la pieza, incluyendo su limpieza y vigilancia para evitar la infestación de insectos dañinos.

Cuando es necesaria una intervención en la escultura, se suele llevar a cabo una consolidación, ya sea de su estructura o de su superficie decorativa. Para ello se puede recurrir a una amplia variedad de consolidantes, como polímeros acrílicos sintéticos, resinas naturales orgánicas y colas animales.

NORMATIVA APLICADA

Teniendo en cuenta todo lo explicado anteriormente, se puede afirmar que existen muchas normativas en cuanto a los talleres de restauración de las obras de arte expuestas previamente.

En cuanto a la normativa medioambiental, las empresas y personas que trabajan en talleres de restauración de obras de arte deben cumplir con la normativa nacional y regional en materia de protección del medio ambiente. Por otra parte, deben gestionar adecuadamente los residuos generados en el proceso de restauración, siguiendo las regulaciones sobre la clasificación, almacenamiento, transporte y eliminación de residuos.

Acerca la normativa de seguridad laboral, se debe cumplir con la normativa de prevención de riesgos laborales, adoptando medidas para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Junto con esto, se realiza la evaluación y gestión de los riesgos asociados al trabajo de restauración de obras de arte. Una de las gestiones que se debe realizar es el proporcionar equipos de protección personal adecuados y formación en su uso y mantener un entorno de trabajo adecuado en cuanto a la salud, realizando inspecciones y controles periódicos.

Dentro de estas normativas, destacan las siguientes:

- «Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales»
Esta ley establece las bases de la política de prevención de riesgos laborales y regula las obligaciones del empleador y los trabajadores para garantizar la seguridad y la salud en el trabajo.
- «Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención»

Este reglamento decreta las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo para la protección de los empleados, así como las obligaciones de los empleadores y los trabajadores en cuanto a la prevención de riesgos laborales.

- «Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo»
Este reglamento establece la obligación de señalar los riesgos en el lugar de trabajo, incluyendo la señalización de zonas de riesgo en el taller de restauración.
- «Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo»
Este reglamento establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para garantizar la protección de los empleados en su lugar de trabajo, incluyendo medidas específicas para el manejo de sustancias peligrosas.
- «Directiva 89/391/CEE relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo»
Esta directiva de la Unión Europea establece el marco general para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en el trabajo. Se aplica a todas las actividades laborales, incluyendo al restauración de obras de arte. La directiva establece que los empleadores tienen la responsabilidad de garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, lo que incluye la protección contra riesgos laborales en la restauración de obras de arte.
- «Directiva 98/24/CE relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con agentes químicos en el trabajo»
Esta directiva establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con sustancias químicas en el trabajo.
- «Ley 14/2005, de 26 de diciembre, de Patrimonio Histórico de España»
Establece las medidas para la protección y conservación del patrimonio histórico español, incluyendo las pinturas y las esculturas.
- «Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, por el que se regula el régimen de autorización y registro de los bienes culturales de interés histórico español»
Establece el procedimiento para la autorización y registro de las pinturas y esculturas que sean consideradas bienes culturales de interés histórico español.
- «UNE-EN 15757:2010. Conservación del Patrimonio Cultural»
Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos. Sin embargo, estas normas son voluntarias y no están legalmente vinculantes, aunque pueden ser utilizadas como orientación para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que realizan actividades de restauración.
- «Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental»
Establece el marco legal para la prevención y reparación de daños medioambientales, incluyendo la obligación de adoptar medidas para prevenir y minimizar los riesgos de

daño al medio ambiente en el desarrollo de actividades que puedan causar impactos ambientales significativos.

- «Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados»
Regula la gestión de los residuos y los suelos contaminados, estableciendo las obligaciones de los productores y gestores de residuos, así como las medidas para prevenir la generación de residuos y promover su correcta gestión.
- «Real Decreto 180/2015, de 13 de marzo, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado»
Establece los requisitos y procedimientos para el traslado de residuos en el territorio nacional, incluyendo la obligación de llevar a cabo una correcta gestión de los residuos generados en el taller de restauración.
- «Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos»
Establece las normas para la gestión de los residuos tóxicos y peligrosos, incluyendo los requisitos específicos para su almacenamiento, transporte y eliminación.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

INTRODUCCIÓN

Este capítulo se centra en la evaluación de la exposición a contaminantes durante el proceso de limpieza que ocurre dentro de la restauración de dos casos concretos en el proceso de limpieza de: la restauración de una pintura mural y la restauración de una escultura de piedra.

Para lograr este objetivo, es necesario realizar una identificación exhaustiva de todos los productos químicos peligrosos presentes en el entorno laboral, así como comprender su toxicología y concentración.

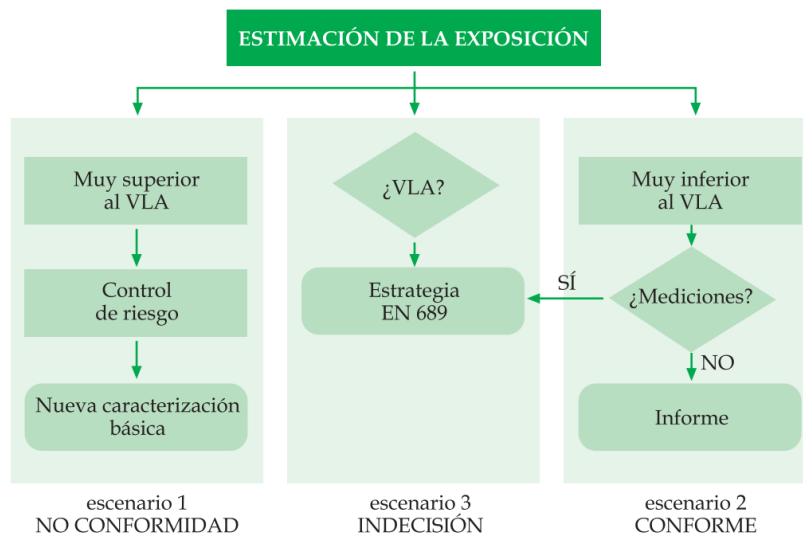


Figura 31. Guía gráfica para la evaluación de contaminantes en el lugar de trabajo

Estos datos se compararán con los valores límite establecidos para determinar si las concentraciones encontradas en los lugares de trabajo representan o no un riesgo para la salud de los trabajadores. En la Figura 31 se puede observar el modo de evaluar los contaminantes de manera gráfica.

Además, se considerará el tiempo de exposición de los empleados a dichos contaminantes químicos.³⁶

La evaluación de la exposición a sustancias químicas implica analizar y determinar el grado de riesgo y sus particularidades, con el propósito de obtener información precisa que sirva como base para tomar decisiones informadas respecto a las medidas preventivas necesarias. Es fundamental que esta evaluación proporcione datos no solo sobre la extensión del riesgo relacionado con la exposición, sino también sobre las causas que lo originan.³⁷

Se debe tener en cuenta la normativa aplicada explicada anteriormente y sobre todo el «Real Decreto 374/2001 de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante la jornada laboral».

Con esto, se deben definir ciertos conceptos con el objetivo de comprender mejor el siguiente apartado.²⁰

- Agente químico

Se refiere a cualquier sustancia o compuesto químico, tanto en su estado natural como en su forma producida, utilizada o vertida, incluyendo los residuos generados como resultado de una actividad laboral o profesional, ya sea que estos hayan sido fabricados intencionalmente, comercializados o no.

- Exposición a un agente químico

Se refiere a la presencia de dicho agente en el entorno laboral, lo que conlleva el contacto del trabajador con el mismo, generalmente a través de la inhalación o el contacto dérmico.

Dentro de la exposición a un agente químico, podemos observar dos casos teniendo en cuenta la duración de esta exposición:

- Exposición diaria (ED)

La concentración promedio del agente químico en la zona de respiración del trabajador se determina mediante un cálculo ponderado en relación al tiempo, teniendo en cuenta la duración real de la jornada laboral y haciendo referencia a una jornada estándar de 8 horas diarias.

Al relacionar la concentración promedio con esta jornada estándar, se considera la suma de las diferentes exposiciones del trabajador a lo largo de su jornada real de trabajo, cada una con su respectiva duración, como si fuera una única exposición uniforme de 8 horas.

Se puede calcular de manera matemática mediante la siguiente ecuación:

$$ED = \frac{\sum(c_i \cdot t_i)}{8}$$

Siendo:

- c_i la concentración i-ésima
- t_i el tiempo de exposición asociado a cada valor de concentración c_i , en horas

○ Exposición de corta duración (EC)

Se realizan medidas o cálculos teniendo en cuenta 15 minutos entre cada medición, realizándose esta actividad a lo largo de la jornada de 8 horas. En casos especiales, el intervalo entre cada medida deberá ser menor.

Por lo general, se toman muestras de concentración en los momentos de máxima exposición de interés, con una duración de 15 minutos en cada uno de ellos. De esta manera, las concentraciones obtenidas coincidirán con las concentraciones de interés.

Se calcula la exposición de corta duración mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\sum(c_i \cdot t_i)}{15}$$

Siendo:

- c_i la concentración i-ésima dentro de cada periodo de 15 minutos.
- t_i el tiempo de exposición asociado a cada valor de concentración c_i , en horas

● Peligro

Se refiere a la capacidad inherente de un agente químico para causar algún tipo de daño.

Los daños causados por agentes químicos en el ambiente de trabajo pueden ocurrir en tres ocasiones principalmente:

- Exposición al agente: cuando hay contacto con un agente químico peligroso presente de forma habitual en el entorno laboral, como inhalar vapores.
- Exposición accidental al agente: cuando ocurre una situación imprevista, como salpicaduras de productos corrosivos o escape de gases tóxicos al ambiente.
- Sin exposición al agente: cuando se producen daños debido a un incendio o explosión de productos inflamables o explosivos, incluso sin contacto directo con el agente químico.

- Riesgo

Se refiere a la probabilidad de que un trabajador sufra un daño particular debido a la exposición a agentes químicos.

Para evaluar la gravedad de un riesgo, se toma en cuenta tanto la probabilidad de que ocurra el daño como la gravedad del mismo. La evaluación del riesgo implica considerar tanto la probabilidad de exposición como los posibles efectos negativos para determinar la magnitud del riesgo involucrado.

- Agente químico peligroso

Se refiere a una sustancia química que tiene el potencial de representar riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades físicas, químicas o toxicológicas, así como a su presencia o uso en el entorno laboral.

Estos agentes químicos pueden causar efectos negativos en la salud humana, como toxicidad aguda o crónica, corrosión, inflamabilidad, explosividad u otras características perjudiciales. Es de vital importancia identificar y gestionar adecuadamente estos agentes para salvaguardar la seguridad y salud de los trabajadores.

- Indicador biológico (IB)

Se refiere a un parámetro adecuado que se encuentra presente en un medio biológico del trabajador y se toma la muestra en una situación concreta. Teniendo en cuenta todas las vías de entrada, este elemento tiene relación con los efectos globales que puede tener el empleado en presencia de un agente químico concreto.

Los medios biológicos utilizados para realizar estas mediciones incluyen el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Dependiendo del parámetro específico que se mide, el medio biológico utilizado y el momento en el que se toma la muestra, la medición puede indicar la intensidad de la exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total acumulada del agente químico en el organismo, es decir, la carga corporal total.

En términos generales, se consideran dos tipos de indicadores biológicos:

- Indicador biológico de dosis

Es un parámetro que mide la concentración del agente químico o alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.

- Indicador biológico de efecto

Es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, que son típicamente inducidas por el agente químico al que el trabajador está expuesto.

- Valores Límite Ambientales (VLA)

Los Valores Límite Ambientales (VLA) son: “referencias establecidas para las concentraciones de agentes químicos en el aire”. Estos valores representan las

condiciones en las cuales, basándose en el conocimiento actual, se considera que la mayor parte de los empleados pueden tener exposición continuada la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante toda su vida laboral sin sufrir efectos adversos para su salud.

Es importante destacar que se habla de la mayoría de los trabajadores y no de la totalidad, debido a las diferencias individuales en la respuesta a los agentes químicos, que pueden estar influenciadas por factores genéticos, fisiológicos y hábitos de vida.

Teniendo en cuenta las particularidades de cada una de las personas, es posible que los efectos de los agentes químicos que se encuentran en el lugar de trabajo, aunque presenten un VLA inferior, afecten a ciertos empleados.

Los VLA se establecen considerando diversas fuentes diferentes, como la analogía fisicoquímica de los agentes químicos, estudios in vitro, estudios en animales de experimentación, exposiciones controladas en personas de manera voluntaria, estudios epidemiológicos y experiencia industrial.

Los VLA se utilizan exclusivamente para evaluar y controlar los riesgos de inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Sin embargo, cuando un agente químico puede ser absorbido por vía cutánea, ya sea por manipulación directa o por contacto de gases, vapores o nieblas con la piel desprotegida, y esta absorción pueda contribuir de manera significativa a la carga corporal total del trabajador, la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global. En estos casos, es especialmente importante utilizar el control biológico.

- Unidades de los Valores Límite Ambientales

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m³ (ppm), que es una unidad independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica. Sin embargo, es posible expresar el valor límite en mg/m³ en unas condiciones de temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa, ya que se encuentra condicionada por dichas variables.

Para convertir ppm a mg/m³ se utiliza la siguiente fórmula:

$$VLA \left(\frac{mg}{m^3} \right) = \frac{VLA(ppm) \cdot \text{peso molecular o atómico (g)}}{24'04}$$

Siendo el valor del denominador el volumen molar en litros de las condiciones estándar mencionadas anteriormente.

El límite establecido para la materia particulada no fibrosa se expresa en mg/m³ o en submúltiplos de esta unidad. Por otro lado, el límite para las fibras se expresa en fibras/m³ o fibras/cm³. En ambos casos, estas unidades se aplican considerando las condiciones reales de temperatura y presión atmosférica en el lugar de trabajo. Esto significa que las concentraciones medidas en estas unidades no necesitan ser corregidas para poder compararlas con los límites establecidos.

En ausencia de cualquier otra indicación, los valores límite se refieren a la fracción inhalable, como se define en la norma UNE-EN 481 "Atmósferas en los

puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles".

- Tipos de Valores Límite Ambientales

Se reconocen las siguientes categorías de Valores Límite Ambientales (VLA):

- VLA-ED (Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria)

Es el valor de referencia para la exposición diaria (ED) según la definición previa en este documento. Los VLA-ED representan las condiciones en las que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos durante 8 horas al día o 40 horas a la semana, a lo largo de su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- VLA-EC (Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración)

Es el valor de referencia para la exposición de corta duración (EC), según se definió anteriormente. El VLA-EC no debe ser sobrepasado en ningún momento durante la jornada laboral.

Para aquellos agentes químicos que presentan efectos agudos reconocidos, pero cuyos efectos tóxicos principales son de naturaleza crónica, el VLA-EC complementa al VLA-ED. Por lo tanto, la exposición a estos agentes debe evaluarse en relación con ambos límites. Las exposiciones que estén por encima del VLA-ED pero dentro del rango del VLA-EC deben durar como máximo 15 minutos, no deben ocurrir más de cuatro veces durante una jornada laboral de 8 horas y debe haber al menos una hora de intervalo entre exposiciones sucesivas dentro de este rango.

A los agentes químicos con efectos principalmente agudos, como los gases irritantes, solo se les asigna un VLA-EC para su evaluación.

- Límites de Desviación (LD)

Hay muchas sustancias que tienen un VLA-ED pero no un VLA-EC. Sin embargo, dado que las concentraciones reales de agentes químicos en el ambiente de trabajo pueden fluctuar considerablemente a lo largo del día, se deben controlar las exposiciones de corta duración por encima del VLA-ED, incluso si el VLA-ED de 8 horas está dentro de los límites recomendados.

Limitar las exposiciones a concentraciones elevadas de corta duración tiene como objetivo prevenir posibles efectos adversos para la salud. Es prudente establecer límites para dichas exposiciones, ya que los efectos adversos, aunque aún no se hayan documentado, podrían ocurrir en múltiplos del VLA-ED®. Por lo tanto, para las sustancias con VLA-ED pero sin VLA-EC, se aplican los siguientes límites:

- ❖ Las exposiciones de corta duración pueden superar hasta 3 veces el valor del VLA-ED durante un máximo de 15 minutos en un máximo de 4

ocasiones durante una jornada laboral de 8 horas, con al menos una hora de intervalo entre dos exposiciones pico sucesivas. En ningún caso debe superarse 5 veces el valor del VLA-ED. Además, el VLA-ED de 8 horas no debe excederse durante la jornada laboral.

- Valores Límite Biológicos (VLB)

Se establecen Valores de Referencia para los Indicadores Biológicos asociados a la exposición general a agentes químicos. Estos valores son aplicables a exposiciones laborales de 8 horas diarias durante 5 días a la semana. Si se desea aplicar estos valores a períodos diferentes, se deben considerar los datos específicos de farmacocinética y farmacodinámica del agente en cuestión.

En general, los Valores de Referencia representan los niveles más probables de los Indicadores Biológicos en trabajadores sanos expuestos globalmente a agentes químicos, con una dosis absorbida equivalente a una exposición exclusiva por inhalación similar al Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED). Sin embargo, hay excepciones para algunos agentes, donde los VLA asignados protegen contra efectos no sistémicos. En estos casos, los Valores de Referencia pueden representar dosis absorbidas superiores a las derivadas de una exposición por inhalación al VLA.

Los Valores de Referencia se establecen en base a dos tipos de estudios: aquellos que relacionan la intensidad de la exposición con el nivel de un parámetro biológico, y aquellos que relacionan el nivel de un parámetro biológico con efectos en la salud.

Es importante tener en cuenta que los Valores de Referencia no deben utilizarse para medir efectos adversos ni para diagnosticar enfermedades profesionales.

El control biológico se considera complementario al control ambiental y se debe llevar a cabo cuando presenta ventajas sobre el control ambiental independiente.

El control biológico puede utilizarse para complementar la evaluación ambiental, verificar la eficacia del equipo de protección personal o detectar una posible absorción dérmica y/o gastrointestinal.

Cuando la absorción a través de la piel pueda ser significativa para la carga corporal total, se recomienda utilizar el control biológico para cuantificar la cantidad total absorbida de contaminante.

Una vez introducidos todos los términos anteriores, a continuación se presentarán los diferentes pasos para explicar de manera detallada el proceso de limpieza en la restauración, abordando dos casos distintos para brindar una comprensión completa de los riesgos en un taller.

CAPÍTULO 3.1. LIMPIEZA DURANTE LA RESTAURACIÓN DE UN LIENZO

IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

En el párrafo anterior, se ha destacado la utilización de una amplia variedad de agentes químicos en los diferentes procesos involucrados en la restauración de pinturas.

En el siguiente apartado, nos adentraremos en una explicación detallada y en la identificación de los contaminantes específicamente empleados en el proceso de limpieza durante la restauración. Dado el considerable número de productos químicos utilizados en esta etapa, resulta fundamental analizar y comprender a fondo dichos compuestos.

Cabe mencionar explícitamente, que todos los casos explicados a continuación dependerán de la obra de arte en concreto.

ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y POLVO SUPERFICIAL

Tras un análisis visual previo, se debe eliminar primeramente la suciedad y polvo superficial. Se lleva a cabo una limpieza mediante aspiración para eliminar la suciedad acumulada en la parte posterior del lienzo y en los bordes, así como la eliminación del polvo y las partículas que se habían depositado entre la tela y el bastidor.



Figura 32. Restaurador realizando limpieza en seco y utilizando EPI

Generalmente, se utilizan brochas suaves y algún tipo de instrumento de aspiración para eliminar el polvo superficial, siendo el polvo inerte o molesto el primer contaminante que se contempla.³⁸

Durante esta etapa se realiza una eliminación de la suciedad superficial también mediante métodos acuosos, sin llegar a afectar al barniz.

