



**Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Instituto Nacional de Seguros**

**Laboratorio de Higiene Analítica  
Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental**

**Informe Final**

**Mejoramiento de las Condiciones de Seguridad e  
Higiene Laboral en el sector construcción en  
Costa Rica**

**Investigadores:**

Ing. María Gabriela Hernández G.  
Ing. Esteban Arias Monge  
Bach. María Gabriela Rodríguez Z.  
Ing. Tannia Araya Solano  
Ing. Carlos Mata Montero, M.A.P  
Máster Lourdes Medina E.

Período de Ejecución

**2010-2012**

### **Agradecimientos:**

A las empresas que tan amablemente nos abrieron sus puertas y nos permitieron desarrollar este proyecto.

A la Ing. Margarita Martínez, por su valioso apoyo en la revisión de los datos y retroalimentación del informe final.

A los compañeros de la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental del TEC que nos brindaron su apoyo durante la evolución de las diferentes fases del estudio.

Al Departamento de Gestión Empresarial en Salud Ocupacional del INS que nos apoyo durante el desarrollo del proyecto.

## Resumen

La industria de la construcción constituye un ambiente complejo de trabajo: un gran número de trabajadores, ubicaciones temporales, materiales peligrosos, maquinaria y equipo pesado, puestos de trabajo variados y ambientes muy cambiantes, lo que puede generar problemas de salud y provocar accidentes de trabajo. El objetivo de este estudio fue generar información sobre riesgos químicos, físicos, ergonómicos y de seguridad que permitan la toma de decisiones para el mejoramiento de las condiciones de trabajo para sector construcción en Costa Rica.

Se tomó como grupo de estudio a 11 empresas del sector con trabajadores asegurados bajo el Régimen del Trabajo del INS. La selección de la muestra fue no probabilística. Para las evaluaciones en el tema de Seguridad se utilizaron listas de verificación a partir de las cuales se verificó el porcentaje de conformidad en cada uno de los rubros contemplados y se hicieron relaciones estadísticas entre actividades y empresas. Para los agentes físicos se utilizaron equipos de lectura directa para medir ruido, iluminación, calor y vibraciones. La exposición a agentes químicos se evaluó a partir de muestreos personales para material particulado, polvo de madera, humos metálicos (hierro, manganeso y cromo) y sílice. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Higiene Analítica del ITCR. Para el análisis Ergonómico se utilizaron herramientas para cuantificar el riesgo según los métodos REBA (Rapid Entire Body Assessment) y de Posturas Forzadas.

Se estimó que zanjas y excavaciones, andamios fijos y limpieza y mantenimiento fueron los rubros en los que se encontraron la mayor cantidad de no conformidades en seguridad. El ruido podría estar generando problemas a nivel ocupacional, pues los valores de Nivel Sonoro Continuo Equivalente encontrados superan la normativa independientemente del tipo de tarea, tipo de maquinaria o empresa estudiada. El análisis general de los datos para posturas forzadas y REBA indicó que para las empresas la mayoría de los riesgos se pueden agrupar como medios y altos. Se distinguen las tareas de romper, repellar, colocación de gypsum y palear, como aquellas donde se obtuvieron la mayor cantidad de trabajadores con un nivel de riesgo alto (4). En todas las empresas se determinó sobreexposición a polvo de madera inhalable. El análisis general mostró una situación de sobreexposición a material particulado. Para manganeso se estimó que los niveles de exposición ocupacional eran inferiores al límite permitido en cinco de las ocho empresas evaluadas. Para hierro se determinó sobreexposición en siete de las ocho empresas evaluadas. No se detectó la presencia de cromo en ninguna de las muestras.

Con los resultados obtenidos se espera que el sector Construcción en Costa Rica pueda iniciar a implementar medidas de control de modo que se puedan disminuir los riesgos detectados y contribuir con la salud laboral de los trabajadores.

**Palabras Claves:** Construcción, exposición ocupacional, seguridad laboral, higiene industrial, Ergonomía.

## Contenido

1.	Introducción.....	1
2.	Objetivos.....	3
2.1	General.....	3
2.2	Específico.....	4
3.	Metodología.....	4
3.1	Tipo de estudio .....	4
3.2	Fuentes de información .....	4
3.2.1	Fuentes Primarias .....	4
3.2.2	Fuentes secundarias .....	4
3.3	Selección de la muestra .....	5
3.4	Herramientas de diagnóstico .....	5
3.4.1	Revisión de literatura técnica .....	5
3.4.2	Encuesta higiénica .....	5
3.4.3	Método de muestreo .....	6
3.4.4	Estrategia de muestreo.....	6
3.4.5	Bitácora de muestreo .....	6
3.4.6	Listas de verificación, cuestionarios y entrevistas con personal administrativo y operativo .....	7
3.5	Herramientas de análisis .....	7
3.5.1	Factores de riesgo en Seguridad y Ergonomía.....	7
3.5.2	Factores de riesgo en Agentes Químicos y Físicos.....	7
4.	Resultados y Discusión.....	9
4.1	Condiciones de Seguridad .....	10
4.2	Agentes Físicos.....	17
4.2.1	Ruido .....	17
4.2.2	Iluminación.....	22
4.2.3	Condiciones Termohigrométricas.....	27
4.2.4	Vibraciones.....	31
4.3	Ergonomía .....	37
4.4	Agentes Químicos .....	46
4.4.1	Polvo de Madera.....	47
4.4.2	Polvo Total .....	49
4.4.3	Sílice.....	52
4.4.4	Humos metálicos de Hierro, Cromo y Manganeso .....	55
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	62
6.	Bibliografía.....	65
7.	APÉNDICE .....	68
	APÉNDICE 1: LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONDICIONES DE SEGURIDAD EN CONSTRUCCIÓN.....	69

## Índice de tablas

Tabla 1: Estado general de las observaciones realizadas a los proyectos constructivos	15
Tabla 2: Número de audiometrías por empresa	17
Tabla 3: Descripción de tareas evaluadas en audiodosimetrías	19
Tabla 4: Descripción de audiodosimetrías por tipo de equipo evaluado	21
Tabla 5: Distribución de las mediciones de iluminación por constructora	23
Tabla 6: Descripción de tareas evaluadas en iluminación	25
Tabla 7: Condiciones ambientales promedio por constructora para espacios internos	30
Tabla 8: Condiciones ambientales promedio por constructora para espacios externos	30
Tabla 9: Distribución de las evaluaciones de vibración por empresa	31
Tabla 10: Aceleración en ejes X, Y, Z ( $m/s^2$ ) y valor de A(8) ( $m/s^2$ ) para vibración de cuerpo entero por equipo	32
Tabla 11: Aceleración ponderada ( $m/s^2$ ) y valor de exposición diaria A (8) ( $m/s^2$ ) de los equipos evaluados	36
Tabla 12: Distribución de las evaluaciones ergonómicas por empresa	37
Tabla 13: Descripción de tareas incluidas en el análisis de posturas forzadas	37
Tabla 14: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvo de madera fracción inhalable por empresa	47
Tabla 15: Descripción de las tareas evaluadas para polvo total	49
Tabla 16: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvo total, por empresa	50
Tabla 17: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvo total por tarea	52
Tabla 18: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a sílice respirable	52
Tabla 19: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a sílice respirable, por tarea	54
Tabla 20: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por empresa	55
Tabla 21: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por empresa	57
Tabla 22: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por tipo de actividad	59
Tabla 23: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por tipo de actividad	60

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Algunos aspectos de seguridad observados en los proyectos de construcción _____	12
Ilustración 2: Tareas evaluadas donde hay generación de ruido _____	17
Ilustración 3: Contrastes en niveles de iluminación en los proyectos _____	22
Ilustración 4: Operación del brincón 1 en tierra arenosa y grava con cemento respectivamente _____	33
Ilustración 5: Utilización del brincón 2 _____	34
Ilustración 6: Uso de las rompedoras 1, 2 y 3 _____	34
Ilustración 7: Posturas de trabajo adoptadas durante el uso de las rompedoras 1, 2 y 3 _____	35
Ilustración 8: Uso de la planadora de adoquines _____	35
Ilustración 9: Posturas Forzadas _____	41
Ilustración 10: Exposición a diversos agentes químicos _____	46

## Índice de figuras

Figura 1: Rubros incluidos en la lista de verificación de condiciones de seguridad y el valor porcentual para cada uno.....	10
Figura 2: Grado de conformidad de la lista de seguridad por empresa constructora .....	11
Figura 3: Grado de conformidad de los rubros de seguridad evaluados por proyecto .....	11
Figura 4: Comparación del porcentaje de conformidad en constructoras con/sin encargado de seguridad en el proyecto .....	12
Figura 5: Porcentajes de conformidad de la lista de seguridad para las empresas participantes .....	14
Figura 6: Porcentaje de conformidad para cada rubro evaluado en la lista de seguridad .....	14
Figura 7: Gráfico comparativo del grado de conformidad de las constructoras según avance de la obra ..	16
Figura 8: Distribución de frecuencias para los NSCE (dB(A)) .....	18
Figura 9: Valores de NSCE (dB(A)) de los trabajadores por constructora.....	18
Figura 10: Valores promedio y límites de confianza para los NSCE (dB(A)) por empresa .....	19
Figura 11: Valores de promedio y límites de confianza para los NSCE (dB(A)) por tarea.....	20
Figura 12: NSCE (dB(A)) según tipo de equipo .....	21
Figura 13: Intensidad lumínica para las tareas efectuadas en interiores y exteriores de los proyectos.....	23
Figura 14: Intensidad lumínica para las empresas E y G de datos mayores a 1 000 luxes .....	24
Figura 15: Intensidad lumínica por empresa para los datos menores a 2 000 luxes .....	25
Figura 16: Niveles de intensidad lumínica por tarea .....	26
Figura 17: Gráfico del índice de TGBH en el interior de la obra en construcción .....	28
Figura 18: Gráfico del índice de TGBH en el exterior de la obra en construcción.....	29
Figura 19: Análisis de riesgo para posturas forzadas por constructora.....	40
Figura 20: Análisis general de posturas forzadas .....	41
Figura 21: Niveles de riesgo para posturas forzadas según tarea .....	42
Figura 22: Número de trabajadores según categoría de riesgo del REBA por constructora.....	44
Figura 23: Número de trabajadores en general según categoría de riesgo del REBA .....	44
Figura 24: Número de trabajadores según categoría de riesgo del REBA por tarea.....	45
Figura 25: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvo de madera por empresa .....	48
Figura 26: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvo total por empresa.....	50
Figura 27: Dispersión de datos de las concentraciones de polvo total por constructora.....	51
Figura 28: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvo total por tarea .....	52
Figura 29: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a sílice respirable .....	53
Figura 30: Dispersión de datos de las concentraciones de sílice respirable por constructora.....	53
Figura 31: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a sílice respirable, por tipo de actividad .....	55
Figura 32: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por empresa.....	56
Figura 33: Dispersión de datos de las concentraciones de polvos y humos de manganeso, por constructora .....	56
Figura 34: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por empresa.....	58
Figura 35: Dispersión de datos de las concentraciones de polvos y humos de hierro, por constructora .....	58
Figura 36: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por tarea .....	60
Figura 37: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por tarea .....	60

## 1. Introducción

El sector de la construcción en Costa Rica ha experimentado importantes cambios en los últimos años. La cantidad de metros cuadrados de construcción de los últimos 15 años, muestran una tendencia al crecimiento, dado que pasan de 1,5 millones en 1991, a 7,1 millones de metros cuadrados en el 2007, lo que implica un aumento del 369,3%, aunque no sostenido, pues se registran años donde hubo decrecimiento (CCC, 2008).

En el 2007 el crecimiento del sector fue superior al 20%, lo que implicó un incremento de más de un millón doscientos mil metros cuadrados, con respecto al 2006. La vivienda representó el tipo de construcción con mayor participación con un 67,13% y la provincia de San José la que más permisos de construcción registró (24,16%) en este periodo (CCC, 2008).

A febrero del 2008 (datos acumulados), el desarrollo de la Industria de la Construcción en el país se ha diversificado y actualmente existen dos grandes focos: el área metropolitana y las zonas costeras. San José, Alajuela, Cartago y Heredia representan el 64,46%, mientras que Guanacaste, Puntarenas y Limón tienen un peso del 35,54% (INS, 2007).

Entre los años 2008 y 2010, el sector atravesó por una fuerte crisis, sin embargo ya para el 2011 la Cámara Costarricense de la Construcción indicó un aumento en la actividad y se ve con optimismo hacia el futuro. En el 2010, se calculó el número de trabajadores en cerca de 104.500, la mayoría con edades entre 20-25 y los 45-55 años.

La alta incidencia y severidad de accidentes en el sector construcción ocupó en el año 2006 el segundo lugar tanto en el índice de incidencia como de gravedad para Costa Rica. La cobertura del régimen de riesgos del trabajo para ese año fue de un 74%, con respecto a la población asalariada ocupada. Se observó una tendencia de aumento en el número de pólizas y número de trabajadores incluidos en el seguro de riesgos del trabajo, llegándose a un incremento de hasta un 81% y 19% respectivamente entre los años 2005 y 2006 (INS, 2007).