En esta etapa se pueden llegar a utilizar, dependiendo del pH adecuado para el cuadro, diferentes soluciones tampón. En esta fase es común utilizar agentes quelantes, citrato de triamonio, utilizados para limpiar superficies policromas se diluye en agua desmineralizada, en una proporción que no excede el 1%. Otro componente común en esta etapa es la hidroxipropilcelulosa, proveniente de la madera o del algodón, derivado de la celulosa. Finalmente, cabe mencionar el polisorbato 20 o monolaurato de polioxietilensorbitano, conocido comercialmente como Tween 20.³⁹

ELIMINACIÓN DEL ANTIGUO BARNIZ

Eliminar el barniz de una pintura es una operación muy delicada. Antes de que los conservadores decidan quitar el barniz de una pintura, se debe estudiar el barniz.

Esta primera inspección se realiza de manera visual por el experto y posteriormente bajo fluorescencia UV, ya que el color de la fluorescencia del barniz proporciona información sobre

el tipo que se ha utilizado. Tras este primer análisis, se realiza una prueba de solubilidad del barniz.

Estas pruebas iniciales se suelen realizar en la periferia de la pintura, probando con diferentes disolventes con el objetivo de encontrar el más adecuado para la obra de arte en concreto. Se realizan pequeñas pruebas de disolución y se estudian los resultados entre sí.

Medir la acidez del barniz también ayuda en la investigación de un agente de limpieza adecuado. Por supuesto, la elección de una técnica adecuada también es importante.

Con el paso del tiempo, los barnices elaborados con resinas naturales experimentan un fenómeno de amarilleo debido a la oxidación. Sin embargo, el barniz no solo puede haber llegado a adquirir un tono marrón, sino que también puede presentar un efecto de craquelado, similar a la apariencia de la piel de una serpiente.



Figura 34. Detalle de un barniz orgánico



Figura 33. Detalle de la limpieza de un barniz sintético

Los barnices sintéticos demandan un enfoque distinto, que puede implicar su disolución y junto con este proceso se crean una especie de hilos pegajosos. Por otro lado, ciertos barnices presentan una débil adherencia a la superficie de la pintura y pueden ser eliminados mediante métodos mecánicos. Ambos casos se pueden observar en las Figuras 33 y 34.⁴⁰

Existen disolventes concretos dependiendo del caso y del tipo de barniz utilizado en el lienzo, pero generalmente, durante esta etapa se utilizan alcoholes, en concreto el alcohol etílico

(etanol) y el alcohol isopropílico, debido a que pueden remover tanto barnices naturales como sintéticos.

El xileno se utiliza como disolvente en pinturas y barnices debido a su capacidad para disolver resinas alquídicas, poliésteres, epoxis y otras resinas utilizadas en la industria. Además de ser un disolvente eficaz, el xileno también actúa como diluyente, ayudando a ajustar la viscosidad y la consistencia de las pinturas, lo que facilita su aplicación y mejora su rendimiento.

Por otra parte, también se utilizan en otros casos genéricos, disolventes de hidrocarburos como por ejemplo la nafta o la esencia de trementina. Estos disolventes tienen propiedades solventes que los hacen efectivos en la remoción de diferentes tipos de barnices.

ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y MANCHAS

Posteriormente a la retirada del antiguo barniz, se realiza una limpieza que implica: ⁴¹

- Retirar gotas y salpicaduras que se encuentren en la superficie.
- Eliminar la suciedad que se ha depositado en la superficie y que con el tiempo se ha incrustado parcialmente.
- Eliminar capas de pintura superiores que estén alteradas o que causen perturbaciones en la obra.
- Reducir el espesor de las capas protectoras alteradas, como los barnices superpuestos que pueden afectar negativamente la correcta apreciación de la obra original.

Con el objetivo de eliminar manchas de adhesivos o de tintas resistentes al agua comunmente se utilizan tolueno y acetonas. En algunos casos, los lienzos pueden estar afectados por manchas de moho y hongos, en cuya situación habría que utilizar enzimas para poder eliminarlas.

TOXICOLOGÍA DE LOS CONTAMINANTES

Por consiguiente, llevaremos a cabo una evaluación exhaustiva de los compuestos de mayor relevancia mencionados en esta sección, con el propósito de analizar la exposición de los trabajadores involucrados en la restauración de pinturas en lienzo y determinar el nivel de riesgo al que se enfrentan durante su jornada laboral. Esta evaluación higiénica nos permitirá obtener un conocimiento detallado de los posibles peligros presentes y adoptar las medidas necesarias para salvaguardar la salud y seguridad de los trabajadores en este contexto laboral específico.

CITRATO DE TRIAMONIO

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

A pesar de que el citrato de triamonio es generalmente considerado como una sustancia de baja toxicidad, la exposición a corto plazo puede causar irritación en los ojos y en las vías respiratorias superiores. Se ha observado que el citrato de triamonio puede tener efectos irritantes en la piel, así como causar malestar estomacal y náuseas en casos de ingestión accidental.

En algunas personas sensibles en particular, reacciones alérgicas pueden ocurrir cuando haya contacto con la dermis. Se recomienda evitar el contacto directo con el citrato de triamonio y utilizar medidas de protección personal adecuadas durante su manipulación.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

No se han identificado efectos adversos significativos asociados con la exposición prolongada o repetida al citrato de triamonio. Sin embargo, se recomienda seguir buenas prácticas de higiene y seguridad laboral para minimizar cualquier posible riesgo durante su uso continuo.

Se debe evitar la inhalación de polvo o vapores, así como el contacto prolongado con la piel o los ojos. En caso de exposición, se deben seguir los procedimientos de lavado y limpieza adecuados.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

El citrato de triamonio puede entrar en el organismo a través de la inhalación, el contacto dérmico y la ingestión. Se recomienda utilizar equipos de protección personal, como gafas de seguridad, guantes y mascarillas, para prevenir la exposición directa.

- Inhalación

En caso de inhalación de polvo o vapores, se debe trasladar a la persona afectada a un área con aire fresco y proporcionarle reposo. Algunos de los efectos del citrato de triamonio son la irritación de garganta y nariz.

- Sistema dérmico

En caso de contacto con la piel, se debe lavar abundantemente con agua y jabón. Si se produce irritación persistente o cualquier otro síntoma adverso, se debe buscar atención médica de inmediato.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, se debe enjuagar la boca con agua y buscar atención médica de inmediato, sin inducir el vómito a menos que así lo indique un profesional de la salud.⁴³

HIDROXIPROPILCELULOSA

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

Aunque la hidroxipropilcelulosa generalmente se considera poco tóxica, su exposición a corto plazo puede causar irritación en los ojos y en las vías respiratorias superiores. En algunos casos, también puede provocar irritación cutánea. Se recomienda evitar el contacto directo con este compuesto y tomar las precauciones necesarias para protegerse durante su manipulación.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

No se han identificado efectos adversos significativos relacionados con la exposición prolongada o repetida a la hidroxipropilcelulosa. Tampoco se considera una sustancia cancerígena, sin embargo, es importante seguir buenas prácticas de higiene y seguridad laboral para reducir cualquier posible riesgo durante su uso continuo.

Se recomienda evitar la inhalación de polvo o vapores, así como el contacto prolongado con la piel o los ojos. En caso de exposición, se deben seguir los procedimientos adecuados de lavado y limpieza.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

La hidroxipropilcelulosa puede ingresar al organismo a través de la inhalación, el contacto dérmico y la ingestión. Para prevenir la exposición directa, es importante utilizar equipos de protección personal como gafas de seguridad y guantes.

- Inhalación

Si se inhala polvo o vapores, se debe trasladar a la persona afectada a un área con aire fresco y permitirle descansar.

- Sistema dérmico

En caso de contacto con la piel, se debe enjuagar abundantemente con agua y jabón. Si se produce irritación persistente o cualquier otro síntoma adverso, se debe buscar atención médica de inmediato.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, se debe enjuagar la boca con agua y buscar atención médica de inmediato.⁴⁴

XILENO

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

La exposición breve al xileno puede causar irritación en los ojos, nariz, garganta y piel. Puede resultar en dificultades respiratorias, problemas pulmonares y alteraciones de la memoria. El sistema nervioso central también puede ser afectado, manifestándose en dolores de cabeza, mareos y pérdida de equilibrio, entre otros síntomas.

En casos de exposición a concentraciones muy altas durante un corto período de tiempo, algunas personas han fallecido. La ingestión de xileno en forma líquida puede provocar una condición llamada neumonitis química, que es una irritación de los pulmones debido a la inhalación de sustancias tóxicas. Es importante tomar precauciones para evitar la exposición y manejar adecuadamente el xileno para prevenir posibles riesgos para la salud.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición prolongada a concentraciones elevadas de xileno produce efectos similares a los mencionados anteriormente, como alteraciones en el sistema nervioso central, dolores de cabeza, mareos y pérdida del equilibrio.

Estudios realizados en animales expuestos a altas concentraciones de xileno han demostrado que puede provocar alteraciones en órganos como el hígado, los riñones, los pulmones, el corazón y el sistema nervioso.

Según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la Encuesta de Población Activa (EPA), el xileno no se clasifica como cancerígeno en humanos debido a la falta de información suficiente para respaldar esta afirmación.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

Es la forma principal en la que el xileno puede ingresar al organismo. Cuando se respira aire que contiene xileno, este se introduce en los pulmones. Se retiene entre un 50% y un 75% de xileno de la cantidad total de aire inhalado.

- Sistema dérmico

Se trata de la vía menos común, pero cabe mencionar que el xileno puede penetrar en el cuerpo cuando entra en contacto directo con la piel.

- Ingestión

El xileno puede ingresar al organismo cuando se ingieren alimentos o agua contaminados con esta sustancia. Después de la ingestión, los intestinos lo absorben rápidamente.

ALCOHOL ISOPROPÍLICO

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

El alcohol isopropílico es un líquido inflamable que puede causar irritación en los ojos y las vías respiratorias superiores en caso de exposición breve. Además, la inhalación de vapores de alcohol isopropílico en altas concentraciones puede provocar mareos, somnolencia y dolor de cabeza. Es importante evitar el contacto directo con los ojos y manipular el alcohol isopropílico en un área bien ventilada para minimizar el riesgo de exposición.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición continua al alcohol isopropílico puede tener efectos negativos en la salud. El contacto prolongado con la piel puede causar sequedad, enrojecimiento y descamación. Además, la inhalación crónica de vapores de alcohol isopropílico puede afectar el sistema respiratorio.

La exposición a altas concentraciones puede llegar a provocar una depresión del sistema nervioso central ocasionando dolor de cabeza, mareos, vértigos, náuseas, vómitos, confusión y en caso de afección grave, pérdida de conciencia.

Se recomienda utilizar equipos de protección personal, como guantes y gafas de seguridad, durante el manejo y la manipulación del alcohol isopropílico para reducir el riesgo de exposición.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

Es necesario trasladar a la persona afectada fuera del área de exposición y proporcionarle aire fresco. Se debe mantener en reposo. En situaciones graves, como paro cardiorrespiratorio, se deben aplicar técnicas de respiración artificial, como la respiración boca a boca, el masaje cardíaco y la administración de oxígeno. Se debe buscar asistencia médica de inmediato.

- Sistema dérmico

Este producto no contiene sustancias peligrosas en términos de contacto con la piel. No obstante, si hay contacto, se sugiere limpiar el área afectada con agua y jabón neutro para removerlo.

- Sistema ocular

Se recomienda enjuagar los ojos con una cantidad abundante de agua a temperatura ambiente durante al menos 15 minutos. Es importante evitar que la persona afectada se frote o cierre los ojos.

Si el accidentado usa lentes de contacto, se deben retirar siempre y cuando no estén adheridas a los ojos para evitar posibles daños adicionales. En todos los casos, después de realizar el lavado, se debe buscar atención médica lo más pronto posible.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, se deberá asistir inmediatamente para una consulta médica, mostrando la ficha de seguridad del químico en cuestión.⁴⁷

NAFTA

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

Aunque no se considera una sustancia altamente tóxica en contacto con la piel, la exposición a corto plazo puede causar irritación moderada en la piel, ojos y tracto respiratorio. En caso de contacto con los ojos, puede haber enrojecimiento, dolor y visión borrosa.

La exposición a altas concentraciones puede provocar mareos, somnolencia y dolor de cabeza. Es importante evitar la inhalación de vapores y asegurar una buena ventilación durante su uso. En caso de exposición, se recomienda lavar la zona afectada con agua y jabón.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición prolongada o repetida al naphtha puede causar sequedad, enrojecimiento e irritación de la piel. También puede provocar irritación y daño ocular.

Se desconoce si tiene efectos carcinogénicos en humanos, pero se ha observado que en estudios con animales puede causar tumores en órganos específicos. Se recomienda minimizar la exposición continua a este producto y seguir buenas prácticas de higiene personal.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

Es necesario trasladar a la persona afectada fuera del área de exposición y proporcionarle aire libre. Se debe mantener en una posición que le facilite la respiración.

En situaciones graves, como dificultades respiratorias severas o paro de respiración, se deben aplicar técnicas de respiración artificial. Se debe buscar asistencia médica de inmediato.

- Sistema dérmico

Tras el contacto con la piel se deberá lavar la zona con agua y jabón abundantes. En caso de que exista alguna molestia, anomalía o síntoma se deberá solicitar asistencia médica inmediata.

- Sistema ocular

Se recomienda enjuagar los ojos con cuidado de manera inmediata, ya sea mediante el uso de la ducha para los ojos o con agua corriente. En todos los casos de duda o si existen síntomas, solicitar asistencia médica.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, se deberá asistir inmediatamente para una consulta médica, mostrando la ficha de seguridad del químico en cuestión. Evitar provocar el vómito de la persona afectada.⁴⁸

TOLUENO

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

El principal efecto de la exposición al tolueno a corto plazo es el daño que causa al Sistema Nervioso Central (SNC) debido a la inhalación de sus vapores. Los síntomas varían según la concentración inhalada: exposiciones de 50 ppm pueden provocar somnolencia leve y dolores de cabeza, mientras que concentraciones entre 50 y 100 ppm pueden causar irritación de la nariz, la garganta y las vías respiratorias. Concentraciones superiores a 100 ppm pueden resultar en fatiga y mareos, y por encima de 200 ppm pueden causar vértigo, entumecimiento y náuseas leves.

Exposiciones de más de 500 ppm pueden llevar a confusión mental y falta de coordinación, y concentraciones superiores a 10,000 ppm pueden provocar depresión del SNC, pérdida de conciencia e incluso la muerte. Sin embargo, en general no se han reportado incidentes graves de exposición, aunque en casos remotos se han registrado situaciones de acumulación de vapores en espacios confinados.

El contacto breve de la piel con el tolueno puede ocasionar irritación temporal. Por otro lado, la exposición ocular al vapor de tolueno en concentraciones de 300 ppm durante 3 a 5 minutos puede provocar irritación ocular, mientras que exposiciones de más de 100 ppm durante 6 a 7 horas también pueden causar una irritación leve. Estudios en animales indican que las salpicaduras de tolueno en los ojos pueden ser irritantes, pero no causarían lesiones permanentes.

En cuanto a la ingestión de cantidades significativas de tolueno durante una exposición a corto plazo, puede causar depresión del SNC y producir síntomas similares a los de la inhalación.

La aspiración de tolueno, que ocurre al inhalar la sustancia durante la ingestión o el vómito, puede ocasionar una irritación pulmonar severa, daño en el tejido pulmonar e incluso la muerte. Se ha reportado un caso en el que un adulto ingirió 60 ml de tolueno y falleció aproximadamente 30 minutos después, aunque la causa exacta no se conoce con certeza, podría haber sido debido a la depresión del SNC o a la aspiración de los vapores del tolueno.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición prolongada o repetida al tolueno puede provocar dermatitis, sequedad, enrojecimiento e picazón en la piel.

Se realizaron estudios en trabajadores expuestos crónicamente al tolueno para determinar el posible daño crónico en el Sistema Nervioso Central (SNC). Aunque los resultados no fueron concluyentes, otros análisis indicaron cambios como pérdida de memoria, alteraciones del sueño, dificultad para concentrarse y falta de coordinación. Sin embargo, las pruebas de sensibilidad neuro-comportamental mostraron puntajes, pero no se pudo afirmar que el tolueno cause daño en el SNC.

La información sobre los efectos del tolueno en la visión y la audición debido a exposiciones prolongadas es limitada. Algunos estudios sugieren que puede afectar la audición, pero no se ha llegado a una conclusión definitiva. Además, la exposición al tolueno mezclado con otros disolventes puede provocar alteraciones visuales, como reducción de la agudeza visual y supresión del color.

En cuanto a los efectos a largo plazo de la exposición al tolueno en concentraciones de hasta 200 ppm, no hay evidencia clara de que cause daño renal. Sin embargo, se han realizado estudios sobre el abuso de solventes, como la inhalación de pegamento, que sí han reportado daño renal.

Aunque se han observado cambios menores en los parámetros sanguíneos debido a la exposición prolongada al tolueno, no se han registrado trastornos sanguíneos significativos.

En relación al hígado, se puede afirmar que la exposición al tolueno no se ha asociado con efectos hepáticos, incluso en exposiciones ocupacionales de hasta 500 ppm.

Finalmente, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), la Conferencia Americana de Sanitarios Industriales de Gobierno (ACGIH) y el Programa Nacional de Toxicología (NTP) han determinado que el tolueno no se clasifica como cancerígeno en seres humanos.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

El tolueno puede ingresar al organismo cuando se respira aire que contiene esta sustancia o al utilizar productos como gasolina, solventes o diluyentes de pintura que lo contienen. Una vez inhalado, el tolueno pasa directamente de los pulmones a la sangre.

- Sistema dérmico

El tolueno puede ingresar al organismo cuando hay contacto directo entre este compuesto y la piel, por ejemplo, al tocar líquidos utilizados para remover barnices de

uñas o al entrar en contacto con agua que contiene tolueno. Una vez en contacto con la piel, el tolueno pasa directamente a la sangre.

- Ingestión

Esta vía de exposición es la menos común. Puede ocurrir cuando se ingieren alimentos o se bebe agua que contiene tolueno. En ese caso, el contaminante se absorbe directamente desde el tracto digestivo a la sangre.

ACETONA

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

La exposición breve a la acetona puede ocasionar irritaciones en la piel y los ojos. En caso de contacto con la piel, puede provocar enrojecimiento y sensación de ardor. Si entra en contacto con los ojos, puede causar enrojecimiento, dolor y visión borrosa. Si se inhala, pueden presentarse irritaciones en las vías respiratorias, tos y dificultad para respirar.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición prolongada o repetida a la acetona puede tener efectos perjudiciales para la salud. Puede causar sequedad, enrojecimiento e irritación de la piel. Asimismo, puede provocar irritación crónica en los ojos.

Es importante tomar precauciones adicionales para minimizar la exposición continua o repetida, ya que puede provocar daños graves en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

En caso de inhalación, es fundamental trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada y proporcionarle aire fresco. Si se presentan dificultades respiratorias graves o falta de respiración, se deben administrar técnicas de respiración artificial y buscar asistencia médica de inmediato.

- Sistema dérmico

En caso de contacto con la piel, se debe lavar la zona afectada con agua y jabón en abundancia. Si se experimentan molestias, anomalías o síntomas, se debe buscar asistencia médica inmediata.

- Sistema ocular

En caso de contacto con los ojos, se recomienda enjuagarlos suavemente con agua durante varios minutos. Si se usan lentes de contacto y es seguro hacerlo, se deben retirar antes del enjuague. En caso de duda o persistencia de síntomas, se debe buscar asistencia médica.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, es crucial buscar asistencia médica de inmediato y mostrar la ficha de seguridad del producto. No se debe inducir el vómito a menos que así lo indique el personal médico.⁵⁰

CAPÍTULO 3.2. RESTAURACIÓN DE UNA ESCULTURA EN PIEDRA IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Después de identificar los diferentes factores que están afectando a la obra, se planifican una serie de intervenciones de limpieza con el propósito de eliminar cualquier agente perjudicial presente o potencialmente peligroso para la integridad de la figura. El enfoque utilizado para la aplicación de estos métodos no es aleatorio, sino que se priorizan inicialmente las técnicas que abordarán de manera efectiva algunos de los principales factores de degradación. En caso de que estas técnicas no fueran suficientes, se procedería con métodos complementarios para completar el proceso de limpieza.

LIMPIEZA LÁSER

Esta técnica en el ámbito de la conservación y restauración, se introdujo en 1965 por Arthur Schawlow, reconocido como uno de los pioneros y creadores del láser. Sin embargo, fue en la década de los setenta cuando se demostró su verdadera efectividad mediante la limpieza de un león ubicado en el Palazzo Ducale de Venecia, llevada a cabo por John Asmus.

Desde entonces hasta la actualidad, ha habido avances significativos en esta técnica y su implementación progresiva en el campo de la conservación es una realidad, gracias en parte al apoyo financiero proporcionado por la Comisión Europea.

Debido a las propiedades específicas del láser, que permite la eliminación selectiva de suciedad sin dañar la superficie circundante, y las características de la máquina en sí, que cuenta con una empuñadura en forma de pistola que facilita la dirección y el control, es posible llevar a cabo un trabajo preciso en la figura.

LIMPIEZA MECÁNICA

Una de las limpiezas mecánicas más utilizadas es la limpieza con agua a presión. Mediante esta etapa se busca eliminar incrustaciones en la escultura junto con el moho que puede presentar, dependiendo del material del cual está compuesta la pieza.

Según la presión seleccionada, el procedimiento podría consistir en rociar agua sobre la superficie de la obra para humedecerla y ablandar el moho, aplicar un chorro de baja presión durante un período prolongado para erosionar la capa superficial de incrustaciones no relacionadas con la obra, o utilizar la fuerza del agua a una presión moderadamente alta directamente.

LIMPIEZA QUÍMICA

Con el objetivo de eliminar definitivamente las manchas residuales de moho, costras negras y otras marcas de origen desconocido, se llevó a cabo un proceso químico en la obra. A diferencia de los métodos mencionados anteriormente, este procedimiento funciona mediante la disociación, quelación y disolución de la suciedad presente en la estatua.

Una manera en la que tiene lugar esta etapa es mediante el uso de bicarbonato de amonio. Se reduce el químico en agua con el objetivo de, mediante el uso de papel de pH neutro, a modo de compresa se coloca encima de la pieza. Mediante la superposición de papeles empapados se busca la limpieza profunda de la obra.

Es común utilizar biocidas para la eliminación de vegetaciones y agentes similares que atacan la obra de arte, utilizando biocidas en base de cobre. En primer lugar, el cobre posee propiedades antimicrobianas y fungicidas, lo que ayuda a eliminar y prevenir el crecimiento de microorganismos y hongos en las superficies de piedra.

Esto es especialmente importante en entornos húmedos o expuestos a condiciones ambientales favorables para el desarrollo de estos organismos. Además, el cobre es un metal que presenta una baja toxicidad para los seres humanos y el medio ambiente en comparación con otros biocidas, lo que lo convierte en una opción segura y eficaz para la protección y conservación de las esculturas de piedra.

Su aplicación adecuada y controlada permite controlar los procesos biológicos que pueden dañar la integridad y la estética de las esculturas, prolongando así su vida útil y preservando su valor histórico y artístico.

Otra manera de limpiar estas piezas es mediante la utilización de pasta limpiadora de fachadas, que generalmente contiene hidróxido de sodio. La aplicación se realiza una única vez, llevando especial cuidado en alcanzar todos los huecos y zonas más recónditas de la escultura. Tras el tiempo de actuación adecuado, se retira el producto mediante el uso de agua a presión.

TOXICOLOGÍA DE LOS CONTAMINANTES

BICARBONATO DE AMONIO

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

En caso de una exposición breve al bicarbonato de amonio, pueden ocurrir irritaciones en la piel, los ojos y las vías respiratorias. Si la sustancia entra en contacto con la piel, es posible experimentar enrojecimiento y sensación de ardor.

Si entra en contacto con los ojos, puede provocar enrojecimiento, dolor e irritación. En el caso de inhalación, pueden presentarse irritaciones en las vías respiratorias, tos y dificultad para respirar.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición prolongada o repetida al bicarbonato de amonio puede tener efectos perjudiciales para la salud. Puede causar sequedad, enrojecimiento e irritación de la piel. Además, puede provocar irritación crónica en los ojos y las vías respiratorias.

Para minimizar la exposición continua o repetida, se recomienda tomar precauciones adicionales y seguir las medidas de protección personal adecuadas para evitar riesgos para la salud.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

Si se inhala el bicarbonato de amonio, es importante trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada con aire fresco. En casos de dificultades respiratorias graves o falta de respiración, se debe buscar atención médica de inmediato.

- Sistema dérmico

En caso de contacto con la piel, se debe lavar la zona afectada con agua y jabón en abundancia, al menos durante 15 minutos. No se debe intentar eliminar los efectos de la sustancia agregando sustancias diferentes al agua. Las prendas de ropa que se han podido ver afectadas por el vertido deben ser lavadas antes de reusarlas.

- Sistema ocular

Se debe lavar de manera inmediata los ojos con agua en abundancia durante un período mínimo de 15 minutos, asegurándose de mantener los párpados abiertos para garantizar un enjuague completo tanto del ojo como de los tejidos de los párpados. Es crucial realizar el enjuague ocular dentro de los primeros segundos para lograr una eficacia óptima.

En caso de utilizar lentes de contacto, retírelos después de los primeros 5 minutos y continúe enjuagando los ojos. Se recomienda buscar atención médica para una evaluación adicional.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, es crucial una respuesta rápida. Se debe enjuagar la boca con agua e intentar dar a beber agua abundante a la persona afectada, si esta está consciente. En el caso contrario, nunca se debe suministrar de manera oral nada a una persona que esté inconsciente.

En el caso en el que el trabajador afectado comience a vomitar de manera espontánea, se deberá colocar a la víctima de costado con el objetivo de reducir el riesgo de aspiración.⁵¹

COBRE

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

La exposición a corta duración al sulfato de cobre puede tener varios efectos en la salud, dependiendo de la vía de exposición. Algunos de los posibles efectos incluyen irritación de la piel y los ojos, problemas respiratorios como tos y dificultad para respirar, malestar gastrointestinal como náuseas y diarrea, y posibles efectos sistémicos como dolores de cabeza y alteraciones en la función hepática. La magnitud de los efectos puede depender de la concentración y duración de la exposición, así como de la sensibilidad individual. Ante cualquier síntoma o preocupación, se recomienda buscar atención médica adecuada.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición prolongada al sulfato de cobre puede tener efectos más significativos en la salud. Algunos de los posibles efectos incluyen irritación crónica de la piel y los ojos, daño pulmonar con síntomas como tos persistente y dificultad para respirar, alteraciones en la función hepática,

como hepatitis tóxica, y posibles efectos en el sistema nervioso central, como dolores de cabeza recurrentes, irritabilidad y alteraciones cognitivas.

Además, la exposición prolongada al sulfato de cobre se ha asociado con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias crónicas, problemas renales y trastornos del sistema reproductivo.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

El sulfato de cobre puede ser inhalado en forma de polvo, aerosol o vapores. Esto puede ocurrir al manipular productos que contienen sulfato de cobre, como fungicidas o pesticidas.

Para prevenir la exposición por inhalación, se deben utilizar medidas de protección adecuadas, como mascarillas respiratorias o sistemas de ventilación adecuados en áreas de trabajo donde se manipula esta sustancia.

En el caso de haber inhalado este contaminante se recomienda llevar a la persona a un área bien ventilada y proporcionarle aire fresco. Si los síntomas persisten, buscar atención médica.

- Sistema dérmico

El contacto directo con la piel puede ocurrir al manipular soluciones o productos que contienen sulfato de cobre. Para prevenir la exposición dérmica, se deben utilizar guantes y ropa de protección adecuada al manipular esta sustancia. En caso de contacto con la piel, se deben lavar inmediatamente con agua y jabón.

En caso de contacto accidental, lavar la zona afectada con agua y jabón suave durante al menos 15 minutos. Si la irritación persiste, buscar atención médica.

- Ingestión

La ingestión accidental de productos que contienen sulfato de cobre, como productos químicos o alimentos contaminados, es otra vía de exposición. Es importante evitar comer, beber o fumar en áreas donde se manipula esta sustancia. En caso de ingestión, se debe buscar atención médica de inmediato y no provocar el vómito a menos que así lo indique un profesional de la salud.

AMONIO HIDRÓGENODIFLUORURO

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

En caso de una exposición breve al amonio hidrógenodifluoruro, pueden ocurrir irritaciones en la piel, los ojos y las vías respiratorias. Si la sustancia entra en contacto con la piel, es posible experimentar irritaciones cutáneas debido a la corrosión, hasta pueden llegar a ocurrir quemaduras graves.

Si entra en contacto con los ojos, puede provocar lesiones oculares severas. En el caso de inhalación, pueden presentarse irritaciones en las vías respiratorias, tos y dificultad para respirar.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La exposición durante periodos largos de tiempo no tiene efectos relacionados con la presencia de este compuesto. No se considera que sea una sustancia bioacumulativa, es decir, no se queda en el ambiente de trabajo.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

Si una persona inhala la sustancia, se deben tomar medidas inmediatas para garantizar su seguridad y bienestar. Lo primero es trasladar a la persona afectada a un área bien ventilada con una adecuada circulación de aire fresco. Esto ayudará a reducir la concentración del producto químico en el ambiente y permitirá que la persona respire aire limpio.

Es fundamental recordar que cada situación puede ser única y que los síntomas o efectos de la inhalación pueden variar de una persona a otra. Por lo tanto, es crucial buscar atención médica para recibir una evaluación individualizada y un manejo adecuado de la situación.

- Sistema dérmico

Si se produce contacto con la piel, es de vital importancia tomar medidas rápidas y efectivas para minimizar los posibles riesgos y garantizar la seguridad y el bienestar de la persona afectada. La primera acción a llevar a cabo es la eliminación inmediata de todas las prendas contaminadas que puedan estar en contacto con la piel. Esto ayudará a prevenir una mayor absorción del producto químico y reducirá la exposición a sustancias potencialmente dañinas.

Una vez que las prendas contaminadas hayan sido retiradas, es esencial proceder a aclarar abundantemente la piel afectada con agua. Se recomienda usar una ducha para asegurar una cobertura completa de la zona expuesta. El agua ayudará a eliminar cualquier residuo químico presente en la piel y a diluir su concentración, contribuyendo así a reducir el riesgo de efectos adversos.

- Sistema ocular

Se debe lavar de manera inmediata los ojos con agua en abundancia, asegurándose de mantener los párpados abiertos para garantizar un enjuague completo tanto del ojo como de los tejidos de los párpados.

En caso de utilizar lentes de contacto, retírelos después de los primeros 5 minutos y continúe enjuagando los ojos. Se recomienda buscar atención médica para una evaluación adicional.

- Ingestión

En caso de que se produzca la ingestión del producto, es fundamental tomar medidas inmediatas y adecuadas para salvaguardar la salud y el bienestar de la persona afectada. La primera acción a llevar a cabo es proporcionarle agua para beber, asegurándose de que no se exceda el límite de dos vasos. Esta medida tiene como objetivo diluir el producto químico y facilitar su tránsito a través del sistema digestivo.

Es de vital importancia buscar asistencia médica de forma inmediata. El médico posee los conocimientos y la experiencia necesarios para evaluar la situación, determinar la gravedad del caso y brindar el tratamiento adecuado. La consulta médica permitirá una evaluación exhaustiva de la situación y la adopción de las medidas necesarias para garantizar una atención adecuada y personalizada.

En circunstancias excepcionales donde la asistencia médica no pueda ser proporcionada en el plazo de una hora, se pueden considerar algunas acciones adicionales. Sin embargo, es importante destacar que estas medidas deben llevarse a cabo solamente en personas que se encuentren plenamente despiertas y conscientes. En tales casos, se puede considerar la inducción del vómito como una medida de emergencia para eliminar el producto químico del sistema digestivo. Además, se puede administrar carbón activo en suspensión al 10% en una dosis de 20 a 40 gramos. Estas acciones deben ser seguidas inmediatamente por la búsqueda de asistencia médica lo más pronto posible.

Es fundamental tener en cuenta que no se deben realizar pruebas de neutralización en ningún caso. La neutralización de sustancias químicas requiere conocimientos especializados y equipamiento adecuado, por lo tanto, debe ser llevada a cabo exclusivamente por personal calificado en un entorno controlado.⁵²

GOMA XANTANA

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN BREVE O TEMPORAL

En algunos casos, la goma xantana puede provocar irritación en la piel, manifestándose como enrojecimiento, picazón o sensación de ardor en la zona expuesta.

Por otra parte, el contacto con la goma xantana puede llegar a causar irritación en los ojos, junto con enrojecimiento, lagrimeo, ardor o malestar en los ojos.

IMPACTOS POR LA INTERACCIÓN CONTINUA Y PROLONGADA

La goma xantana, al tratarse de un polvo, puede llegar a causar problemas respiratorios. Si se inhala de manera repetida o prolongada, puede llegar a irritarse las vías respiratorias. Esto puede dar lugar a síntomas como tos, dificultad para respirar, congestión nasal o irritación en la garganta.

Cabe mencionar, que también podría llegar a ocurrir una irritación dérmica, especialmente en áreas de contacto frecuente, y por otra parte, irritación ocular, manifestándose como enrojecimiento, picazón, sensación de ardor o malestar ocular persistente.

MEDIO O FORMA DE CONTACTO

- Inhalación

En el caso de que grandes cantidades de goma xantana sean inhaladas, el paso más importante es mantener las vías respiratorias de las personas accidentadas abiertas como sea necesario.

- Sistema ocular

Inmediatamente tras la introducción de la goma xantana en los ojos del trabajador, se debe lavar los ojos con agua abundante en caso de irritación. Tras este inicial paso, se debe asistir a una visita médica, para asegurar la salud del accidentado.

- Ingestión

En caso de ingestión accidental, se recomienda ingerir abundantes cantidades de agua, de manera en la que se diluya el polvo y pueda ser procesado por el accidentado de manera más sencilla, ya que la garganta puede llegar a inflamarse.

Cabe mencionar que si la persona, por la razón que sea, no se encuentra consciente, en ningún caso se debería proporcionar a la víctima nada por la boca, ya que esto podría empeorar considerablemente la situación.⁵¹

IDENTIFICACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

Explicados ahora dos casos diferentes que se podrían dar en un taller de restauración de bienes culturales, se observan diferentes etapas en ambos procesos. Cada una de estas etapas tienen contacto con diferentes contaminantes químicos.

En un taller de restauración de obras de arte, se trabaja de manera regular durante cinco días a la semana, con una jornada laboral de ocho horas diarias, lo que suma un total de cuarenta horas semanales. En cada día de trabajo, los empleados llevan a cabo todas las etapas necesarias que componen el proceso de restauración de los bienes culturales.

Para cada una de estas etapas, contamos con dos restauradores dedicados a cada puesto de trabajo correspondiente, capaces de realizar las tareas de estos puestos de trabajo en concreto.

Para este caso en particular se utilizan unas instalaciones acondicionadas para esta actividad, que se divide en distintas zonas separadas y aisladas entre sí. Cada una de estas zonas está destinada a un puesto de trabajo específico, asegurando así una organización eficiente y un entorno adecuado para llevar a cabo la labor de restauración.

De esta manera, se sigue una estructura de trabajo establecida, con un horario y una distribución de tareas que permiten llevar a cabo el proceso de restauración de manera eficiente y garantizar la calidad en el resultado final de nuestras restauraciones.

Con el objetivo de identificar los diferentes puestos de trabajo en el taller, se tendrá en cuenta ambos casos, tanto el de la escultura de piedra como el de la pintura en lienzo. De esta manera, se analizarán los puestos de trabajo en la limpieza de ambas obras de arte.

PUESTO 1: ELIMINACIÓN DEL ANTIGUO BARNIZ DEL LIENZO

Una vez completada la limpieza inicial para eliminar la suciedad superficial, se inicia una etapa crucial en el proceso de restauración: la eliminación del barniz existente en la obra de arte. El barniz, que ha sido aplicado con el tiempo para proteger y realzar la pintura, puede ocultar manchas más profundas, retoques de restauraciones anteriores u otras imperfecciones presentes en el lienzo.

Este paso es realizado por expertos restauradores con suma precaución y conocimiento técnico, ya que implica el uso de disolventes específicos para la eliminación del barniz. Es importante tener en cuenta que estos disolventes químicos, aunque necesarios para llevar a cabo esta tarea de forma efectiva, pueden presentar riesgos y ser considerados sustancias peligrosas.

El equipo que realiza este proceso está plenamente capacitado y consciente de los protocolos de seguridad necesarios al manejar estos disolventes. Se toman todas las medidas de protección personal y se sigue rigurosamente el procedimiento establecido para minimizar cualquier riesgo potencial. Además, se trabaja en áreas bien ventiladas y se utilizan equipos de protección adecuados, como guantes y mascarillas, para garantizar la seguridad tanto de los restauradores como del entorno de trabajo.



Figura 35. Restauradora usando mascarilla junto con guantes

Al llevar a cabo la eliminación del barniz, se logra exponer la capa pictórica original de la obra, permitiendo una evaluación más precisa de su estado y la identificación de posibles áreas que requieran atención adicional durante el proceso de restauración. Este paso es fundamental para lograr resultados óptimos y respetar la integridad artística de la obra de arte.

En definitiva, la eliminación del barniz existente en el lienzo es una tarea delicada que requiere experiencia y cuidado por parte de los restauradores. La utilización de disolventes químicos peligrosos se realiza siguiendo estrictos protocolos de seguridad, asegurando así la protección de las personas involucradas en el proceso y el adecuado tratamiento de la obra de arte.

PUESTO 2: ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y MANCHAS EN EL LIENZO

Después de completar la eliminación del barniz y la limpieza inicial, se procede a realizar una minuciosa inspección del cuadro en una zona especialmente preparada, con una iluminación

adecuada y condiciones controladas para garantizar la máxima precisión en la evaluación. En esta etapa, se busca identificar y documentar todas las imperfecciones, defectos y daños que puedan estar presentes en el lienzo.

El restaurador, con su ojo entrenado y experiencia en restauración de obras de arte, es capaz de detectar manchas concretas que pueden haberse acumulado con el tiempo, así como repintes anteriores que hayan sido realizados en intentos anteriores de restauración. Además, se busca detectar cualquier signo de humedad que la pintura haya podido sufrir, ya que esto puede causar deformaciones, decoloración o incluso la formación de moho.

Una vez identificadas todas estas imperfecciones, el restaurador se embarca en la delicada tarea de corregirlas y repararlas. Utilizando técnicas y materiales adecuados, se procede a eliminar cuidadosamente las manchas concretas, retocar áreas dañadas o faltantes, y tratar las humedades para prevenir su propagación y minimizar su impacto en la obra.

Cabe destacar que este proceso de inspección y corrección requiere un alto nivel de destreza y conocimiento especializado por parte del restaurador, ya que cada obra de arte es única y presenta desafíos particulares. Además, se debe tener en cuenta la sensibilidad de los materiales utilizados y los posibles riesgos que pueden derivarse del manejo de los químicos necesarios para llevar a cabo estas tareas. Por lo tanto, se aplican estrictas medidas de seguridad y se siguen protocolos rigurosos para garantizar la protección tanto del restaurador como de la obra de arte durante todo el proceso de restauración.