Entre los años 2000-2006 la participación de la población económicamente activa entre 20-25 años y entre 40-55 años se ha incrementado en este sector. El 27% de las pólizas emitidas por el régimen de riesgos del trabajo pertenecen al sector construcción,

protegiendo al 8% de la población asegurada en Costa Rica durante el año 2006. El 16% de los costos por atención de accidentes fueron invertidos en la atención de accidentes en el sector construcción (INS, 2007).

El problema de la industria de la construcción está presente en muchos países del mundo. En Estados Unidos, este sector emplea al 7% de la fuerza de trabajo y registra el 22,6% de todas las muertes relacionadas al trabajo (BLS, 2004).

El Instituto Nacional de Seguros registró en el 2006 un total de 78.300 trabajadores asegurados bajo la Póliza de Riesgos de Trabajo. Durante este periodo, se registraron 18.528 accidentes para un total de 286.651 días de incapacidad. Aunque la mayoría de estos accidentes se produjeron por aspectos de seguridad, también se registra un número importante de enfermedades relacionadas con la exposición a agentes químicos y físicos (INS, 2007).

Dentro de los agentes químicos asociados al sector construcción se pueden mencionar las fibras de asbesto y fibra de vidrio, el polvo de sílice, las emanaciones de diesel, las emanaciones de asfalto y de soldadura, las resinas epoxi, los isocianatos, el níquel, el cobalto, el cromo, los formaldehídos, una gran variedad de solventes, pesticidas en los tratamientos de la madera: el lindane, el óxido de tributil estaño, pentaclorofenos y otros. Entre los agentes físicos se encuentran el calor, las vibraciones, el ruido y radiaciones (NORA, 2008).

Se reportan en las publicaciones científicas estudios relacionados con cáncer en trabajadores de la construcción y la madera, incluyendo cáncer de huesos y melanoma en los albañiles, cáncer de estómago en los techadores, albañiles y los peones de la construcción, cáncer de riñón y de huesos en los hormigoneros, cáncer nasal en los fontaneros, cáncer sino-nasal en los carpinteros y ebanistas, cáncer de pulmón en los carpinteros, pintores, techadores, fontaneros, chapistas y peones de la construcción, entre otros (NORA, 2008).

El trabajo en construcción implica el uso frecuente de equipos y herramientas que emiten niveles peligrosos de ruido. Un estudio determinó que todos los trabajadores del sector construcción estaban expuestos a niveles de ruido peligrosos y que la probabilidad de desarrollar pérdida auditiva tras dedicar la vida laboral en el sector era

de un 60% entre todos los oficios y de más de un 80% en algunos oficios específicos (Dement et al, 2005). Otro estudio determinó que la pérdida auditiva entre trabajadores de la construcción era significativamente elevada, alcanzando hasta tres veces y media más que para trabajadores en otras industrias (Waitzman and Smith, 1988). Investigadores han caracterizado sistemáticamente datos de la exposición a ruido en condiciones de campo en varios oficios del sector construcción, incluyendo corte, martilleo, perforado, pulido, pintado, pavimentado, movimiento de tierras, entre otras tareas (Neitzel et al, 2005). Esta caracterización apunta a niveles de ruido que exceden los criterios de calidad ambiental para este agente.

La Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos estimó que 35.900 trabajadores del sector construcción desarrollaron desórdenes músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo (DMERT). Se estima que el 42% de estos trabajadores se ocupaban como peones y carpinteros. El promedio del número de días fuera del trabajo por este tipo de desórdenes fue de 10 días (BLS, 2006). Por otro lado, los costos asociados a la atención de estos problemas son desproporcionados; por ejemplo, la aseguradora CNA reportó que los DMERT fueron presentados por el 29% de los trabajadores asegurados, pero los reclamos consumieron el 36% de los costos de atención (Albers et al, 2006).

En Costa Rica, el porcentaje de accidentes reportados en el sector construcción aumentó del 9,5 al 14% entre 1997 y el 2009, la mayor parte asociados a manipulación de herramientas, caídas y sobreesfuerzos, cuyas causas podrían asociarse a prácticas de trabajo inapropiadas, falta de capacitación y la ausencia de guías de prevención para el manejo de riesgos.

## **2. Objetivos**

### **2.1 General**

Contribuir al mejoramiento de las condiciones de salud de los trabajadores del sector construcción, mediante la generación de información relacionada con accidentes y enfermedades ocupacionales.

## **2.2 Específico**

Ofrecer una caracterización de los principales factores de riesgo asociados con exposiciones ocupacionales a agentes químicos, físicos, ergonómicos y de seguridad en el sector construcción.

## **3. Metodología**

### **3.1 Tipo de estudio**

Se realizó una investigación con elementos descriptivos, ya que permitió especificar las características de mayor relevancia en la ocurrencia de enfermedades y accidentes para el sector construcción.

### **3.2 Fuentes de información**

#### **3.2.1 Fuentes Primarias**

Las principales fuentes primarias consultadas comprendieron libros, documentos oficiales como reglamentos y normas, artículos y entrevistas a trabajadores e ingenieros involucrados con la construcción. Entre las principales pueden mencionarse:

- Standards for the Construction Industry (29CFR Part 1926), OSHA
- Manual of Analytical Methods, NIOSH
- Ley y Reglamento de Construcción, Costa Rica
- Base de Datos de Denuncias ante el Régimen de Riesgos del Trabajo, INS
- Reglamento de Seguridad Humana y Protección Contra Incendios

#### **3.2.2 Fuentes secundarias**

Se consideraron las compilaciones elaboradas por el *National Institute of Health*, la *Occupational Safety and Health Agency*, el *National Institute of Occupational Safety and Health* y la *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* de los Estados Unidos.

### **3.3 Selección de la muestra**

Se tomaron como muestra de estudio once empresas constructoras que actualmente tienen trabajadores asegurados bajo el Régimen de Riesgos del Trabajo del Instituto Nacional de Seguros (INS). La selección de la muestra fue no probabilística, ya que, considerando el marco poblacional (78,300 trabajadores y 15,289 pólizas de riesgos del trabajo registradas ante el INS durante el año 2006), los costos y el tiempo de ejecución se incrementarían hasta imposibilitar el desarrollo del proyecto. No obstante lo anterior, la selección de la muestra contempló empresas con programas consolidados en la gestión de la prevención y sin estos recursos. La selección de las empresas se realizó por convocatoria conjunta del INS y el ITCR así como por la voluntad de participación en el proyecto. La selección final de las empresas fue valorada y discutida por el equipo de investigadores con base en las condiciones de representatividad en materia de: número de trabajadores, número y naturaleza de los proyectos que se ejecutarán (programación tentativa anual), subsector al cual pertenecen (conforme a clasificación CIU) y nivel de desarrollo de acciones preventivas.