PUESTO 3: LIMPIEZA QUÍMICA EN UNA ESCULTURA DE PIEDRA

En relación con la limpieza química de una escultura de piedra, el entorno de trabajo desempeña un papel fundamental en el proceso de restauración. Resulta crucial contar con un espacio idóneo que cumpla con los requisitos necesarios para asegurar la seguridad del personal y preservar la integridad de la escultura.

En primer lugar, es necesario establecer una zona de trabajo debidamente iluminada, la cual permita una visibilidad óptima de la escultura y sus detalles. La iluminación adecuada desempeña un papel fundamental al facilitar la identificación precisa de las áreas afectadas por suciedad, manchas, depósitos de sales y otros contaminantes que podrían haberse acumulado en la superficie de la piedra con el paso del tiempo.

Además, es importante tener en consideración las condiciones ambientales requeridas. Se debe contar con un entorno controlado donde sea posible regular la temperatura y la humedad de manera adecuada. Este aspecto adquiere especial relevancia en el caso de la limpieza química de esculturas de piedra, ya que ciertos productos químicos utilizados pueden ser sensibles a ciertos rangos de temperatura o humedad. El control adecuado de estas variables contribuye a obtener resultados óptimos durante el proceso de limpieza y minimiza el riesgo de dañar la escultura.

Asimismo, resulta esencial contar con un espacio bien ventilado. Durante la limpieza química, es posible que se generen vapores o gases que podrían resultar perjudiciales para la salud si no se dispersan de forma adecuada. Una ventilación adecuada garantiza un ambiente seguro y reduce la exposición del personal a sustancias químicas potencialmente peligrosas.



Figura 36. Zona especial para la restauración de esculturas

Adicionalmente, se deben implementar medidas de seguridad rigurosas en el área de trabajo. Esto implica suministrar al personal los equipos de protección personal apropiados, como guantes, gafas de seguridad y mascarillas, con el objetivo de minimizar el riesgo de exposición a los productos químicos empleados. Además, se deben seguir meticulosamente los procedimientos de manipulación y almacenamiento de dichos productos químicos, además de contar con sistemas de emergencia para actuar en caso de derrames o accidentes.

En resumen, el lugar de trabajo para llevar a cabo la limpieza química de una escultura de piedra debe ser un entorno controlado, bien iluminado y con una ventilación adecuada, que cumpla con las condiciones ambientales requeridas. Es fundamental implementar medidas de seguridad y proporcionar al personal los equipos de protección personal adecuados. Estas medidas garantizan que el proceso de limpieza se lleve a cabo de manera efectiva y segura, preservando la integridad de la escultura y velando por el bienestar de los profesionales involucrados en el proceso de restauración.

MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS

En esta sección se presentarán los distintos procedimientos de recopilación de muestras que han sido validados por el “Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo” (INSST) para evaluar los contaminantes químicos presentes en cada uno de los lugares de trabajo mencionados anteriormente.

Es fundamental destacar que estos procedimientos para muestrear se encuentran validados por el INSST garantizan la credibilidad y la exactitud de los resultados obtenidos. Estos procedimientos han sido rigurosamente evaluados y se han establecido con el propósito de obtener detalles precisos en cuanto a la exposición a los contaminantes químicos en el ambiente laboral, contribuyendo así a la identificación de posibles riesgos para la salud de los trabajadores.

En cuanto a las técnicas analíticas, se emplearán métodos específicos en el laboratorio para determinar las concentraciones de los contaminantes químicos presentes en las muestras

recogidas. Estas técnicas incluyen análisis químicos y físicos de alta precisión, como cromatografía, espectrofotometría y técnicas de espectrometría de masas, entre otras. Estos métodos analíticos permiten cuantificar con exactitud los niveles de exposición a los contaminantes químicos y proporcionan una base sólida para la evaluación de los riesgos asociados y la implementación de medidas de control adecuadas.

DETERMINACIÓN DE ALCOHOL ISOPROPÍLICO

Según el índice general de protocolos y métodos del INSST, para determinar la cantidad de alcohol isopropílico que hay en el puesto de trabajo número uno, se utilizará el método MTA/MA-059/A06: "Determinación de alcoholes III (alcohol isopropílico, alcohol n-propílico, alcohol isobutílico) en aire-Método de adsorción en carbón/ cromatografía de gases". Se pueden realizar estas tomas de muestras también con otros alcoholes, debido al comportamiento del adsorbente que se utiliza.⁵⁴

El protocolo de validación del INSHT ha validado un método para la mezcla de tres alcoholes (alcohol isopropílico, alcohol n-propílico y alcohol isobutílico) en un rango de concentraciones que varían según lo indicado en la siguiente tabla.

Tipo de alcohol	Intervalo de concentraciones
Alcohol isopropílico	94 mg /m ³ a 1 834 mg /m ³
Alcohol n-propílico	46 mg /m ³ a 934 mg /m ³
Alcohol isobutílico	16 mg /m ³ a 306 mg /m ³

El procedimiento se fundamenta en la recolección de muestras de la mezcla de sustancias alcohólicas presentes en el aire. Esto se logra al hacer pasar un volumen de 4 litros de aire a través de un tubo que contiene anasorb 747, utilizando una bomba de muestreo personal. Los vapores de los alcoholes se retienen en el carbón ubicado en el tubo. Luego, los alcoholes se liberan utilizando una combinación de N,N-dimetilformamida y sulfuro de carbono, y la solución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama. La concentración en el ambiente se calcula a partir de la cantidad de alcohol presente en la muestra y el volumen de aire muestreado.

- Material necesario
 - Bomba de muestreo: Debe encontrarse en funcionamiento de manera continuada hasta que el proceso de muestreo haya terminado. El caudal de la bomba debe mantenerse constante dentro de un intervalo del $\pm 5\%$. La bomba debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 1232.
 - Medidor de caudal externo: Se emplea para ajustar la bomba de muestreo y es esencial que se calibre en comparación con una referencia primaria que se puede rastrear hasta estándares nacionales o internacionales. Se sugiere el uso de un medidor de flujo de burbuja, ya que sus lecturas no se ven afectadas por los cambios en la temperatura y presión atmosférica.
 - Tubos de muestreo: Se emplean cilindros de vidrio sellados en ambos extremos mediante calor, con una longitud de 7 cm, un diámetro externo de 6 mm y un diámetro interno de 4 mm. Estos cilindros incluyen dos partes de anasorb 747 separadas por una capa de espuma de poliuretano de 2 mm. Además, se recomienda utilizar tapones de polietileno que encajen de forma segura para

evitar posibles filtraciones durante el traslado y almacenamiento de las muestras.

- Aparatos y material para el análisis: Es necesario un cromatógrafo de gases HP 6890N equipado con un inyector automático HP 7863 y un detector de ionización de llama. Se utiliza una columna cromatográfica de sílice fundida de 25 m de longitud y 0,2 mm de diámetro interno de FFAP.

Además, se necesita un sistema informático para el tratamiento de datos, viales de boca ancha de 2 ml con tapones de sellado de aluminio y juntas de politetrafluoroetileno, pipetas y material volumétrico de precisión para la preparación de disoluciones primarias, microjeringas de precisión para la preparación de disoluciones patrón y una balanza calibrada capaz de discriminar $\pm 0,005$ mg en el intervalo de 0-10 mg.

- Toma de muestras

1. Se gradua la bomba de muestreo utilizando un medidor de caudal en condiciones que sean representativas de las que van a tener lugar cuando se realicen las muestras oficiales. El caudal puede variar entre 20 ml/min y 100 ml/min, y se recomienda un volumen de muestreo de 4 litros.
2. Previamente a iniciar la toma de muestra, se quita el sello de los tubos de muestra. La bomba se conecta al tubo de muestreo utilizando un tubo de goma o plástico, teniendo en cuenta que la parte de menor tamaño del tubo debe colocarse más próxima a la bomba.
3. El tubo de muestreo se posiciona de manera vertical donde el empleado respiraría, en ocasiones se coloca el tubo en la zona superior de la ropa del trabajador. La bomba de muestreo se posiciona en el cinturón del trabajador o en su bolsillo.
4. Cuando la bomba empieza a trabajar, se debe apuntar inmediatamente el caudal y la hora de inicio. Dependiendo de la situación, se debe también registrar la presión atmosférica del aire y la temperatura.
5. Se debe saber cuánto tiempo ha sido necesario para el proceso de muestreo. Se desconecta la bomba, se retiran los tubos de muestreo y se cierran los extremos con los tapones de polietileno, siendo muy importante la identificación de cada uno de los tubos.
6. Se incluye un tubo de muestra en blanco que debe ser igual a los que han sido usados en el proceso de toma de muestras, en cambio en este no puede pasar aire. Se necesita uno de estos tubos por cada proceso de muestreo.
7. Las muestras se envían al laboratorio lo antes posible y se recomienda almacenarlas preferentemente refrigeradas.

Según el índice general de protocolos y métodos del INSST, para determinar la cantidad de tolueno que hay en el puesto de trabajo número uno y dos, se utilizará el método MTA/MA-030/A92: “Determinación de hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno, p-xileno, 1,2,4-trimetilbenceno) en aire-Método de adsorción en carbón activo/ cromatografía de gases”. Se pueden realizar estas tomas de muestras de compuestos de la misma familia como el estireno, otros xilenos o trimetilbencenos.⁵⁵

El rango de concentración abarca los siguientes intervalos, indicados en la tabla a continuación.

Compuesto químico	Intervalo de concentraciones
Benceno	3 mg /m ³ a 70 mg /m ³
Tolueno	40 mg /m ³ a 810 mg /m ³
Etilbenceno	50 mg /m ³ a 950 mg /m ³
p-Xileno	50 mg /m ³ a 950 mg /m ³
1,2,4-Trimetilbenceno	15 mg /m ³ a 310 mg /m ³

Para tomar las muestras se pasa una cantidad de aire concreta a través de un tubo que está lleno de carbón activo, en este caso igual que en el anterior, mediante el uso de una bomba de muestreo personal. Se utiliza en concreto el carbón activo ya que a este se le adhieren vapores orgánicos, por lo que es un buen detector de estos.

Posteriormente, todo lo que haya sido adsorbido por el carbón activo, se desorbe gracias a la utilización del sulfuro de carbono. De esta manera se obtiene finalmente la disolución que será pasada por el cromatógrafo de gases. Este instrumento lleva incluido un detector de ionización de llama. Cuando se utiliza esta herramienta, en el informe se generan zonas de picos, lo que señala a los compuestos inertes y al patrón interno. De esta manera, se obtiene la masa del compuesto en concreto que se encuentra en la muestra tomada. Utilizando estas masas, se pueden obtener las concentraciones.

- Material necesario
 - Bomba de muestreo: Debe encontrarse en funcionamiento de manera continuada hasta que el proceso de muestreo haya terminado. El caudal de la bomba debe mantenerse constante dentro de un intervalo del $\pm 5\%$. La bomba debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 1232. Se recomienda calibrar la bomba utilizando un medidor de burbuja de jabón.
 - Tubos de muestreo: Se utilizan tubos de vidrio de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno, con ambos extremos cerrados a la llama. Estos tubos contienen dos secciones de carbón activo separadas por una porción de espuma de poliuretano de 2 mm.

La primera sección contiene 100 mg de carbón activo de 20/40 mallas, mientras que la segunda sección contiene 50 mg. Se coloca una porción de 3 mm de espuma de poliuretano entre el extremo de salida del tubo y la segunda sección. Además, se coloca un tapón de lana de vidrio silanizada delante de la primera sección.
 - Tubos con tapón roscado: Se utilizan tubos de capacidad de 2 ml o mayores, con tapones de junta recubierta de politetrafluoroetileno.

- Cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama: Se requiere un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama que pueda detectar una inyección de 5 ng de tolueno con una relación señal-ruido de al menos 5 a 1.
 - Columna cromatográfica: Se utiliza una columna de acero inoxidable de 6,1 m de longitud y 3,17 mm de diámetro externo, empaquetada con un 10% de FFAP en Chromosorb W AW DMCS de 80/100 mallas, o cualquier otra columna capaz de separar los compuestos de interés.
 - Integrador electrónico u otro sistema equivalente: Se necesita un integrador electrónico u otro sistema similar para medir las áreas de los picos cromatográficos.
- Toma de muestras
 1. Calibración de la bomba portátil. Se debe calibrar la bomba portátil a utilizar, siguiendo las condiciones específicas que serán usadas durante el proceso de toma de muestras.
 2. Conexiones. Previo a empezar la toma de muestras, es necesario romper los extremos del tubo y conectar la bomba al tubo de carbón. Se debe utilizar un tubo de goma o plástico adecuado para evitar fugas y estrangulamientos en las conexiones. Es importante evitar cualquier conexión previa al tubo de carbón para prevenir la adsorción de contaminantes que pueda llevar a errores en los resultados.
 3. Ubicación del muestreo. El tubo de muestreo debe colocarse verticalmente en la zona de respiración del trabajador, preferiblemente sujetado a la solapa. La bomba de muestreo debe fijarse al cinturón del trabajador o guardarse en su bolsillo. En el caso de muestreos estáticos, se debe seleccionar un lugar adecuado para el muestreo.
 4. Proceso de muestreo. Se debe poner en marcha la bomba y controlar la duración del muestreo. El caudal debe mantenerse dentro de los límites establecidos, generalmente no superior a 200 ml/min. Se recomienda tomar una muestra de 5 litros.
 5. Registro de datos. Es importante anotar y registrar los tiempos, temperatura, caudal y presión barométrica antes y después de la toma de muestra. Estos datos son relevantes para el análisis y la interpretación de los resultados.
 6. Finalización del muestreo. Una vez finalizado el muestreo, se debe desconectar la bomba, retirar los tubos de muestreo y cerrar ambos extremos con los tapones de polietileno. Cada tubo debe etiquetarse adecuadamente para su identificación posterior.
 7. Muestra en blanco. Se debe preparar un blanco de muestra con cada lote de muestras. Para ello, se utilizan tubos idénticos a los utilizados en el muestreo, pero sin pasar aire a través de ellos. Estos blancos sirven como referencia para evaluar posibles contaminaciones o interferencias en el análisis.

8. Almacenamiento. Las muestras deben almacenarse refrigeradas y analizarse dentro de un plazo de veintidós días posteriores a su captación. Es importante seguir las recomendaciones específicas en cuanto al almacenamiento y tiempo límite para garantizar la integridad de las muestras.

DETERMINACIÓN DE ACETONA

Según el índice general de protocolos y métodos del INSST, para determinar la cantidad de acetona que hay en el puesto de trabajo número tres, se utilizará el método MTA/MA-031/A96: “Determinación de cetonas (acetona, metil etil cetona, metil isobutil cetona) en aire-Método de adsorción en gel de sílice/ cromatografía de gases”.⁵⁶

Tipo de cetona	Intervalo de concentraciones
Acetona	130 mg /m ³ a 1 2570 mg /m ³
Metil etil cetona	58 mg /m ³ a 1150 mg /m ³
Metil isobutil cetona	21 mg /m ³ a 440 mg /m ³

El principio de este método se basa en la recolección de una muestra de aire mediante el paso controlado de una cantidad conocida a través de un tubo que contiene gel de sílice. Esta operación se realiza utilizando una bomba de muestreo personal, que permite la adsorción de los vapores orgánicos en el gel de sílice. Posteriormente, se realiza la desorción de la N,N'-dimetilformamida y se analiza la disolución resultante utilizando un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama.

Al medir las áreas de los picos de los analitos de interés y del patrón interno, se determina la cantidad presente en la muestra. A partir de la masa de los analitos detectados en la muestra, se pueden obtener las concentraciones ambientales correspondientes.

- Material necesario
 - Bomba de muestreo. Se requiere una bomba portátil que funcione de manera continua durante todo el tiempo de muestreo. El caudal de la bomba debe mantenerse constante dentro de un intervalo de $\pm 5\%$.
 - Conexiones. Se utilizará un tubo de goma o plástico de longitud y diámetro adecuado para conectar la bomba y el tubo de gel de sílice (o el soporte del tubo), evitando estrangulamientos y fugas en las conexiones. Se recomienda calibrar la bomba utilizando un medidor de burbuja de jabón.
 - Tubos de muestreo. Se utilizarán tubos de vidrio con ambos extremos cerrados a la llama, de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno. Estos tubos contendrán dos secciones de gel de sílice separadas por una porción de espuma de poliuretano de 2 mm. La primera sección contendrá 150 mg de gel de sílice 20/40 mallas, y la segunda sección contendrá 75 mg. Se colocará una porción de 3 mm de espuma de poliuretano entre el extremo de salida del tubo y la segunda sección.

Un tapón de lana de vidrio silanizada se colocará delante de la primera sección. Los tubos deben tener tapones de polietileno que ajusten adecuadamente para

prevenir fugas durante el transporte y almacenamiento de las muestras. También se debe disponer de un elemento de sujeción para mantener el tubo de muestreo en posición vertical en la zona de respiración del trabajador.

- Tubos con tapón roscado. Se utilizarán tubos con tapón roscado de capacidad igual o superior a 2 ml, con junta recubierta de politetrafluoroetileno.
 - Cromatógrafo de gases Se requerirá un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama capaz de detectar una inyección de 5 ng de tolueno con una relación señal-ruido de al menos 5 a 1.
 - Columna cromatográfica. Se utilizará una columna cromatográfica de sílice fundida con una longitud de 50 m y un diámetro interno de 0,23 mm. Esta columna estará empaquetada con metil silicona u otro material capaz de separar los analitos de interés.
 - Integrador electrónico u otro sistema equivalente. Se necesitará un integrador electrónico u otro sistema similar para medir las áreas de los picos en el análisis.
- Toma de muestra
 1. Realizar la calibración de la bomba portátil conectada al tubo de muestreo en condiciones representativas utilizando un medidor de caudal externo, como por ejemplo, un medidor de burbuja de jabón.
 2. Previamente al inicio del muestreo, romper los extremos del tubo de cartón. Conectar la bomba al tubo de gel de sílice utilizando un tubo de goma o plástico apropiado, asegurándose de que la sección más pequeña del tubo (segunda sección) se encuentre cerca de la bomba. Es importante evitar cualquier conexión previa antes de la entrada del tubo de gel de sílice para evitar posibles adsorciones de contaminantes que puedan generar inexactitudes en las mediciones.
 3. Colocar el tubo de muestreo en posición vertical en la zona de respiración del trabajador, por ejemplo, fijándolo a la solapa. La bomba de muestreo debe ser sujeta al cinturón del trabajador o colocada en su bolsillo. En el caso de muestreos estáticos, se debe seleccionar un lugar de muestreo apropiado.
 4. Iniciar la bomba y controlar el tiempo de muestreo. Normalmente, se recomienda que el caudal no exceda los 0,05 ml/min y que se tome una muestra de 1 litro.
 5. Registrar con precisión los tiempos, la temperatura, el caudal y la presión barométrica antes y después de la toma de muestra.
 6. Al concluir el muestreo, desconectar la bomba, retirar los tubos de muestreo y sellar ambos extremos con los tapones de polietileno adecuados. Es esencial etiquetar correctamente cada tubo para su posterior identificación.
 7. Preparar un blanco de muestra con cada lote de muestras utilizando tubos idénticos a los empleados en el muestreo, pero sin permitir el paso de aire a través de ellos.

8. Almacenar las muestras refrigeradas y llevar a cabo su análisis en un plazo máximo de catorce días a partir de su captación.

DETERMINACIÓN DE BIOCIDA EN BASE DE COBRE

Según el índice general de protocolos y métodos del INSST, para determinar la cantidad de acetona que hay en el puesto de trabajo número tres, se utilizará el método MTA/MA-025/A16: "Determinación de metales y sus compuestos iónicos en aire. Método de captación en filtro/espectrofotometría de absorción atómica con llama".⁵⁷ Este método es aplicable a metales y compuestos iónicos, excluyendo aquellos en forma gaseosa o de vapor.