### **3.4 Herramientas de diagnóstico**

#### ***3.4.1 Revisión de literatura técnica***

Se realizó una actualización sobre estrategias y métodos de muestreo de agentes ambientales químicos y físicos, así como de evaluación de factores de riesgos de seguridad, de modo que durante la fase de muestreo se contaba con listas de verificación, de observación, y metodologías de evaluación actualizadas.

Adicionalmente, se realizó la revisión de bibliografía con el fin de determinar aquellos factores que pudiesen estar influenciando la exposición a los diversos agentes y condiciones de trabajo estudiadas, con el fin de poder verificar su impacto en las actividades del sector construcción.

#### ***3.4.2 Encuesta higiénica***

Con esta herramienta se recopiló información acerca de las empresas constructoras, número de trabajadores, jornada laboral, descripción del proceso, tareas que se realizan,

puestos de trabajo más críticos (de mayor exposición), descripción del tipo de proyecto, entre otros.

#### **3.4.3 Método de muestreo**

Se utilizaron como referencia los métodos NIOSH para la recolección de las muestras y la cuantificación de los agentes químicos identificados en la revisión bibliográfica y durante las visitas a los proyectos de construcción. Se incluyeron mediciones de humos de soldadura (hierro, cromo y manganeso), material particulado total, sílice y polvo de madera. Para efectuar los muestreos se emplearon diversos equipos y medios de captura que incluyeron filtros de membrana de celulosa y PVC de 37mm y 25mm, con soporte de celulosa, cassettes de 37mm, cabezas IOM, sellos de celulosa, bombas de muestreo personal, tubos flexibles, calibrador, etc. Para la medición de agentes físicos se utilizaron audiodosímetros, medidores de TGBH, luxómetros y vibrómetros.

#### **3.4.4 Estrategia de muestreo**

Una vez aplicada la encuesta higiénica, se procedió a plantear la estrategia de muestreo, tomando en cuenta el número de trabajadores de cada empresa, las labores realizadas, el tipo de maquinaria que se utilizaba, las materias primas, naturaleza del contaminante, etc.

Dada la variabilidad de los procesos y los objetivos del estudio, se adoptaron estrategias de peor caso para definir actividades críticas y trabajadores que a juicio de los investigadores estuvieran expuestos a los agentes estudiados en cada una de las visitas.

Se incluyeron mediciones en ambientes internos y externos, con y sin ventilación natural y diversos tipos de maquinarias (manuales y automáticas).

#### **3.4.5 Bitácora de muestreo**

En la bitácora se registraron en forma detallada las actividades realizadas por los trabajadores durante el muestreo, con el fin de tener la mayor cantidad de información posible para poder caracterizar la exposición a los diferentes contaminantes.

### **3.4.6 Listas de verificación, cuestionarios y entrevistas con personal administrativo y operativo**

Se elaboraron listas de verificación de condiciones de trabajo basadas en lo estipulado por la normativa de la OSHA en sus estándares de Seguridad en Construcción y de la reglamentación nacional existente. Estas listas de verificación fueron aplicadas para tareas específicas identificadas como críticas (desde la perspectiva de riesgo) en la descripción de los procesos y tareas, así como en las identificadas como de importancia en la revisión bibliográfica.

## **3.5 Herramientas de análisis**

### **3.5.1 Factores de riesgo en Seguridad y Ergonomía**

Los datos de Seguridad fueron analizados mediante categorizaciones generales y por empresa, análisis de conformidad para los factores de riesgo identificados, histogramas, diagramas de relaciones y tablas de contingencia.

Los movimientos y posturas forzadas para puestos y actividades críticas se registraron a partir de fotos y cuestionarios, los cuales fueron analizados y categorizados mediante el software Ergo/IBV<sup>®</sup> Evaluación de riesgos ergonómicos (versión 8.0) y el software ergonautas-Toolbox<sup>®</sup>, para determinar los niveles de riesgo en el sector construcción por empresa y actividad.

### **3.5.2 Factores de riesgo en Agentes Químicos y Físicos**

Las muestras de exposición a agentes químicos fueron analizadas en el Laboratorio de Higiene Analítica, ubicado en la Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Se realizaron análisis estadísticos con el fin de caracterizar las exposiciones a los agentes ambientales físicos y químicos desde la perspectiva de tareas. Esta caracterización contempla información sobre medidas de tendencia central, medidas de dispersión, comparación de las tareas en diferentes escenarios ocupacionales y otros análisis que, según la revisión de la literatura y el comportamiento de los datos permitieron identificar factores que pudieron influir en la exposición. Entre las herramientas estadísticas utilizadas se mencionan histogramas de frecuencia, cálculos de

parámetros de tendencia central según tipo de distribución de datos, pruebas de hipótesis de medias (para la comparación de tareas y de las exposiciones evaluadas con los estándares de calidad ambiental contemplados en la normativa nacional) y correlaciones de Pearson/Spearman (para comparar los impactos de los factores ambientales sobre las exposiciones).

## 4. Resultados y Discusión

Se contó con la participación de 11 empresas del sector construcción, las cuales se visitaron en diversas ocasiones y en diferentes proyectos de construcción. Dentro de los tipos de estructuras que se incluyeron se encuentran: condominios, edificios comerciales, edificios de apartamentos, residencias, locales comerciales, clínicas-hospitales y aeropuertos. Las evaluaciones se realizaron en localidades ubicadas dentro y fuera de la Gran Área Metropolitana.

Los datos recolectados a partir de las entrevistas con los encargados de Seguridad e Higiene dentro de las empresas, así como de las visitas de aplicación de encuesta higiénica, permitieron hacer una primera clasificación de las etapas constructivas, empresas sub contratadas, estado de los proyectos, tareas y puestos críticos.

La estrategia de abordaje para los diversos agentes se definió a partir del criterio de “peor caso” debido a la diversidad y variabilidad de operaciones y condiciones ambientales y laborales. Según el avance y disponibilidad de tareas presentes el día del muestreo, se eligieron los puestos que representaban, a juicio de los investigadores, los casos en donde las condiciones fueron críticas.

En general, para las empresas grandes, el mayor número de trabajadores se concentraba en la construcción de obra gris y para el resto de las etapas se contaba con una gran cantidad de sub contratistas, a diferencia de las empresas pequeñas donde se realizaban todas las etapas con muy poca interferencia de contratistas.

Para efectos de este estudio, se midieron los puestos críticos independientemente de si estaban siendo ejecutados por trabajadores propios de las constructoras participantes o alguna de las empresas sub contratadas; sin embargo, sólo en el análisis de los agentes químicos se hizo diferencia entre las exposiciones de cada grupo.

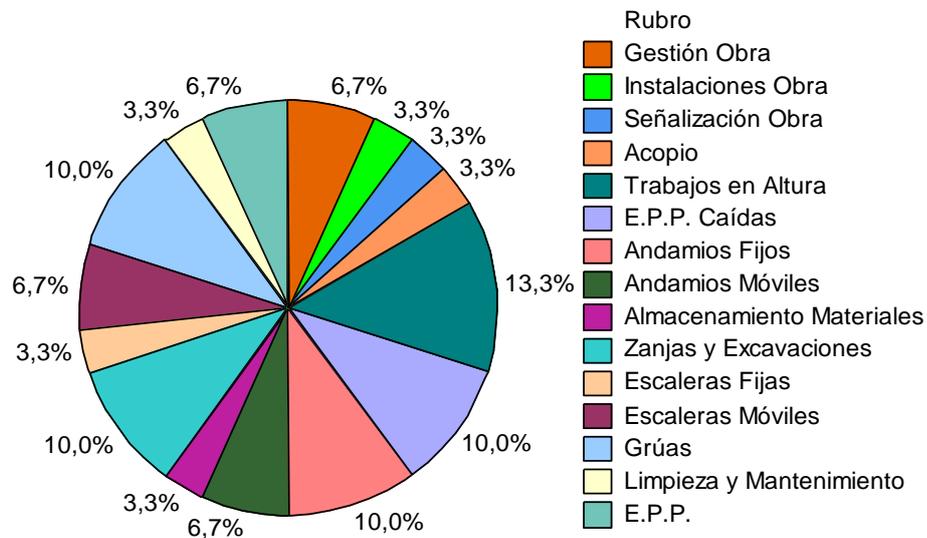
En total, se incluyeron mediciones de 16 sub contratistas para diversos agentes, incluyendo empresas metalmecánicas, instaladores de ductos y sistemas de aire acondicionado y colocación de gypsum.

Para mantener la confidencialidad de las empresas participantes, los datos se codificaron con letras y números según empresas (A-J) y proyecto visitado (1-7).

#### 4.1 Condiciones de Seguridad

Se confeccionó una lista de verificación con 135 ítems (Apéndice 1) con aquellas condiciones de trabajo que, basadas en lo estipulado por la normativa de la OSHA en sus estándares de Seguridad en Construcción y de la reglamentación nacional existente, podrían estar presentes en los lugares de trabajo y contribuir a la generación de accidentes.

Las preguntas de la lista fueron agrupadas en 15 categorías y se le dio un peso a cada una con el fin de poder evaluar el grado de conformidad para cada empresa y proyecto. En la Figura 1 se observan los rubros (aparecen en orden de 1-15) y los valores porcentuales de cada uno.



**Figura 1: Rubros incluidos en la lista de verificación de condiciones de seguridad y el valor porcentual para cada uno**

Se realizaron 49 inspecciones en total que contemplaron diversos tipos de proyectos y etapas constructivas. Dado que los proyectos contaban con características diferentes, no se encontraban en la misma etapa o se utilizaba el mismo equipo, no fue posible evaluar

todos los rubros en cada visita, por lo que para efectos de análisis de los datos, no se consideraron aquellas preguntas que no aplicaban.

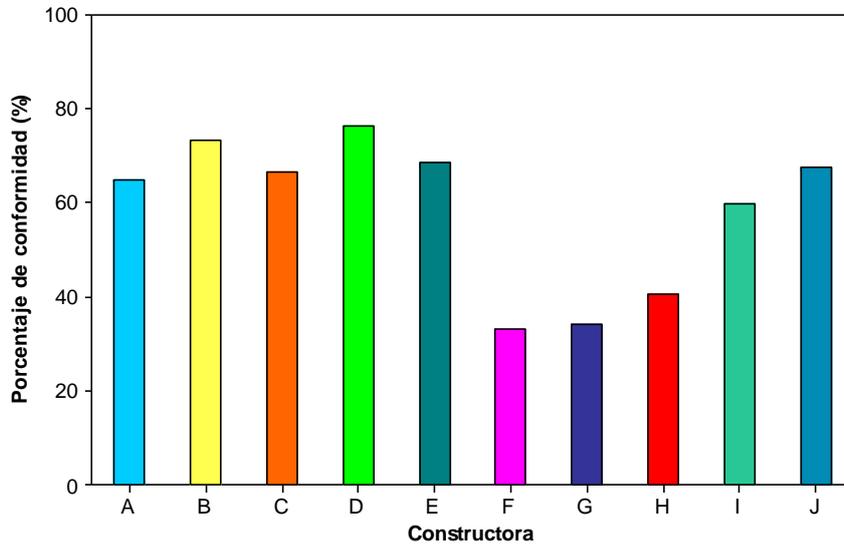


Figura 2: Grado de conformidad de la lista de seguridad por empresa constructora

Se analizó el porcentaje de condiciones favorables en cada empresa y proyecto visitado. Los resultados por empresa y por proyecto se muestran en las Figuras 2 y 3.

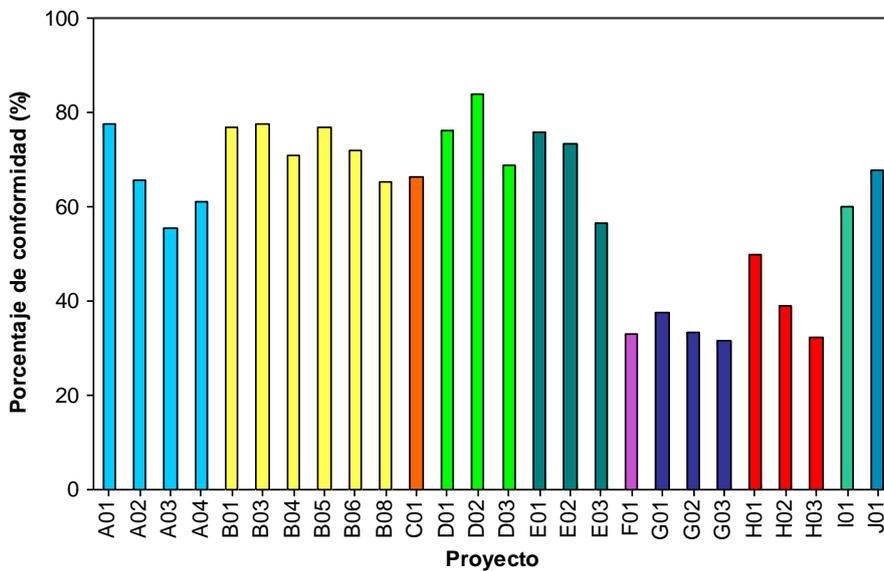


Figura 3: Grado de conformidad de los rubros de seguridad evaluados por proyecto

Los porcentajes de conformidad fueron significativamente más bajos en aquellas empresas donde no hubo presencia del encargado o inspector de Seguridad e Higiene en el proyecto de forma permanente (ver Figura 4).