Elemento	Intervalo de trabajo	Volumen de aire muestreado	Intervalo de concentración en aire
Aluminio	50 ug/muestra a 500 ug/muestra	200 L	0'250 mg /m ³ a 2'50 mg /m ³
Cadmio	1 ug/muestra a 20 ug/muestra	200 L	0'005 mg /m ³ a 0'10 mg /m ³
Cinc	1 ug/muestra a 10 ug/muestra	200 L	0'005 mg /m ³ a 0'05 mg /m ³
Cobalto	5 ug/muestra a 50 ug/muestra	≥ 400 L	0'012 mg /m ³ a 0'12 mg /m ³
Cobre	5 ug/muestra a 50 ug/muestra	200 L	0'025 mg /m ³ a 0'25 mg /m ³
Cromo	5 ug/muestra a 50 ug/muestra	200 L	0'025 mg /m ³ a 0'25 mg /m ³
Hierro	5 ug/muestra a 50 ug/muestra	200 L	0'025 mg /m ³ a 0'25 mg /m ³
Manganeso	5 ug/muestra a 30 ug/muestra	200 L	0'025 mg /m ³ a 0'15 mg /m ³
Molibdeno	150 ug/muestra a 400 ug/muestra	200 L	0'750 mg /m ³ a 2'00 mg /m ³
Níquel	5 ug/muestra a 50 ug/muestra	≥ 400 L	0'012 mg /m ³ a 0'12 mg /m ³
Plata	1 ug/muestra a 40 ug/muestra	≥ 400 L	0'002 mg /m ³ a 0'10 mg /m ³
Plomo	5 ug/muestra a 200 ug/muestra	≥ 200 L	0'025 mg /m ³ a 1'00 mg /m ³

El rango de aplicación depende de la calibración lineal y el volumen de aire muestreado, abarcando desde una décima parte hasta el doble del valor límite de exposición diaria (VLA-ED). Los límites inferior y superior están determinados por el límite de cuantificación y la saturación del filtro, respectivamente. La siguiente tabla proporciona los intervalos de aplicación específicos para los metales.

- Material necesario
 - Bomba de muestreo. Se requiere una bomba capaz de funcionar de manera continua durante todo el tiempo de muestreo.

- Mantenimiento del caudal. Es importante mantener un caudal constante en la bomba dentro de un intervalo de $\pm 5\%$ del valor requerido.
- Conexiones adecuadas. Se utiliza un tubo de goma o plástico con la longitud y diámetro adecuados para conectar la bomba y el muestreador, evitando así estrangulamientos y fugas en las conexiones.
- Medidor de caudal calibrado. Se utiliza un medidor de caudal que esté calibrado y sea capaz de medir el flujo de aire con una precisión del 5% del valor requerido. Se recomienda el uso de un medidor de caudal de burbuja, cuyas lecturas sean independientes de la temperatura y presión atmosférica.
- Muestreador. El muestreador debe estar diseñado para captar una o varias fracciones de las partículas en suspensión en el aire, según lo definido en las normas UNE-EN 481, UNE-EN 13205 y el Informe Técnico CEN/TR 15230.
- Elemento de retención. Se utiliza un filtro como elemento de retención, el cual debe garantizar una eficacia de retención no inferior al 99,5% de las partículas con un diámetro de difusión de $0,3 \mu\text{m}$.

Además, se recomienda que el filtro tenga un contenido de metal muy bajo, generalmente menor a $0,1 \mu\text{g}$ del metal de interés por elemento de retención. Los filtros más comunes son los de membrana de ésteres de celulosa, aunque también se pueden utilizar otros tipos. La elección del filtro depende del muestreador utilizado y consideraciones analíticas.

Se recomienda utilizar un muestreador y un filtro libres de materiales que puedan interferir en el análisis químico. En el caso del análisis de metales, se sugiere utilizar un muestreador no metálico.

- Pinzas y guantes. Se utilizan pinzas de punta plana y sin estrías en los bordes para manipular los elementos de retención sin deteriorarlos. Además, se utilizan guantes sin polvo para proteger la piel durante la manipulación, sin obstaculizar el proceso.
- Material de vidrio. Se utiliza material de vidrio de borosilicato según la norma "UNE 400310":
 - Material volumétrico de vidrio. Se utilizan pipetas y matraces con diferentes volúmenes.
 - Vasos de precipitado. Se utilizan vasos de precipitado con una capacidad aproximada de 100 ml.
 - Vidrios de reloj: Se utilizan vidrios de reloj.
- Pipeta electrónica. Se utiliza una pipeta electrónica para preparar la disolución intermedia, las disoluciones patrón para la calibración y la dilución de muestras con concentraciones superiores al rango de medición.
- Tubos graduados desechables. Se utilizan tubos graduados desechables de 10 ml.

- Baño de agua. Se utiliza un baño de agua con control de temperatura y agitador de muestras integrado.
 - Equipo de filtración a vacío. Se utiliza un equipo de filtración a vacío equipado con filtros de membrana de ésteres de celulosa de diámetro adecuado.
 - Placa calefactora. Se utiliza una placa calefactora capaz de mantener una temperatura de al menos 150 °C.
 - Vasos de tetrafluoroetileno para horno de microondas. Se utilizan vasos de tetrafluoroetileno diseñados para realizar digestiones a presiones de hasta 3000 kPa (435 psi) o superiores. Estos vasos permiten la liberación controlada de presión y pueden soportar altas temperaturas.
 - Horno de microondas. Se utiliza un horno de microondas con un sistema de digestión cerrado y control de temperatura. El interior del horno debe ser resistente a la corrosión, estar bien ventilado y proteger todos los dispositivos electrónicos contra la corrosión. No se pueden utilizar hornos de microondas domésticos, ya que no están diseñados para estas aplicaciones.
 - Espectrofotómetro de absorción atómica. Se utiliza un espectrofotómetro de absorción atómica equipado con quemadores. Además, debe contar con lámparas de cátodo hueco o de descarga sin electrodos, corrector de absorción inespecífica y un sistema informático para el control y procesamiento de señales y datos.
- Toma de muestra
 - Antes de utilizar los muestreadores, se debe verificar que estén completamente limpios y secos.
 - En una zona limpia, se monta el elemento de retención en el muestreador seleccionado utilizando pinzas planas y guantes. El muestreador, con el elemento de retención incorporado, debe mantenerse cerrado hasta el inicio del muestreo.
 - Se calibra la bomba de muestreo al caudal requerido por el muestreador utilizando un medidor de caudal y un muestreador que contenga un elemento de retención del mismo material y características que el utilizado en el muestreo.
 - Antes de comenzar el muestreo, se retiran las protecciones del muestreador y se conecta a la bomba mediante un tubo flexible, asegurándose de que no haya fugas ni restricciones.
 - Para muestreos personales, se coloca el muestreador en la zona respiratoria del trabajador, cerca de la nariz y la boca. La bomba de muestreo se sujeta al cinturón u otra ubicación adecuada en la ropa del trabajador para evitar restricciones en el tubo flexible. Para mediciones en un punto fijo, se elige una ubicación adecuada para el muestreo.

- Para iniciar el muestreo, se pone en marcha la bomba y se registra la hora de inicio de la toma de muestra.
- Durante el muestreo, se debe supervisar el funcionamiento de la bomba, por ejemplo, verificando visualmente la escala del rotámetro o los datos de caudal en la pantalla.
- Al finalizar la toma de muestra, se registra el tiempo transcurrido desde el inicio del muestreo. Se desconecta la bomba, se retira el muestreador del sistema y se vuelve a cerrar para evitar pérdidas o contaminaciones durante el transporte al laboratorio. Se registran la referencia de la muestra y todos los datos relacionados con el muestreo.
- Utilizando el mismo muestreador y elemento de retención utilizados en la calibración, se mide y registra el caudal de la bomba después del muestreo. La muestra se considera inválida si la diferencia entre los caudales medidos antes y después de la toma de muestra supera el 5%.
- Para cada lote de muestras tomadas en las mismas condiciones, se adjuntarán uno o dos elementos de retención etiquetados como blancos de campo. Estos elementos de retención han sido sometidos a la misma manipulación que las muestras, excepto que no se ha pasado aire a través de ellos.
- El transporte de las muestras debe realizarse en recipientes adecuados para evitar posibles daños o pérdidas durante esta última fase.

ESTRATEGIA DE MUESTREO

En los apartados previos se examinaron la toxicología de los contaminantes químicos, así como los diversos puestos de trabajo en los que los trabajadores pueden estar expuestos a dichos contaminantes. También se detalló el método de toma de muestras para la determinación de cada contaminante, junto con el equipo necesario y el procedimiento a seguir.

El propósito de esta sección es establecer la cantidad apropiada de muestras a tomar, de manera que los datos obtenidos reflejen de manera representativa la exposición de los trabajadores a los contaminantes químicos, evitando al mismo tiempo un desperdicio innecesario de recursos.

Con base en el conocimiento de los contaminantes presentes en cada uno de los puestos de trabajo, los métodos de muestreo correspondientes, el equipo requerido y el procedimiento a seguir, es fundamental determinar un número adecuado de muestras que permita obtener datos representativos de la exposición de los trabajadores, evitando a su vez un uso excesivo de recursos.

NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS POR JORNADA

El criterio establecido por la norma UNE-EN 689, titulada "Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición", se utilizará como referencia en nuestro caso. Este criterio es válido en situaciones en las que la exposición es constante y no se esperan fluctuaciones significativas en la concentración de los agentes químicos.⁵⁷

De acuerdo con este criterio, se sugiere que el tiempo de muestreo represente aproximadamente el 25% de la duración total de la presencia del contaminante. Sin embargo, cuando la duración de una muestra es muy corta, sería necesario tomar un número enorme de muestras individuales durante las 8 horas de una jornada laboral estándar (específicamente, 720 muestras), lo cual resulta prácticamente inviable.

Por esta razón, la norma plantea la posibilidad de utilizar métodos estadísticos para reducir el número necesario de muestras. Esto proporciona resultados confiables y se ajusta al tipo de medición necesaria.

En resumen, según la norma “UNE-EN 689”, se propone que el tiempo de muestreo sea aproximadamente el 25% de la duración total de la exposición durante una jornada laboral.

Tiempo de duración de la muestra	Ejemplos de tipos de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por UNE-EN 689
10 segundos	Equipos de lectura directa. Medición puntual	720	30
1 minuto	Tubos detectores de corta duración (tubos colorimétricos)	120	20
5 minutos	Tubos detectores de corta duración	24	12
15 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores, etc.	8	4
30 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores, etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles	1	1

Tabla 1. Número mínimo de mediciones por jornada, Norma UNE-EN 689. Anexo A

NÚMERO DE TRABAJADORES A MUESTREAR

La norma “UNE-EN 689” ofrece pautas para la selección de los trabajadores encargados de llevar a cabo las mediciones de exposición. Dado que en cada puesto de trabajo hay varios individuos que desempeñan tareas similares o idénticas, se puede llegar a conceptuar que los empleados tienen la misma exposición a estos contaminantes, teniendo en cuenta que se encuentran en la misma parte del proceso. En este caso, se recomienda tomar muestras de uno de cada diez trabajadores de un grupo homogéneo.

Es importante destacar que en nuestra empresa ninguno de los trabajadores presenta alguna debilidad concreta a los contaminantes químicos que son utilizados y que han sido explicados.

Esto indica que no hay individuos que sean más susceptibles o afectados de manera diferente por la exposición a estos contaminantes.

TIPOS DE MUESTREO EN UNA JORNADA DE TRABAJO

En primer lugar, se procede al cálculo de la concentración media ponderada para una jornada laboral, teniendo en cuenta la concentración en el puesto de trabajo. Esto puede lograrse tanto mediante mediciones realizadas durante toda la jornada laboral como a través de estimaciones basadas en mediciones parciales. Sin embargo, es importante considerar que, a lo largo del tiempo e incluso entre jornadas laborales, pueden ocurrir variaciones aleatorias que no se pueden predecir. Estas variaciones pueden deberse a cambios en la forma de realizar una tarea específica, fluctuaciones en el tiempo empleado en dicha tarea, condiciones atmosféricas variables o movimientos de los trabajadores.

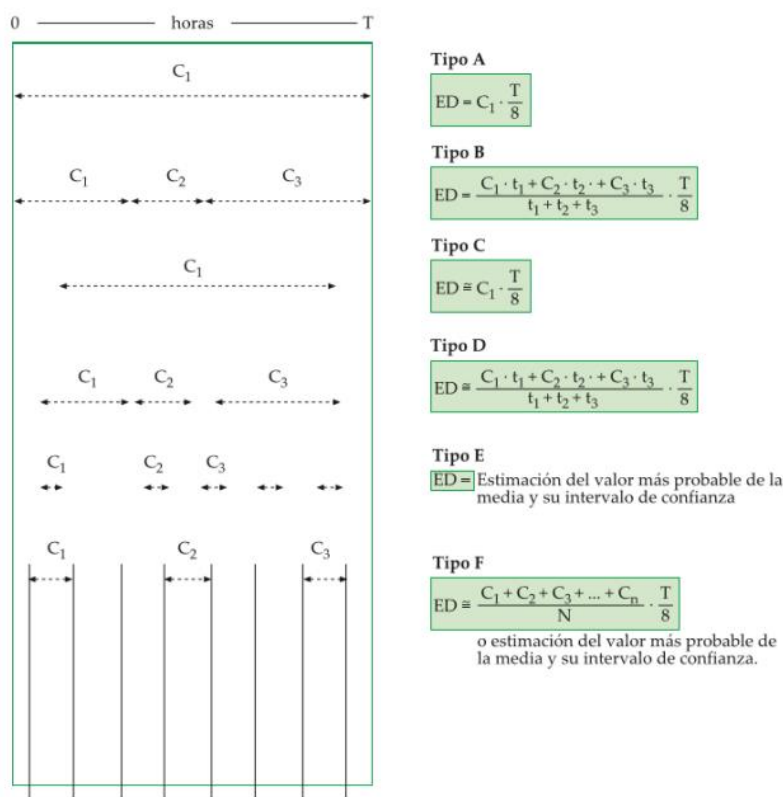


Figura 37. Tipos de muestreo en una jornada de trabajo, "Guía Técnica del Real Decreto 374/2001".

Para garantizar que las mediciones sean representativas de la realidad, se han desarrollado métodos que permiten obtener valores precisos de la concentración media durante una jornada laboral. Si bien es posible realizar mediciones globales, es recomendable adaptarlas a la duración de cada tarea individual que se está evaluando. Esto proporciona información más detallada sobre los puntos de contaminación y reduce la variabilidad en los resultados de las muestras de cada tarea.

La figura presenta la duración de exposición del trabajador en un día (T) en el eje horizontal, junto con el valor de concentración obtenido a partir de una muestra de duración t_i (C_i). También se muestra CT , que es la concentración media durante el período diario de exposición, y ED, que

es la concentración media de la jornada referida a 8 horas. Las flechas indican los períodos muestreados dentro de la jornada laboral.

En la Figura 37 también se muestran diferentes tipos de muestreo para una jornada de trabajo. Los modelos tipo A y B suponen que las muestras se toman durante toda la jornada laboral, lo cual proporciona mayor información sobre la exposición y se considera preferible a otros modelos. El tipo A asume que se toma una muestra con una duración igual al período de exposición, mientras que el tipo B propone el uso de dos o más muestras consecutivas para cubrir el período de exposición. Se recomienda el uso del muestreo tipo B, ya que permite detectar mejor la contaminación accidental en una muestra y las variaciones de concentración durante el período de exposición.

Otros modelos de muestreo, como los tipos C y D, implican la toma de muestras durante parte del tiempo total de exposición de la jornada, generalmente alrededor del 70% al 80%. Con estas mediciones, se pueden extrapolar los datos obtenidos y suponer que la exposición del empleado durante toda la jornada se corresponde con la concentración medida. La diferencia entre los tipos C y D radica en que el tipo C utiliza una sola muestra, mientras que el tipo D emplea varias muestras consecutivas.

Es importante tener en cuenta que, al calcular la concentración media referida a 8 horas (ED), siempre se debe considerar el tiempo diario de exposición, ya que en los casos de muestreo de los tipos C o D, este tiempo es mayor que la duración de los períodos muestreados.

En conclusión, se utilizará el tipo de muestreo D, donde se realizará el muestreo durante 6 horas, ya que el tipo D se basa en muestrear el 75% de la jornada laboral de 8 horas. Esto asegura que el muestreo sea representativo de la exposición diaria, siempre y cuando las condiciones sean similares durante el tiempo no muestreado y el tiempo muestreado.

RESULTADOS DE LAS MUESTRAS POR SOLICITUD

Tras recolectar las muestras, estas son transportadas al laboratorio con el propósito de realizar un análisis exhaustivo. Posteriormente, se presentan los datos que han sido obtenidos a partir de los resultados de las muestras, una vez que han sido sometidas al proceso de análisis en el laboratorio.

ALCOHOL ISOPROPÍLICO			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón	1	3'214
		2	3'45
		3	3'02
		4	3'085
		5	2'86
		6	2'987
		7	3'124
		8	3'069
		9	3'154
		10	2'987

Tabla 2. Masas debido al muestreo del alcohol isopropílico

TOLUENO			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
"Cromatógrafo de gases"	"Adsorción en carbón activo"	1	0'852
		2	0'905
		3	0'974
		4	0'983
		5	0'988
		6	0'878
		7	1'065
		8	1'082
		9	0'956
		10	1'028

Tabla 3. Masas debido al muestreo de tolueno

XILENO			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón activo	1	0'891
		2	0'857
		3	0'921
		4	0'947
		5	0'975
		6	0'956
		7	0'989
		8	1'023
		9	1'158
		10	1'208

Tabla 4. Masas debido al muestreo de xileno

ACETONA			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en gel de sílice	1	0'584
		2	0'574
		3	0'558
		4	0'578
		5	0'561
		6	0'572
		7	0'565
		8	0'579
		9	0'583
		10	0'577

Tabla 5. Masas debido al muestreo de acetona

COBRE			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Espectrómetro de absorción atómica	Captación en filtro	1	0'035
		2	0'036
		3	0'031
		4	0'028
		5	0'029
		6	0'032
		7	0'031
		8	0'026
		9	0'025
		10	0'031

Tabla 6. Masas debido al muestreo de cobre

CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES Y EXPOSICIONES DIARIAS

Cuando se hayan obtenido las masas de los contaminantes mediante los análisis de laboratorio, se procederá al cálculo de las concentraciones de dichos contaminantes presentes. Este cálculo se realizará utilizando las masas mencionadas anteriormente y los volúmenes de aire extraídos por las bombas de aspiración en cada muestra.

Para determinar los volúmenes, se emplea la siguiente ecuación:

$$V = Q \cdot t$$

En esta fórmula, Q representa el caudal de aire aspirado y t es el tiempo de muestreo en el caso de cada muestra.

La concentración de los contaminantes se calcula utilizando la fórmula:

$$C = \frac{\text{masa (mg)}}{\text{volumen (m}^3\text{)}}$$

Para obtener la concentración media ponderada durante el período de exposición, se utilizará la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{\sum t_i} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right)$$

En la expresión anterior, C_i es el valor de concentración obtenido a partir de una muestra de duración t_i .

Asimismo, se utilizarán las siguientes ecuaciones para calcular la exposición diaria (ED) y la exposición de corta duración (EC):

$$ED = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{\sum t_i} \cdot \frac{T}{8} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$EC = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{\sum t_i} \cdot \frac{T}{15} \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right)$$

En las anteriores expresiones, el valor de T representa la duración diaria de exposición al agente químico.

DATOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS

En este apartado se presentarán los datos necesarios para realizar los cálculos posteriores. Estos datos corresponden a cada uno de los contaminantes presentes en los diferentes puestos de trabajo. Han sido obtenidos utilizando los métodos de toma de muestras aprobados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y siguiendo la norma UNE-EN 689.

Se asume una jornada laboral de ocho horas diarias, equivalente a 40 horas semanales, para la mayoría de los casos, excepto para el muestreo tipo D, en el cual la jornada laboral es de seis horas diarias, lo que equivale a 30 horas semanales. Estos datos son fundamentales para realizar los cálculos subsiguientes.

PUESTO 1. ELIMINACIÓN DEL ANTIGUO BARNIZ DEL LIENZO

- Xileno
 - Número mínimo de muestras según la norma “UNE-EN 689:2019+AC”: 3 muestras
 - Número de muestras tomadas: 10 muestras
 - Volumen de aire: 5 L
 - Caudal de la bomba: 200 ml/min
- Alcohol isopropílico
 - Número mínimo de muestras según la norma a “UNE-EN”: No hay número mínimo.
 - Número de muestras tomadas: 10 muestras
 - Volumen de aire: 6 L
 - Caudal de la bomba: 200 ml/min

PUESTO 2. ELIMINACIÓN DE SUCIEDAD Y MANCHAS EN EL LIENZO

- Acetona
 - Número mínimo de muestras según la norma a “UNE-EN 689:2019+AC”: 3 muestras
 - Número de muestras tomadas: 10 muestras

- Volumen de aire: 1'5 L
- Caudal de la bomba: 50 ml/min
- Tolueno
 - Número mínimo de muestras según la norma "UNE-EN 689:2019+AC": 3 muestras
 - Número de muestras tomadas: 10 muestras
 - Volumen de aire: 5 L
 - Caudal de la bomba: 200 ml/min

PUESTO 3. LIMPIEZA QUÍMICA EN UNA ESCULTURA DE PIEDRA

- Cobre
 - Número mínimo de muestras según la norma UNE-EN 13890, exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la medida de metales y no metales en partículas en suspensión en el aire: 6 muestras
 - Número de muestras tomadas: 10 muestras
 - Volumen de aire: 200 L
 - Caudal de la bomba: 1 L/min

DESCRIPCIÓN DE LOS CÁLCULOS A REALIZAR

A continuación, se llevarán a cabo los cálculos necesarios para determinar el tiempo de muestreo, la exposición diaria y el índice de exposición. Estos cálculos son fundamentales para evaluar si existe algún riesgo en el lugar de trabajo.

Dado que los cálculos son aplicables a todos los contaminantes, se explicarán utilizando un contaminante como ejemplo y luego se aplicarán a los demás contaminantes. Los resultados de todos los contaminantes se presentarán en tablas posteriores.

En el puesto de trabajo 1, el primer contaminante que se encuentra es el xileno. El caudal de muestreo es de 200 ml/min, el volumen de aire es de 5 L y se han tomado 10 muestras. A partir de estos datos, se determinará el tiempo de muestreo:

$$V = Q \cdot t \rightarrow t = \frac{V}{Q} = \frac{5 \text{ l}}{0'2 \text{ l/min}} = 25 \text{ min}$$

Los valores obtenidos mediante las muestras analizadas en el laboratorio permitieron obtener las siguientes masas:

MUESTRA	MASA (mg)
1	0'891
2	0'857
3	0'921
4	0'947
5	0'975
6	0'956
7	0'989
8	1'023
9	1'158
10	1'208

Utilizando las masas de cada una de las muestras, podemos calcular la concentración de cada una de ellas utilizando la siguiente expresión:

$$\text{concentración} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

$$C_1 = \frac{0'891\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 178'2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_2 = \frac{0'857\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 171'4 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_3 = \frac{0'921\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 184'2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_4 = \frac{0'947\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 189'4 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_5 = \frac{0'975\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 195 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_6 = \frac{0'956\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 191'2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_7 = \frac{0'989\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 197'8 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_8 = \frac{1'023\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 204'6 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_9 = \frac{1'158\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 231'6 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

$$C_{10} = \frac{1'208\text{mg}}{0'005\text{m}^3} = 241'6 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

Posteriormente, se debe calcular la concentración media ponderada con la siguiente expresión:

$$C_{\text{media}} = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{\sum t_i}$$

$$C_{\text{media}} = \frac{178'2 \cdot 25 + 171'4 \cdot 25 + \dots + 231'6 \cdot 25 + 241'6 \cdot 25}{25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25 + 25} = 198'5 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

Los restauradores que se encuentran realizando las tareas concretas del puesto 1, se encuentran expuestos al xileno durante 8 horas por cada día laboral. Tras los resultados anteriores, se obtiene la exposición media ponderada mediante el uso de la siguiente expresión:

$$ED = \frac{\sum C_i \cdot t_i}{\sum t_i} \cdot T \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$ED = 198'5 \cdot \frac{8}{8} = 198'5 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS

Mediante el uso de las expresiones y razonamientos explicados anteriormente, se debe realizar el mismo proceso aplicado a todos los contaminantes químicos seleccionados en apartados anteriores.

A continuación se muestran tablas con los resultados de los cálculos en cuestión.

XILENO								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	25	5	0'005	0'891	178'2	198'5	198'5
2	0'2	25	5	0'005	0'857	171'4		
3	0'2	25	5	0'005	0'921	184'2		
4	0'2	25	5	0'005	0'947	189'4		
5	0'2	25	5	0'005	0'975	195		
6	0'2	25	5	0'005	0'956	191'2		
7	0'2	25	5	0'005	0'989	197'8		
8	0'2	25	5	0'005	1'023	204'6		
9	0'2	25	5	0'005	1'158	231'6		
10	0'2	25	5	0'005	1'208	241'6		

Tabla 7. Resultado de los cálculos de xileno

ALCOHOL ISOPROPÍLICO								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	30	6	0'006	3'214	535'666	515'833	515'833
2	0'2	30	6	0'006	3'45	575'000		
3	0'2	30	6	0'006	3'02	503'333		
4	0'2	30	6	0'006	3'085	514'167		
5	0'2	30	6	0'006	2'86	476'667		
6	0'2	30	6	0'006	2'987	497'833		
7	0'2	30	6	0'006	3'124	520'667		
8	0'2	30	6	0'006	3'069	511'500		
9	0'2	30	6	0'006	3'154	525'667		
10	0'2	30	6	0'006	2'987	497'833		

Tabla 8. Resultado de los cálculos de alcohol isopropílico

TOLUENO								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	25	5	0'005	0'852	170'4	194'22	194'22
2	0'2	25	5	0'005	0'905	181		
3	0'2	25	5	0'005	0'974	194'8		
4	0'2	25	5	0'005	0'983	196'6		
5	0'2	25	5	0'005	0'988	197'6		
6	0'2	25	5	0'005	0'878	175'6		
7	0'2	25	5	0'005	1'065	213		
8	0'2	25	5	0'005	1'082	216'4		
9	0'2	25	5	0'005	0'956	191'2		
10	0'2	25	5	0'005	1'028	205'6		

Tabla 9. Resultado de los cálculos de tolueno

ACETONA								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'05	30	1'5	0'0015	0'584	389'333	382'067	382'067
2	0'05	30	1'5	0'0015	0'574	382'667		
3	0'05	30	1'5	0'0015	0'558	372'000		
4	0'05	30	1'5	0'0015	0'578	385'333		
5	0'05	30	1'5	0'0015	0'561	374'000		
6	0'05	30	1'5	0'0015	0'572	381'333		
7	0'05	30	1'5	0'0015	0'565	376'667		
8	0'05	30	1'5	0'0015	0'579	386'000		
9	0'05	30	1'5	0'0015	0'583	388'667		
10	0'05	30	1'5	0'0015	0'577	384'667		

Tabla 10. Resultado de los cálculos de acetona

COBRE								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	1	200	200	0'2	0'035	0'175	0'152	0'152
2	1	200	200	0'2	0'036	0'180		
3	1	200	200	0'2	0'031	0'155		
4	1	200	200	0'2	0'028	0'14		
5	1	200	200	0'2	0'029	0'145		
6	1	200	200	0'2	0'032	0'16		
7	1	200	200	0'2	0'031	0'155		
8	1	200	200	0'2	0'026	0'130		
9	1	200	200	0'2	0'025	0'125		
10	1	200	200	0'2	0'031	0'155		

Tabla 11. Resultado de los cálculos de cobre

VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Una vez que se han obtenido los valores de las concentraciones y los diferentes parámetros necesario a partir de estas, se puede evaluar la exposición de todos los contaminantes en cuestión.

Esta evaluación implica la comparación de las concentraciones obtenidas en los cálculos con los Valores Límite Ambientales establecidos por el "INSST" para exposiciones diarias y exposiciones de corta duración. A partir de esta comparación, se pueden extraer conclusiones sobre si estas exposiciones representan un riesgo para la salud de los trabajadores o no.

PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LA VALORACIÓN

Valor Límite Ambiental

Los "Valores Límite Ambientales" (VLA) son: "puntos de referencia para las concentraciones de agentes químicos en el aire. Estos valores representan condiciones en las cuales se considera que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos hasta 8 horas diarias y 40 horas semanales a lo largo de su vida laboral sin experimentar efectos adversos para su salud".

Es importante destacar que se hace referencia a la mayoría de los trabajadores, pero no al conjunto total de ellos. Esto se debe a las diferentes afecciones que pueda experimentar cada

persona de manera individual. Estas diferentes debilidades pueden tener diferentes orígenes, como la genética o el estilo de vida.

Existe la posibilidad de que una minoría de empleados experimente síntomas leves a pesar de que su exposición sea inferior al VLA, hasta cabe la posibilidad de que estos síntomas sean bastante elevados, teniendo en cuenta las afecciones individuales o por alguna enfermedad previa.⁵⁸

Índice de exposición

El índice de exposición es un indicador utilizado para evaluar si la exposición diaria calculada se considera peligrosa o no en comparación con los “Valores Límite Ambientales” (VLA).

Este valor se puede hallar utilizando la siguiente expresión:

$$I = \frac{ED}{VLA - ED}$$

Comparación de la exposición VLA-ED

Cuando se ha obtenido finalmente el valor del Índice de exposición para cada uno de los contaminantes, se compara con el Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria (VLA-ED) con el fin de evaluar la exposición.

En los “Anexos C y G de la norma UNE-EN 689:2019”, que tratan sobre la exposición en el ambiente laboral y la medición de la exposición por inhalación de agentes químicos, se presentan dos sistemas para la toma de decisiones en función de la cantidad de muestras: uno para un número reducido y otro para un número elevado.

En este caso, dado que se trata de un número pequeño de muestras se utilizará el sistema de toma de decisiones detallado en el “Anexo C de la norma UNE-EN 689:2019”.

La decisión se basará en el valor obtenido al calcular el Índice de exposición, siguiendo una metodología establecida.

- Si $I_1 \leq 1$, la exposición se considera aceptable y la posibilidad de que se supere el Valor Límite Ambientales es bajo.
- Si $I_1 \geq 1$, la exposición se considera inaceptable y se deben tomar medidas para corregirla.
- Si $0'1 \leq I_1 \leq 1$, la exposición se considera incierta. En este caso, se deben obtener al menos dos valores adicionales de Índices de Exposición (I_2, I_3, \dots, I_n) para tener un mínimo de tres índices. A partir de los resultados de estos tres índices:
 - Si $I_2, I_3, \dots, I_n \leq 0'25$, la exposición se considera aceptable.
 - Si $I_2, I_3, \dots, I_n > 1$, la exposición se considera inaceptable y se deben tomar medidas correctivas.

- Si $I_2, I_3, \dots, I_n \geq 1$, pero ninguno de los índices calculados es menor o igual a 0'25, se calcula la media geométrica de los índices, mediante la siguiente expresión:

$$MG = \sqrt[n]{I_1 \cdot I_2 \cdot \dots \cdot I_n}$$

- Si $MG \leq 0'5$, se considera que la exposición es aceptable.
- Si $MG > 0'5$ no se puede llegar a una conclusión definitiva. En este caso, se puede optar por obtener un nuevo índice como se explicó anteriormente o detener el proceso de evaluación, teniendo en cuenta la necesidad de realizar controles periódicos de exposición o implementar medidas específicas de prevención, y repetir la evaluación después de su implementación.

Dependiendo del resultado de la evaluación, existen tres posibilidades:

- Exposición aceptable

Se considera improbable que los Valores Límite Ambientales sean superados en el futuro, siempre y cuando no se produzcan cambios en las condiciones.

- Exposición inaceptable

Se considera posible que los Valores Límite Ambientales sean superados en algún momento, por lo que es necesario tomar medidas correctivas.

- Exposición incierta

Se refiere a situaciones en las que los Valores Límite Ambientales no son superados, pero no se puede determinar con certeza si se superarán en el futuro.

El procedimiento de evaluación de las exposiciones se resume en la siguiente figura, obtenida del “Anexo C de la norma UNE-EN 689:2019”.

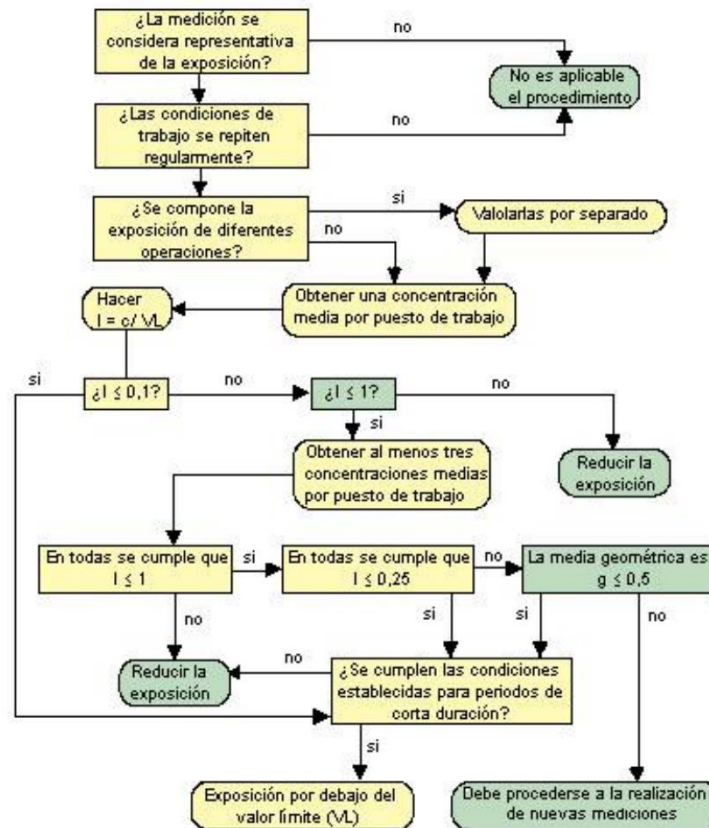


Figura 38. Evaluación de las exposiciones a través de la medición ambiental. Esquema de actuación según UNE-EN-689

Comparación de la exposición VLA-EC

Con el fin de evaluar el riesgo de inhalación en comparación con el Valor Límite Ambiental para períodos de corta duración (VLA-EC), es necesario calcular la concentración media ponderada durante el período de 15 minutos en el que la exposición sea más alta en relación a toda la jornada laboral.

Dado que en una jornada de trabajo de 8 horas hay 32 períodos consecutivos de 15 minutos, es poco probable que al seleccionar un número limitado de períodos se capture el período de exposición de mayor concentración. Por lo tanto, al realizar el muestreo, se debe procurar hacerlo en condiciones desfavorables, cuando la exposición sea potencialmente más alta.

En nuestro caso, para evaluar la exposición en períodos de corta duración, se selecciona el valor más alto de masa entre todas las muestras de cada uno de los contaminantes químicos.

Efectos combinados de agentes químicos

Hasta el momento, se han abordado las concentraciones ambientales, las exposiciones diarias, los valores límite ambientales, etc., en relación a un agente químico específico sin considerar

mezclas o los posibles efectos de la presencia de múltiples contaminantes simultáneamente en un lugar de trabajo, como es nuestro caso.

En esta situación, la “Guía Técnica del Real Decreto 374/2001” establece que, cuando se encuentran presentes varios agentes que actúan sobre los mismos sistemas u órganos, se debe considerar su efecto combinado como aditivo, a menos que exista información específica que indique que los efectos son independientes.

Por lo tanto, la comparación con los valores límite se realizará utilizando la siguiente fórmula, según corresponda:

$$\sum_{i=1}^n \frac{ED_i}{VLA - ED_i} \qquad \sum_{i=1}^n \frac{EC_i}{VLA - EC_i}$$

Si el resultado obtenido es superior a la unidad, se considera que se ha excedido el valor límite ambiental correspondiente para esa mezcla de agentes químicos.

Dado la situación de los puestos 1 y 2, se deberá tener en cuenta los efectos aditivos de los contaminantes químicos presentes en esos puestos concretos de trabajo.

Mediciones periódicas

Las mediciones realizadas de manera periódica se llevarán a cabo cuando la exposición laboral no difiera significativamente del valor límite ambiental. Estas mediciones tienen como objetivo verificar la constancia de las condiciones previamente medidas a lo largo del tiempo. Su propósito es confirmar la eficacia de las medidas de control y detectar cualquier cambio o tendencia durante las exposiciones.

Estas mediciones se realizarán durante las jornadas normales de trabajo. Después de concluir la evaluación de la exposición laboral, si es necesario realizar mediciones periódicas, la primera medición se llevará a cabo después de 16 semanas desde la evaluación inicial.

Para determinar los intervalos de medición posteriores, se considerará la concentración de exposición de la siguiente manera:

- Si la concentración de exposición laboral no supera el 25% del valor límite ambiental, se realizarán mediciones cada 64 semanas.
- Si la concentración de exposición laboral supera el 25% pero no excede el 50% del valor límite ambiental, se realizarán mediciones cada 32 semanas.
- Si la concentración de exposición laboral supera el 50% pero no excede el valor límite ambiental, se realizarán mediciones cada 16 semanas.

Si varios valores de exposición diaria en estas mediciones son inferiores al 10% del valor de VLA-ED, es posible reconsiderar la evaluación y considerarla aceptable desde el principio.

Por otro lado, si la exposición diaria en cualquiera de las mediciones supera el valor límite ambiental, la exposición no será aceptable y se deberán implementar medidas preventivas para corregirla, seguidas de una nueva evaluación.

RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS

RESULTADOS OBTENIDOS					
PUESTO	CONTAMINANTE	ED (mg/ m ³)	VLA-ED (mg/ m ³)	ÍNDICE DE EXPOSICIÓN	VALORACIÓN
1	Xileno	198'5	221	0'898	I < 1, exposición aceptable
1	Alcohol isopropílico	515'833	500	1'031	I > 1, exposición inaceptable
2	Tolueno	194'22	192	1'011	I > 1, exposición inaceptable
2	Acetona	382'067	1210	0,316	I < 1, exposición aceptable
3	Cobre	0'152	0'2	0,76	I < 1, exposición aceptable

Tabla 12. Valoración de los resultados

Como podemos observar, algunos índices de exposición superan el valor de la unidad, por lo que tras la valoración, se puede asumir que estas exposiciones son inaceptables. Esta valoración no se pueda dar por finalizada, ya que también hay que tener en cuenta el efecto combinado en los puestos de trabajo.

Esta situación provoca que el índice de exposición en estos puestos concretos sea aún mayor. A continuación, se indican estos efectos combinados en los puestos de trabajo.

Efectos combinados en el puesto de trabajo número 1

Los efectos combinados en el puesto de trabajo número 1, en el cual tiene lugar la primera fase de limpieza del lienzo, en la cual se utiliza xileno y alcohol isopropílico.

Ambos compuestos pueden llegar a afectar en los trabajadores, en concreto en el sistema nervioso central y al respiratorio. Con el objetivo de obtener la valoración de la exposición, se deben sumar los índices, para poder determinar la valoración correcta.

$$\sum I = 0'898 + 1'031 = 1'929 > 1 \rightarrow \text{Exposición inaceptable}$$

Efectos combinados en el puesto de trabajo número 2

Los efectos combinados en el puesto de trabajo número 2, cuando se realiza la limpieza de manchas concretas y de suciedad bajo las capas de barniz. Durante este proceso se tienen en cuenta los efectos del tolueno y de la acetona.

Ambos compuestos pueden llegar a afectar en los trabajadores, en concreto en el sistema nervioso central y al respiratorio. Con el objetivo de obtener la valoración de la exposición, se deben sumar los índices, para poder determinar la valoración correcta.

$$\sum I = 1'011 + 0'316 = 1'327 > 1 \rightarrow \text{Exposición inaceptable}$$

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y SOLUCIONES TRAS LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA

CONCLUSIONES TRAS LA REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA

Después de recolectar muestras de los agentes químicos utilizados en el proceso de restauración de obras de arte en un taller, se llevaron al laboratorio para su análisis y obtención de datos relevantes. Estos datos fueron comparados con los límites establecidos para cada sustancia química. Una vez recopilada toda la información necesaria, se implementarán diversas medidas preventivas para proteger la salud de los trabajadores expuestos a estos agentes.

Por lo tanto, en esta sección se presentarán las posibles medidas preventivas adaptadas específicamente a las tareas de restauración, así como al entorno de trabajo correspondiente.

ROTACIÓN DE LOS TRABAJADORES. PRIMERA MEDIDA PREVENTIVA

Después de completar la evaluación de higiene, una de las soluciones propuestas para asegurar que los trabajadores estén expuestos a concentraciones de contaminantes por debajo del VLA-ED es implementar la rotación de personal durante la jornada laboral. Esto implica que cada operario realice su tarea durante cuatro horas en lugar de ocho, luego descansa durante las siguientes cuatro horas, intercambiándose con otro compañero.

Esta estrategia permite reducir a la mitad la exposición a los contaminantes, lo que garantiza que los trabajadores puedan llevar a cabo su labor sin problemas y el riesgo se clasifique como aceptable. Para respaldar la efectividad de esta medida, hemos realizado un caso práctico utilizando las muestras recopiladas en el capítulo anterior.

En este caso práctico, suponemos que la mitad de las primeras muestras de todos los contaminantes químicos se tomaron mientras un operario trabajaba durante cuatro horas consecutivas. Luego se calculó su exposición diaria en esas horas y se comparó con el VLA-ED correspondiente. Después de las cuatro horas, otro operario continuó realizando la misma tarea, y las muestras obtenidas corresponden a la otra mitad de las tomadas en el capítulo anterior.

Además, es importante destacar que esta estrategia de rotación se implementa con el objetivo de proteger la salud de los trabajadores y minimizar su exposición a los contaminantes presentes en el entorno laboral. Al reducir la duración de la exposición y proporcionar periodos de descanso, se busca mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.

Tomando en cuenta esta medida, los resultados obtenidos fueron los siguientes para cada contaminante químico.

- Xileno

XILENO. TRABAJADOR 1 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón activo	1	0'891
		2	0'857
		3	0'921
		4	0'947
		5	0'975
		6	0'893

Tabla 13. Muestras del xileno para el trabajador 1

XILENO. TRABAJADOR 2 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón activo	1	0'956
		2	0'989
		3	1'023
		4	1'158
		5	1'208
		6	1'107

Tabla 14. Muestras del xileno para el trabajador 2

XILENO. TRABAJADOR 1 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	25	5	0'005	0'891	178'2	91'400	91'400
2	0'2	25	5	0'005	0'857	171'4		
3	0'2	25	5	0'005	0'921	184'2		
4	0'2	25	5	0'005	0'947	189'4		
5	0'2	25	5	0'005	0'975	195		
6	0'2	25	5	0'005	0'893	178'6		

Tabla 15. Resultados del xileno para el trabajador 1

XILENO. TRABAJADOR 2 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	25	5	0'005	0'956	191'2	107'350	107'350
2	0'2	25	5	0'005	0'989	197'8		
3	0'2	25	5	0'005	1'023	204'6		
4	0'2	25	5	0'005	1'158	231'6		
5	0'2	25	5	0'005	1'208	241'6		
6	0'2	25	5	0'005	1'107	221'4		

Tabla 16. Resultados del xileno para el trabajador 2

- Alcohol isopropílico

ALCOHOL ISOPROPÍLICO. TRABAJADOR 1 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón	1	2'86
		2	2'987
		3	3'124
		4	3'069
		5	3'154
		6	2'987

Tabla 17. Muestras del alcohol isopropílico para el trabajador 1

ALCOHOL ISOPROPÍLICO. TRABAJADOR 2 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón	1	3'214
		2	3'45
		3	3'02
		4	3'085
		5	2'86
		6	2'987

Tabla 18. Muestras del alcohol isopropílico para el trabajador 2

ALCOHOL ISOPROPÍLICO. TRABAJADOR 1 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	30	6	0'006	2'86	476'667	252'514	252'514
2	0'2	30	6	0'006	2'987	497'833		
3	0'2	30	6	0'006	3'124	520'667		
4	0'2	30	6	0'006	3'069	511'500		
5	0'2	30	6	0'006	3'154	525'667		
6	0'2	30	6	0'006	2'987	497'833		

Tabla 19. Resultados del alcohol isopropílico para el trabajador 1

ALCOHOL ISOPROPÍLICO. TRABAJADOR 2 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	30	6	0'006	3'214	535'667	258'556	258'556
2	0'2	30	6	0'006	3'45	575'000		
3	0'2	30	6	0'006	3'02	503'333		
4	0'2	30	6	0'006	3'085	514'167		
5	0'2	30	6	0'006	2'86	476'667		
6	0'2	30	6	0'006	2'987	497'833		

Tabla 20. Resultados del alcohol isopropílico para el trabajador 2

- Tolueno

TOLUENO. TRABAJADOR 1 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón activo	1	0'974
		2	0'983
		3	0'988
		4	0'878
		5	1'065
		6	1'082

Tabla 21. Muestras del tolueno para el trabajador 1

TOLUENO. TRABAJADOR 2 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en carbón activo	1	0'947
		2	0'975
		3	0'956
		4	0'989
		5	1'023
		6	1'158

Tabla 22. Muestras del tolueno para el trabajador 2

TOLUENO. TRABAJADOR 1 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	25	5	0'005	0'974	194,8	99,500	99'500
2	0'2	25	5	0'005	0'983	196,6		
3	0'2	25	5	0'005	0'988	197,6		
4	0'2	25	5	0'005	0'878	175,6		
5	0'2	25	5	0'005	1'065	213		
6	0'2	25	5	0'005	1'082	216,4		

Tabla 23. Resultados del tolueno para el trabajador 1

TOLUENO. TRABAJADOR 2 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	0'2	25	5	0'005	0'947	189,4	100'800	100'800
2	0'2	25	5	0'005	0'975	195		
3	0'2	25	5	0'005	0'956	191,2		
4	0'2	25	5	0'005	0'989	197,8		
5	0'2	25	5	0'005	1'023	204,6		
6	0'2	25	5	0'005	1'158	231,6		

Tabla 24. Resultados del tolueno para el trabajador 2

- Acetona

ACETONA. TRABAJADOR 1 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en gel de sílice	1	0'578
		2	0'561
		3	0'572
		4	0'565
		5	0'584
		6	0'574

Tabla 25. Muestras de acetona para el trabajador 1

ACETONA. TRABAJADOR 2 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en gel de sílice	1	0'572
		2	0'565
		3	0'584
		4	0'579
		5	0'583
		6	0'577

Tabla 26. Muestras de acetona para el trabajador 2

ACETONA. TRABAJADOR 1 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	C _{media} (mg/m ³)	ED (mg/m ³)
1	0'05	30	1'5	0'0015	0'578	385'333	190'778	190'778
2	0'05	30	1'5	0'0015	0'561	374'000		
3	0'05	30	1'5	0'0015	0'572	381'333		
4	0'05	30	1'5	0'0015	0'565	376'667		
5	0'05	30	1'5	0'0015	0'584	389'333		
6	0'05	30	1'5	0'0015	0'574	382'667		

Tabla 27. Resultados de acetona para el trabajador 1

ACETONA. TRABAJADOR 2 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/m ³)	C _{media} (mg/m ³)	ED (mg/m ³)
1	0'05	30	1'5	0'0015	0'572	381'333	192'222	192'222
2	0'05	30	1'5	0'0015	0'565	376'667		
3	0'05	30	1'5	0'0015	0'584	389'333		
4	0'05	30	1'5	0'0015	0'579	386'000		
5	0'05	30	1'5	0'0015	0'583	388'667		
6	0'05	30	1'5	0'0015	0'577	384'667		

Tabla 28. Resultados del tolueno para el trabajador 2

- Cobre

COBRE. TRABAJADOR 1 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en gel de sílice	1	0'031
		2	0'028
		3	0'029
		4	0'032
		5	0'031
		6	0'026

Tabla 29. Muestras del cobre para el trabajador 1

COBRE. TRABAJADOR 2 (4 h)			
ANÁLISIS	CAPTACIÓN	MUESTRA	MASA (mg)
Cromatógrafo de gases	Adsorción en gel de sílice	1	0'026
		2	0'025
		3	0'033
		4	0'036
		5	0'031
		6	0'028

Tabla 30. Muestras del cobre para el trabajador 2

COBRE. TRABAJADOR 1 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	1	200	200	0'2	0'031	0'155	0'074	0'074
2	1	200	200	0'2	0'028	0'140		
3	1	200	200	0'2	0'029	0'145		
4	1	200	200	0'2	0'032	0'160		
5	1	200	200	0'2	0'031	0'155		
6	1	200	200	0'2	0'026	0'130		

Tabla 31. Resultados del cobre para el trabajador 1

COBRE. TRABAJADOR 2 (4 h)								
MUESTRA	CAUDAL (L/min)	TIEMPO (min)	VOLUMEN (L)	VOLUMEN (m ³)	MASA (mg)	CONCENTRACIÓN (mg/ m ³)	C _{media} (mg/ m ³)	ED (mg/ m ³)
1	1	200	200	0'2	0'026	0'130	0'075	0'075
2	1	200	200	0'2	0'025	0'125		
3	1	200	200	0'2	0'033	0'165		
4	1	200	200	0'2	0'036	0'180		
5	1	200	200	0'2	0'031	0'155		
6	1	200	200	0'2	0'028	0'140		

Tabla 32. Resultados del cobre para el trabajador 2

De esta manera, se realizan otra vez los cálculos para la evaluación higiénica en función de cada trabajador y del puesto de trabajo en el cual se encuentre. A continuación, se encuentran los resultados de esta nueva evaluación.

RESULTADOS OBTENIDOS. TRABAJADOR 1 (4 h)					
PUESTO	CONTAMINANTE	ED (mg/ m ³)	VLA-ED (mg/ m ³)	ÍNDICE DE EXPOSICIÓN	VALORACIÓN
1	Xileno	91'400	221	0'414	I < 1, exposición aceptable
1	Alcohol isopropílico	252'514	500	0'505	I < 1, exposición aceptable
2	Tolueno	99'500	192	0'518	I < 1, exposición aceptable
2	Acetona	190'778	1210	0,158	I < 1, exposición aceptable
3	Cobre	0'074	0'2	0'369	I < 1, exposición aceptable

Tabla 33. Resultados obtenidos para el trabajador 1

RESULTADOS OBTENIDOS. TRABAJADOR 2 (4 h)					
PUESTO	CONTAMINANTE	ED (mg/ m ³)	VLA-ED (mg/ m ³)	ÍNDICE DE EXPOSICIÓN	VALORACIÓN
1	Xileno	107'350	221	0'476	I < 1, exposición aceptable
1	Alcohol isopropílico	258'556	500	0'517	I < 1, exposición aceptable
2	Tolueno	100'800	192	0'525	I < 1, exposición aceptable
2	Acetona	192'222	1210	0'159	I < 1, exposición aceptable
3	Cobre	0'075	0'2	0'373	I < 1, exposición aceptable

Tabla 34. Resultados obtenidos para el trabajador 2

Esta estrategia permite reducir a la mitad la exposición a los contaminantes, lo que garantiza que los empleados sean capaces de realizar sus tareas sin problemas y el riesgo se clasifique como aceptable.

En este caso práctico, se supone que la primera mitad de las muestras de todos los contaminantes químicos se tomaron mientras un operario trabajaba durante cuatro horas consecutivas. Luego se calculó su exposición diaria en esas horas y se comparó con el VLA-ED correspondiente. Después de las cuatro horas, otro operario continuó realizando la misma tarea, y las muestras obtenidas corresponden a la otra mitad de las tomadas en el capítulo anterior.

Además, es importante destacar que esta estrategia de rotación se implementa con el objetivo de proteger la salud de los trabajadores y minimizar su exposición a los contaminantes presentes en el entorno laboral. Al reducir la duración de la exposición y proporcionar periodos de descanso, se busca mantener un ambiente de trabajo seguro y saludable.

UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL. SEGUNDA MEDIDA PREVENTIVA

Se recomienda priorizar los controles en el lugar de trabajo en lugar de depender únicamente de equipos de protección. Sin embargo, hay ciertos trabajos, como aquellos realizados al aire libre, en áreas confinadas, ocasionalmente o durante la instalación de los controles, donde puede ser apropiado utilizar equipos de protección individual (EPIs).

Según la norma de la “OSHA (Occupational Safety and Health Administration) sobre Equipos de Protección Individual (Personal Protective Equipment), 29 CFR 1910 sección 132”, los empleadores deben determinar el EPI adecuado para cada situación de riesgo y capacitar a los empleados sobre su uso y cuándo utilizarlo.

En España, el “Real Decreto 773/1997” y el “Real Decreto 1407/1992” definen los EPIs como: “dispositivos o medios que una persona lleva o utiliza para protegerse de uno o varios riesgos que puedan amenazar su salud y seguridad”. Estos equipos son de uso individual y proporcionan protección al trabajador que los utiliza, como cinturones de seguridad, gafas, cascos, entre otros.

Los EPIs se deben utilizar cuando: “existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no se hayan podido evitar o limitar suficientemente mediante medios técnicos de protección colectiva o mediante la organización del trabajo”.

Es fundamental que los empleadores evalúen los riesgos en el lugar de trabajo y determinen si los controles técnicos o de organización son suficientes para proteger a los trabajadores. En caso de que no sean adecuados, se deben proporcionar los EPIs correspondientes y capacitar a los empleados sobre su uso adecuado.

Al seleccionar los equipos de protección individual (EPIs), el empleador debe llevar a cabo las siguientes acciones:

- Realizar un análisis y evaluación de los riesgos presentes que no puedan ser evitados o reducidos adecuadamente mediante otros medios.
- Establecer las características necesarias que los EPIs deben cumplir para garantizar su eficacia, considerando la naturaleza y gravedad de los riesgos a los que se enfrentarán, así como los posibles riesgos adicionales asociados a los propios equipos de protección o su uso.
- Verificar las características de los diferentes equipos de protección individual disponibles en el mercado.

Es importante destacar que la elección de los EPIs adecuados debe basarse en una evaluación exhaustiva de los riesgos laborales específicos y las necesidades de protección de los trabajadores. Además, el empleador debe considerar la calidad, el rendimiento y la compatibilidad de los equipos disponibles en el mercado para garantizar una protección efectiva.

Asimismo, es fundamental que el empresario proporcione información y formación adecuada a los trabajadores sobre el uso correcto de los EPIs seleccionados, así como sobre su mantenimiento y almacenamiento adecuados. La formación debe incluir instrucciones claras sobre cuándo y cómo utilizar los equipos de protección, así como la importancia de su correcta utilización para garantizar la seguridad y salud en el trabajo.

Guantes de protección

- Guantes de nitrilo

Los guantes de nitrilo sin polvo son una excelente elección para la mayoría de las obras de arte. Estos guantes ofrecen características no reactivas similares a los guantes de

algodón, pero tienen la ventaja adicional de no absorber humedad ni desprender pelusas que puedan dañar los objetos manipulados. Son especialmente útiles para garantizar una manipulación segura y el envío de artículos lisos. Estos guantes suelen estar disponibles en colores como azul o morado, lo que facilita su identificación y diferenciación.



Figura 39. Guantes de nitrilo en el proceso de restauración de un lienzo

- Guantes de algodón

Los guantes de algodón son ampliamente usados por los profesionales que manipulan obras de arte en todo el mundo. Estos guantes, de color blanco, son populares debido a que gracias a su uso no se dejan huellas dactilares en las piezas y al hecho de que el algodón presenta unas características no reactivas. Han sido reconocidos como una elección clásica para garantizar la manipulación y el transporte seguros de las obras de arte.

El color blanco de los guantes de algodón también es beneficioso, ya que facilita la detección de suciedad y manchas, lo que indica cuándo es necesario reemplazar el par. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los guantes de algodón tienen limitaciones. Pueden absorber el sudor, el aceite de las manos y la humedad de la piel, lo que los hace menos adecuados para todas las obras de arte, especialmente aquellas que requieren un control estricto de la humedad o que son especialmente sensibles a la contaminación.



Figura 40. Manipulación de arte utilizando guantes de algodón

- **Guantes de trabajo**

Los guantes de trabajo son de vital importancia cuando se requiere manejar obras de arte de gran tamaño. Especialmente en situaciones como la manipulación de esculturas al aire libre o el movimiento de muebles pesados, es recomendable utilizar guantes de trabajo resistentes para mejorar el agarre y la protección. Es fundamental asegurarse de que los guantes estén limpios y en buen estado, lo que garantizará su eficacia incluso al tratar con objetos resbaladizos.

Es importante destacar que existen diferentes tipos de guantes de trabajo según las necesidades específicas de la tarea a realizar. Algunos guantes están diseñados con características adicionales, como mayor resistencia a la abrasión o un mejor agarre en superficies resbaladizas. Por lo tanto, al elegir los guantes de trabajo para manejar grandes obras de arte, se recomienda considerar aquellos que se ajusten mejor a las exigencias de la tarea en cuestión.

Máscaras y respiradores

- **Mascarillas contra polvo y partículas finas**

Los respiradores desechables, también conocidos como mascarillas para el polvo, brindan protección contra partículas irritantes y polvo. Existen diferentes tipos de respiradores según su diseño y capacidad de filtración.

Las mascarillas de un cuarto de cara son respiradores utilizados en combinación con cartuchos o filtros de tela. Estas mascarillas cubren desde la parte superior de la nariz hasta la parte superior del mentón, ofreciendo una protección eficaz. Sin embargo, es importante tener en cuenta que debido a su tamaño más reducido, estas mascarillas pueden ofrecer una mayor resistencia a la respiración en comparación con las mascarillas de mayor tamaño.

Por otro lado, los respiradores de media cara se colocan desde la parte inferior del mentón hasta la parte superior de la nariz. Estos respiradores utilizan uno o dos cartuchos para filtrar el aire y son desechados una vez que han alcanzado su límite de uso. La mascarilla de media cara cuenta con cartuchos aprobados para proteger contra diferentes elementos, como pesticidas, vapores orgánicos, polvos, aerosoles, gases ácidos, amoníaco y combinaciones de estos.



Figura 41. Mascarilla con válvula contra polvo

Gafas de protección

- **Protectores oculares**

La norma “UNE-EN 166” establece los criterios y estándares que deben cumplir los protectores oculares utilizados en diversos entornos laborales. Estos requisitos están diseñados para garantizar la seguridad y protección adecuada para los usuarios.

Los requisitos básicos especificados en la norma incluyen aspectos relacionados con las propiedades ópticas de los protectores, como la calidad de la visión proporcionada, la transmisión de luz adecuada y la difusión controlada de la luz. Además, se considera la calidad de los materiales utilizados en la fabricación de los protectores y la calidad de las superficies para evitar distorsiones o afectaciones visuales.