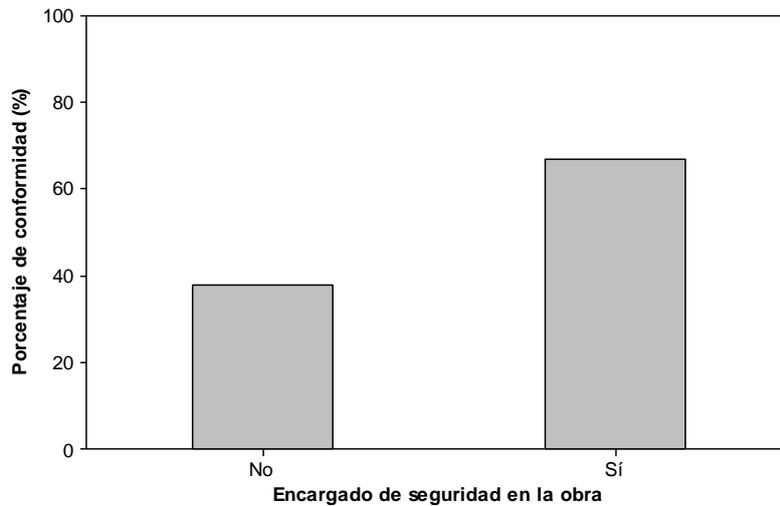
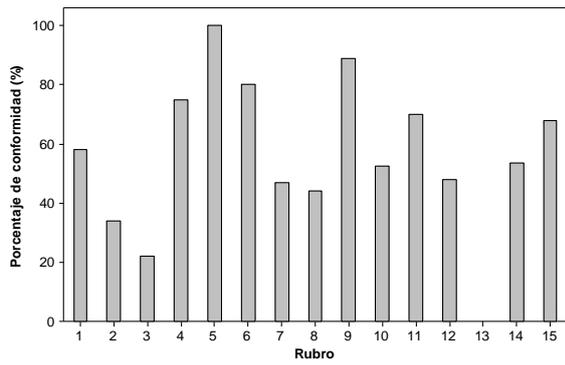


Figura 4: Comparación del porcentaje de conformidad en constructoras con/sin encargado de seguridad en el proyecto

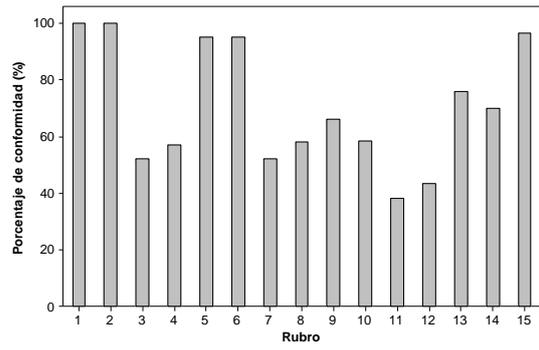
En la Figura 5 se presentan los gráficos de conformidad por rubro para cada empresa participante, los 15 rubros se presentan de acuerdo al orden dispuesto en la Figura 1. Para las empresas codificadas como F y H, en el rubro #1 (Gestión de la Obra) la puntuación obtenida fue de 0, pues al momento de la visita no cumplían con los requerimientos incluidos en el cuestionario. Para las otras empresas donde no hay valores para un rubro, obedece a que no fueron evaluados pues no aplicaba al momento de la visita.



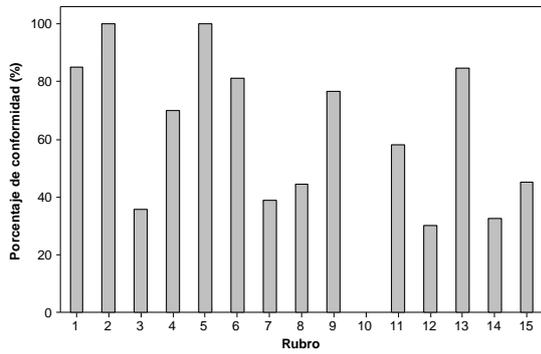
Ilustración 1: Algunos aspectos de seguridad observados en los proyectos de construcción