Asimismo, la norma establece requisitos de resistencia para garantizar la durabilidad y protección efectiva de los protectores oculares. Esto incluye la resistencia mínima requerida para soportar impactos y fuerzas mecánicas, así como la resistencia al envejecimiento y a la corrosión para asegurar su integridad y rendimiento a lo largo del tiempo.

Batas o trajes de protección

- **Bata de laboratorio**

En la mayoría de los laboratorios de conservación se proporcionan diversas opciones de delantales y batas de laboratorio para el personal. Estas batas cumplen la función de proteger a los trabajadores, incluyendo su ropa, de posibles salpicaduras de productos químicos, suciedad, moho y otras sustancias a las que pueden estar expuestos.

Las batas de laboratorio brindan protección contra salpicaduras y goteo de agua durante tratamientos acuosos, derrames de adhesivos... Por último, durante situaciones de respuesta a desastres o eventos de preservación, las batas de laboratorio permiten que el personal sea fácilmente reconocible e identificable.



Figura 42. Trabajadores usando batas de laboratorio

RECOMENDACIONES

Como conclusión de la presente investigación, se presentarán una serie de recomendaciones previamente discutidas con el propósito de prevenir cualquier tipo de riesgo en nuestra empresa:

- Se recomienda implementar rotaciones entre los operarios durante la jornada laboral, estableciendo turnos de cuatro horas. Esta medida es crucial, ya que resulta inviable trabajar en condiciones en las cuales la exposición a contaminantes químicos sea inaceptable.
- Es aconsejable utilizar equipos de protección individual (EPIs), con el objetivo de prevenir la penetración de cualquier contaminante químico a través de las vías de exposición.
- Se recomienda llevar a cabo un adecuado mantenimiento de todos los equipos de protección y kits de primeros auxilios, a fin de evitar un deterioro prematuro. Asimismo, es fundamental realizar inspecciones periódicas para asegurar que se encuentren en óptimas condiciones y puedan desempeñar su función de manera adecuada.
- Se aconseja que los trabajadores se sometan regularmente a controles médicos, con el propósito de supervisar que las dosis a las que se encuentran expuestos durante la realización de los tratamientos superficiales no afecten negativamente su estado de salud.

Estas recomendaciones, si son implementadas de manera rigurosa, contribuirán a garantizar un entorno laboral seguro y protegido para todos los colaboradores de nuestra empresa.

CONCLUSIONES FINALES

En primer lugar, la naturaleza misma de los talleres de obras de arte a menudo implica la presencia de diversos materiales y procesos creativos que pueden generar riesgos específicos. Estos riesgos pueden incluir exposición a productos químicos tóxicos, emisiones de partículas, manipulación de objetos pesados y afilados, así como riesgos ergonómicos relacionados con posturas incómodas o repetitivas.

A lo largo de la investigación para este Trabajo Fin de Grado, me parece importante mencionar la falta de regulaciones específicas y protocolos de seguridad dirigidos a los talleres de obras de arte. A diferencia de otros sectores industriales más convencionales, los talleres de obras de arte no cuentan con estándares claros y específicos en materia de salud y seguridad laboral. Esto puede llevar a una falta de conciencia sobre las mejores prácticas y medidas preventivas necesarias para proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

Además, en muchos casos, los talleres de obras de arte suelen ser entornos de trabajo pequeños o independientes, donde no hay una supervisión o control riguroso por parte de autoridades laborales o entidades reguladoras. Esto puede contribuir a una falta de seguimiento y cumplimiento de las normas de seguridad laboral.

Los talleres de obras de arte presentan riesgos laborales significativos, pero la falta de regulaciones específicas, la cultura creativa y la falta de conciencia sobre las mejores prácticas son factores clave que contribuyen a la falta de control en cuanto a los riesgos laborales en estos entornos. Es fundamental promover una mayor conciencia, educación y regulación para garantizar la protección de la salud y seguridad de los trabajadores en el campo de las obras de arte.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Ricardo E. J. Ferrari (2012). La importancia del trabajo para la vida humana y el flagelo de la desocupación. VII Jornadas de Sociología de la UNLP. Departamento de Sociología de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, La Plata.
<https://www.academica.org/000-097/366.pdf>
- 2.- Pilar González Navarro, F. J. Gracia, Marisa Salanova Soria (1996). Revista de psicología del trabajo y de las organizaciones = Journal of work and organizational psychology, ISSN 1576-5962, Vol. 12, Nº 1, págs. 27-50.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=109525#:~:text=El%20trabajo%20es%20un%20rol,p.c.%20familia%20o%20tiempo%20libre>).
- 3.- Gavidia, Valentín Talavera, Marta (2012). Didáctica de las ciencias experimentales y sociales. La construcción del concepto de salud, págs. 161-175.
<https://www.uv.es/comsal/pdf/Re-Esc12-Concepto-Salud.pdf>
- 4.- Organización Mundial de la Salud. Constitución (1946). Principios establecidos en el preámbulo de la Constitución.
<https://www.who.int/es/about/governance/constitution>
- 5.- OSHA Office of Training and Education. Industrial Hygiene.
osha.gov/sites/default/files/training-library_industrial_hygiene.pdf
- 6.- Guillermo García González (2007). Tesis Doctoral. Orígenes y Fundamentos de la Prevención de Riesgos Laborales en España (1873-1907).
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5232/ggg1de1.pdf>
- 7.- Alejandro Vega González (2019). Trabajo Fin de Grado. La primera ley de accidentes de trabajo en España: Ley Dato, origen y principales aportaciones.
<http://193.147.134.18/bitstream/11000/7483/1/TFG-Vega%20Gonz%C3%A1lez%2C%20Alejandro.pdf>
- 8.- «Gaceta de Madrid» núm. 119, de 29 de abril de 1900, páginas 495 a 496 (2 págs.) Ministerio de la Gobernación. BOE-A-1900-2822. Ley sobre accidentes del trabajo.
<https://www.boe.es/datos/pdfs/BOE//1900/119/A00495-00496.pdf>
- 9.- Alba Zapata García (2014). Trabajo Fin de Grado. Evolución Histórica de la Prevención de Riesgos Laborales. Estudio de Caso: La Ladrillera Murciana S.A.(1923).
<https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/42528/6/EVOLUCI%c3%93N%20%20%20%20HIST%c3%93RICA%20%20%20%20DE%20%20%20%20LA%20%20%20%20PREVENC%c3%93N%20%20%20%20DE%20%20%20%20RIESGOS%20%20%20%20LABORALES..pdf>
- 10.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. (2022) Informe sobre el estado de la seguridad y salud laboral en España. 2020.
<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Informe+sobre+el+estado+de+la+seguridad+y+salud+laboral+en+Espa%C3%B1a+2020.pdf/f90e09c0-4df0-b7da-4f7d-219c902b6096?t=1671132537938>
- 11.- GES Consultores. (2016). Seguridad e Higiene Industrial. Buenos Aires: GES Consultores.

https://ashconsultores.com.ar/wp-content/uploads/2019/06/Libro_Seguridad_e_Higiene_industrial_ges.pdf

12.- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (s.f.). Capítulo 30. Higiene industrial. Robert F. Herrick.

<https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+30.+Higiene+industrial>

13.- Fundación para la Formación e Investigación Industrial (F2I2). (2005). Seguridad Industrial. Madrid: Díaz de Santos.

http://www.f2i2.net/web/publicaciones/libro_seguridad_industrial/lis.pdf

14.- Iberley. (s.f.). Tipos de accidente de trabajo.

<https://www.iberley.es/temas/tipos-accidente-trabajo-62920>

15.- FREMAP. (s.f.). Tipología del accidente de trabajo según lugar [PDF].

<https://www.fremap.es/pdf/Tipologia%20del%20accidente%20de%20trabajo%20segun%20lugar.pdf>

16.- Grupo IOE. (s.f.). Tipos de accidentes laborales.

<https://www.grupoioe.es/tipos-de-accidentes-laborales/>

17.- Accidente en el trabajo: consideraciones básicas. (s.f.).

<https://www.vinateatoyama.com/accidente-en-el-trabajo-consideraciones-basicas/#:~:text=Al%20mismo%20tiempo%2C%20el%20accidente,de%20las%20funciones%20del%20mismo.>

18.- Higiene industrial. Tema: Actuación de la higiene ocupacional. Nelson Moyano.

<https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/2218/Actuaci%C3%B3n%20de%20la%20higiene%20ocupacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Las%20ramas%20son%3A%20Higiene%20Te%C3%B3rica,Higiene%20Anal%C3%ADtica%20e%20Higiene%20Operativa.>

19.- J.C. Díaz-Calleja. (2010). Consideraciones para la seguridad e higiene en la exposición laboral a agentes químicos.

<http://www.fiso-web.org/content/files/articulos-profesionales/4484.pdf>

20.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2022). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos.

<https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+qu%C3%ADmicos+2022.pdf/bfe7dcf0-ca98-1fb8-8c1b-87054dc79681?t=1674065842513>

21.- Unión Europea. (2008). Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. Diario Oficial de la Unión Europea, L 353/1.

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:ES:PDF>

22.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2021). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos relacionados con los lugares de trabajo.

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+qu%C3%ADmicos+relacionados+con+los+lugares+de+trabajo/7ff71954-0742-4cf4-bc30-7a9ffea37429>

- 23.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2020). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos. <https://www.insst.es/documents/94886/789467/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposici%C3%B3n+a+agentes+biol%C3%B3gicos.pdf/f2f4067d-d489-4186-b5cd-994abd1505d9?t=1605800483796>
- 24.- CETYS Universidad. (s.f.). Conceptos básicos de seguridad industrial. <https://www.cetys.mx/educon/conceptos-basicos-de-seguridad-industrial/#:~:text=Se%20denomina%20seguridad%20industrial%20a,e%20incluso%20las%20enfermedades%20ocupacionales.>
- 25.- Termiser Protecciones. (s.f.). Medidas de seguridad en una empresa industrial. <http://termiserprotecciones.com/medidas-seguridad-una-empresa-industrial/>
- 26.- Escuela de Restauración y Conservación de Bienes Culturales de Aragón. (s.f.). Restauración y conservación. <https://www.escueladerestauracion.es/?p=145>
- 27.- Arturo Gómez Pompa. (s.f.). Historia de la restauración: los inicios. <http://www.adabi.org.mx/publicaciones/artEsp/ccre/historiaRestauraci%C3%B3n1.pdf>
- 28.- Enciclopedia Britannica. (s.f.). Art conservation and restoration: Paintings on canvas. <https://www.britannica.com/art/art-conservation-and-restoration/Paintings-on-canvas>
- 29.- Lowy1907. (s.f.). How to Protect Your Artworks from Temperature and Humidity Damage [Figura 1]. <https://www.lowy1907.com/how-to-protect-your-artworks-from-temperature-and-humidity-damage/>
- 30.- National Portrait Gallery. (s.f.). Conservation treatment of a portrait of Anne Boleyn. <https://www.npg.org.uk/collections/research/programmes/making-art-in-tudor-britain/case-studies/conservation-treatment-of-a-portrait-of-anne-boleyn>
- 31.- Nebraska State Historical Society. (s.f.). Conservation tools: Heat and suction table. <https://history.nebraska.gov/conservation-tools-heat-and-suction-table/>
- 32.- The Frame Gallery. (s.f.). April blog: Foxing. <https://tienda.arteymemoria.com/en/conservation-machines/266-cold-suction-table.html>
- 33.- ScienceDirect. (2017). Prevention of deterioration of rock carvings due to salt weathering [PDF]. [https://web.archive.org/web/20170813034512/http://data2.xjlas.ac.cn:81/UploadFiles/sdz/cnki/%E5%A4%96%E6%96%87/ELSEVIER/deterioration\(environment%20science\)/1.pdf](https://web.archive.org/web/20170813034512/http://data2.xjlas.ac.cn:81/UploadFiles/sdz/cnki/%E5%A4%96%E6%96%87/ELSEVIER/deterioration(environment%20science)/1.pdf)
- 34.- The Frame Gallery. (s.f.). April blog: Foxing. <https://theframe-gallery.co.uk/april-blog-foxing/>
- 35.- Galiana, J. (s.f.). Memoria de la intervención de la escultura, realizada en piedra, El Ángel de Sedziszów [PDF]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61842/GALIANA%20%20MEMORIA%20DE%20LA%20INTERVENCION%20DE%20LA%20ESCULTURA%20C%20R>

EALIZADA%20EN%20PIEDRA%2C%20EL%20C%81NGEL%20DE%20SEDZISZ%2C%93W.pdf?sequence=1&isAllowed=y

36.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). Valoración de la exposición a agentes químicos.

<https://www.iberley.es/temas/valoracion-exposicion-agentes-quimicos-64138>

37.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2007). NTP 406: Valoración de la exposición laboral a agentes químicos.

https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_406.pdf/bb682bf1-a908-49ac-9c81-286e74def4ef?version=1.1&t=1680164544026#:~:text=La%20evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20exposici%C3%B3n,las%20actuaciones%20preventivas%20a%20emprender.

38.- Zóbel, F. (s.f.). Restauración de arte.

<https://recursos.march.es/web/arte/cuenca/exposiciones/zobel/pdf/zobel-restaura.pdf>

39.- Delgado, R. (s.f.). Una pintura académica de Fermín Alegre Monferrer (Teruel, 1947-1996): Estudio técnico y propuesta de intervención [PDF].

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/186086/Delgado%20-%20UNA%20PINTURA%20ACADEMICA%20DE%20FERMIN%20ALEGRE%20MONFERRER%20TERUEL%201947-1996%20ESTUDIO%20TECNICO%20Y%20PRO....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

40.- Restauratie Atelier. (s.f.). Removing varnish from an oil painting.

<https://www.restauratieatelier.com/en/removing-varnish-from-an-oil-painting-2/#:~:text=gels%20and%20emulsions-,There%20are%20water%2Dbased%20gels%20such%20as%20Xanthan%2C%20Pemulen%2C,varnish%20from%20an%20oil%20painting.>

41.- Artenet. (s.f.). Cleaning.

<https://artenet.it/en/cleaning/>

42.- Galiana, J. (s.f.). Memoria de la intervención de la escultura, realizada en piedra, El Ángel de Sedziszów [PDF].

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61842/GALIANA%20-%20MEMORIA%20DE%20LA%20INTERVENCION%20DE%20LA%20ESCULTURA%20REALIZADA%20EN%20PIEDRA%20EL%20ANGEL%20DE%20SEDZISZOW.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

43.- Carl Roth. (s.f.). Alcohol isopropílico, 2-propanol, para análisis.

<https://www.carlroth.com/medias/SDB-9488-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNTA1NzJ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oNTEvaDY3LzkwNDkyMDcyNzU1NTAucGRmfDFhOWQ5MTA5MjMzMTkzOTg5NGY5ZDAzZTg4ZDQyYjQwYzZiNDZjMTk5Y2QzMjkyNTBhYWVmZDlyNzY2YTU>

44.- GE. (s.f.). Klucel™ G [PDF].

https://www.ge-iic.com/files/fichas%20productos/klucel_g.pdf

45.- Fisher Scientific. (s.f.). Tween* 20.

https://www.fishersci.es/store/msds?partNumber=10113103&productDescription=100ML+Tween*+20&countryCode=ES&language=es

46.- Carl Roth. (s.f.). Alcohol etílico, 96%, rectificado, para análisis.
<https://www.carlroth.com/medias/SDB-9065-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGFOYXNoZWV0c3wyODM1ODB8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGFOYXNoZWV0cy9oYjAvaDc5LzkwOTU3MzY1MjQ4MzAucGRmfGIOMGJIYjU3OTE0MDNmODMwMzM4OGU1YTk1MmZmMmNmMjMDg3MGMxNDM1NGQ4NDM4MjA1ODhINDdjZGZlODk1Zjc>

47.- ABP Coatings. (s.f.). Alcohol isopropílico.
<https://www.abpcoatings.com/wp-content/uploads/2019/02/Alcohol-Isopropilico.pdf>

48.- Mercuria Energy Trading. (s.f.). Naphtha (petroleum), heavy catalytic cracked.
https://www.mercuria.com/sites/default/files/ES_SDS_Naphtha%20%28petroleum%29%2C%20heavy%20catalytic%20cracked_SDS%20SGS%20GHS%20%28Reach%20ANNEXII%29_201524_MERCURIA-22_NR%20%28CM%29_0.pdf

49.- Carl Roth. (s.f.). Dicromato de potasio.
<https://www.carlroth.com/medias/SDB-T139-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGFOYXNoZWV0c3wzMDYyMTJ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGFOYXNoZWV0cy9oYjYyYvaGI1LzkwNzA3MTk2OTY5MjYucGRmfDNkMWZlYjRkN2YwYmY1OWUyYTBjODAwY2I3NzE2MTdjZjc5Nzg2ZWZWMzOTIzNWYwMDA1Y2RhNDVIMDQzNmMwMmE>

50.- Carl Roth. (s.f.). Ácido nítrico, concentrado, fumante.
<https://www.carlroth.com/medias/SDB-7328-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGFOYXNoZWV0c3wyOTA1ODI8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGFOYXNoZWV0cy9oZmIvaGEwLzkwNzA3MTk2OTY5MjYucGRmfDg0N2U3ZTY4ZjU3ZmNIN2QzODdlY2U3OWY4Nzk3Mzg3Nzk5MmY2OTNmNmZkNjU2NmFiNGZlZjIhYTYxYTEwNDU>

51.- Química Pima. (s.f.). Bicarbonato de amonio.
[http://www.quimicapima.com/pdf/Bicarbonato%20de%20amonio%20\(HDS-SGA\).pdf](http://www.quimicapima.com/pdf/Bicarbonato%20de%20amonio%20(HDS-SGA).pdf)

52.- Merck Millipore. (s.f.). MDA_CHEM-101160.
https://www.merckmillipore.com/ES/es/product/msds/MDA_CHEM-101160?Origin=PDP

53.- Isquisa. (s.f.). Goma Xantana [PDF].
<https://isquisa.com/assets/files/HDSLISTOS/OTROS/HDS-Goma%20Xantana..pdf>

54.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). NTP 526: Metanol: Propiedades, riesgos y medidas preventivas.
https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_059_A06.pdf/f0f3e702-0347-4679-b0d4-3abfacf4eb18#:~:text=Las%20muestras%20de%20la%20mezcla,vapores%20adsorbidos%20sobre%20el%20carb%C3%B3n.

55.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). MA_030_A92: Hexano.
https://www.insst.es/documents/94886/359043/MA_030_A92.pdf/ac88773d-81a9-4408-854d-d2451d16a2c7

56.- Márquez, R. et al. (2010). Chemical exposure measurements in art restoration [PDF].
https://www.researchgate.net/publication/222568076_Chemical_exposure_measurements_in_art_restoration/figures?lo=1

57.- NORMA UNE EN 689 Atmósferas en el lugar de trabajo Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

58.- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). NTP 526: Metanol: Propiedades, riesgos y medidas preventivas.

https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_526.pdf/6106bde0-c213-48a6-9b22-6fb9f9a1d37d

59.- Fine Art Shippers. (s.f.). Which Gloves to Choose for Art Handling?

<https://fineartshippers.com/which-gloves-to-choose-for-art-handling/>

60.- Texas Department of Insurance. (s.f.). Types of Respirators for Your Workplace [PDF].

<https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcesp/spstptypesofres.pdf>

61.- Asociación Española de Normalización (AENOR). UNE-EN 166.

62.- Sanz López, M. (2011). Desarrollo de pinturas al silicato como recubrimientos inorgánicos para materiales de construcción [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid].

https://oa.upm.es/11107/2/TESIS_MASTER_MARIO_SANZ_LOPEZ.pdf