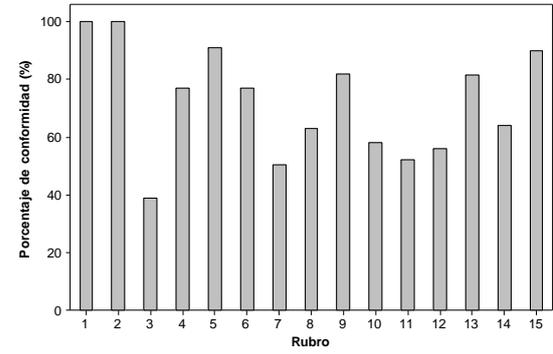
**Constructora A**



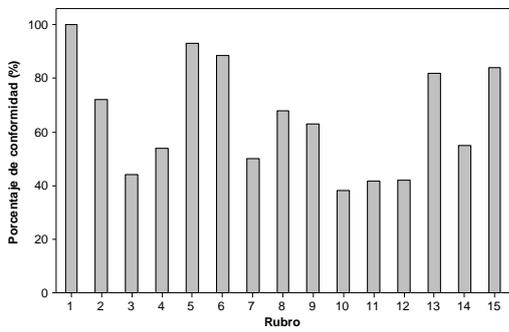
**Constructora B**



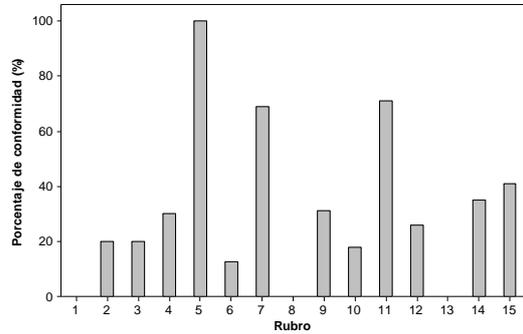
**Constructora C**



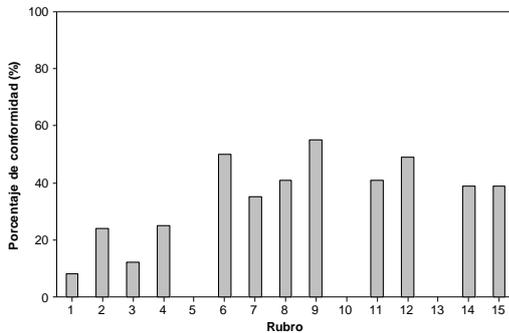
**Constructora D**



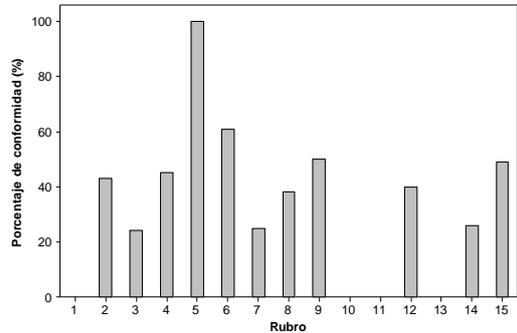
**Constructora E**



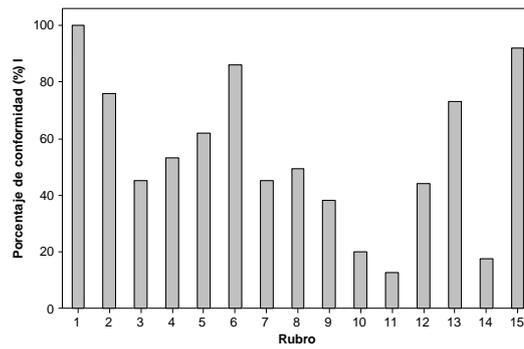
**Constructora F**



**Constructora G**



**Constructora H**



**Constructora I**

Figura 5: Porcentajes de conformidad de la lista de seguridad para las empresas participantes

En general, la conformidad con los parámetros evaluados en el cuestionario se resume en la Figura 6.

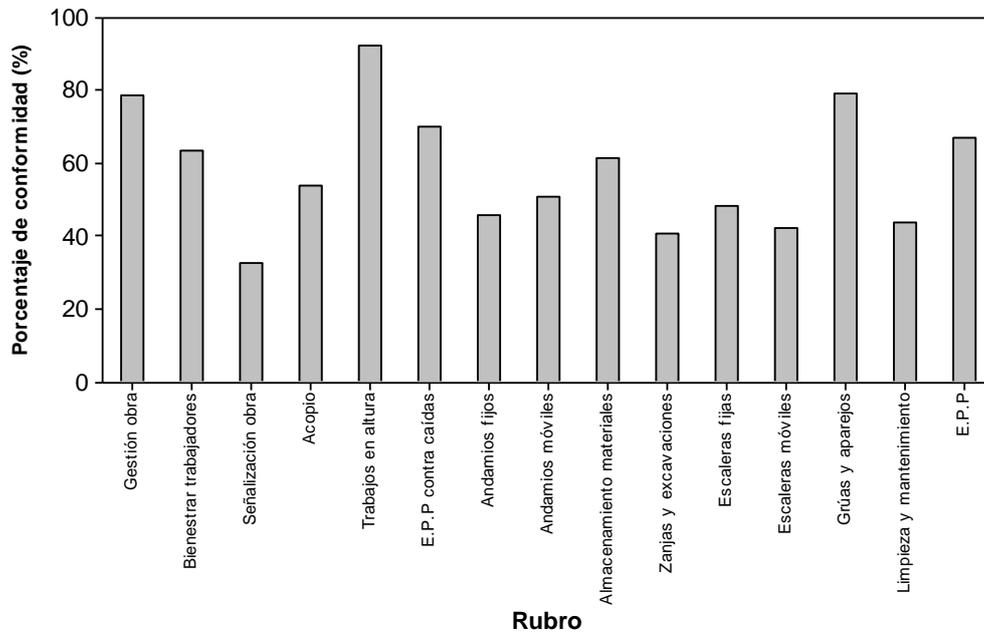


Figura 6: Porcentaje de conformidad para cada rubro evaluado en la lista de seguridad

A partir del grado de conformidad por rubro, se encontró que en las categorías de **señalización de obra, andamios fijos, zanjas y excavaciones, escaleras fijas, escaleras móviles y limpieza y mantenimiento**, es donde las empresas presentan la mayor cantidad de no conformidades, lo que a su vez podría aumentar el riesgo de accidentes.

Se confeccionaron tablas de contingencia para calcular la significancia, a partir de pruebas de chi-cuadrado, de las conformidades entre las empresas para cada categoría de la lista de verificación. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1: Estado general de las observaciones realizadas a los proyectos constructivos**

Apartado	Rubro	Estado	Hipótesis
1	Gestión de la obra	Conforme	Aceptada
2	Bienestar trabajadores	Conforme	Aceptada
3	Señalización de la obra	No conforme	Rechazada
4	Acopio	Conforme	Aceptada
5	Trabajos en alturas	Conforme	Aceptada
6	EPP contra caídas	Conforme	Aceptada
7	Andamios fijos	No conforme	Aceptada
8	Andamios móviles	Conforme	Aceptada
9	Almacenamiento materiales en volumen	Conforme	Aceptada
10	Zanjas y excavaciones	No conforme	Rechazada
11	Escaleras fijas	No conforme	Rechazada
12	Escaleras móviles	No conforme	Aceptada
13	Grúas y aparejos para izar materiales	Conforme	Aceptada
14	Limpieza y mantenimiento	No conforme	Aceptada
15	Equipo de protección personal	Conforme	Aceptada

Se puede observar que para: señalización de obra, zanjas y excavaciones y escaleras fijas, las diferencias entre empresas no permiten concluir sobre la no conformidad general para el sector, pues aunque el promedio se encuentra por debajo del 70% de conformidad, existe mucha variabilidad en los valores individuales.

Para las categorías que sí se identifican como generadoras de riesgo, se puede generalizar:

- **Andamios fijos:**

El rubro de andamios está compuesto por 15 puntos, de los cuales no se puede llegar a generalizar en 6 de ellos. De los otros 9 puntos evaluados la mayoría de las constructoras fallaron 4 puntos los cuales están relacionados con: andamios no amarrados a estructuras estables, no tener una escalera de acceso a las plataformas, no estar amarrado bajo la proporción 4:1 y plataformas de trabajo no bien entabladas.

- **Escaleras móviles:**

El rubro está formado por 11 puntos, los resultados de 3 de ellos no son estadísticamente significativos. Se encontraron fallos en 5 puntos los cuales son: no tener zapatas las escaleras, no contar con plataforma para trabajos que lo requieran, no estar amarradas en la parte superior, trabajar en los últimos tres peldaños y no utilizar calzado que sujete bien los pies a la escalera.

- **Limpieza y mantenimiento:**

Limpieza y mantenimiento está compuesta por 6 puntos de los cuales la mayoría de las empresas fallaron 3, los cuales son: mantener los escombros en las superficies de trabajo, pasillos y escaleras, no contar con suficientes basureros en la obra, desechos y escombros amontonados en desorden y no enrollar las extensiones eléctricas, líneas, cables para soldar y mangueras.

Los rubros para los cuales al menos el 70% de las observaciones se catalogaron como aceptables son: trabajos en altura, equipo de protección personal contra caídas, grúas y aparejos para izar materiales y equipo de protección personal.

Adicionalmente, los datos se agruparon según la etapa de avance de la obra, pues se consideró que cada una tenía características importantes y riesgos diferentes. Los resultados se muestran gráficamente en la Figura 7.

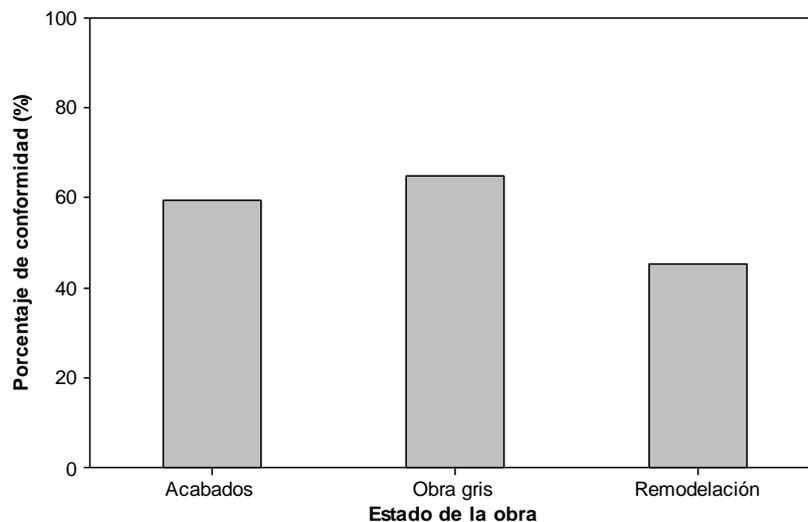


Figura 7: Gráfico comparativo del grado de conformidad de las constructoras según avance de la obra

A pesar de que es posible observar que cuando los proyectos incluyeron etapas de remodelación, el porcentaje de conformidad es menor (muy probablemente debido a operaciones de demolición y que el número de éstos fue menor), no se encontró diferencia significativa del grado de conformidad durante las diversas etapas de la construcción.

## 4.2 Agentes Físicos

Dentro de los agentes físicos evaluados se incluyeron mediciones de ruido, iluminación, calor y vibraciones. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

### 4.2.1 Ruido

Se realizaron 49 audiodosimetrías en las que se evaluaron tareas que generaron ruido en nueve de las 11 empresas participantes.



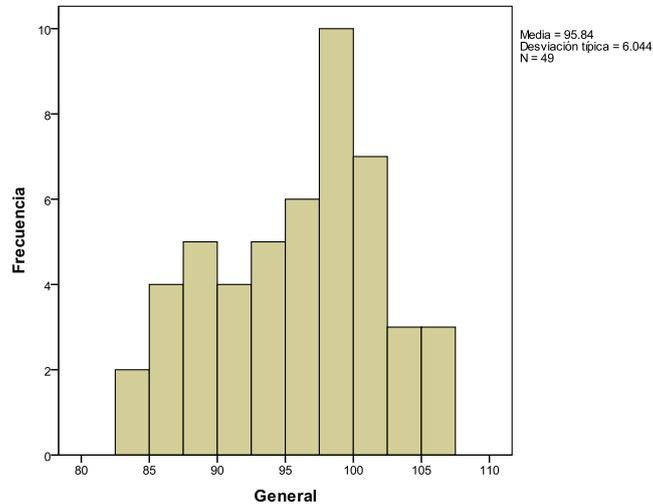
**Ilustración 2: Tareas evaluadas donde hay generación de ruido**

En la siguiente tabla se muestra la distribución de mediciones por empresa:

**Tabla 2: Número de audiometrías por empresa**

Constructora	No. observaciones
A	7
B	10
C	3
D	2
E	4
F	6
G	3
H	9
I	5
<b>Total:</b>	<b>49</b>

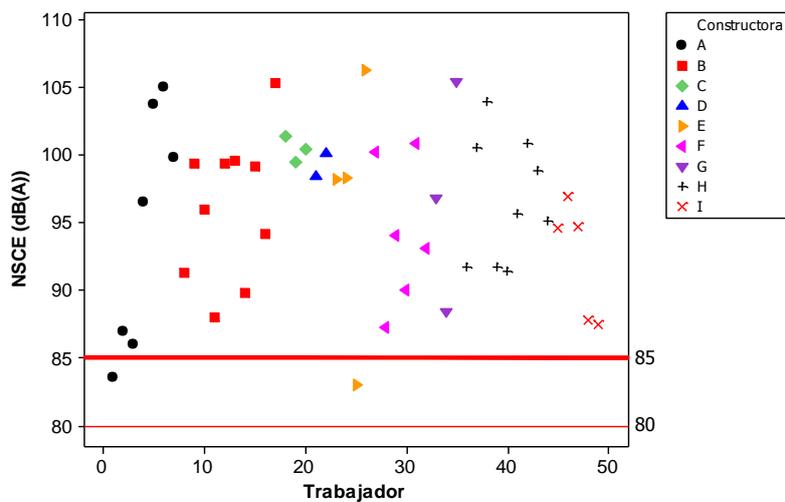
Se calculó el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE) para los datos y la distribución se puede observar en el siguiente histograma:



**Figura 8: Distribución de frecuencias para los NSCE (dB(A))**

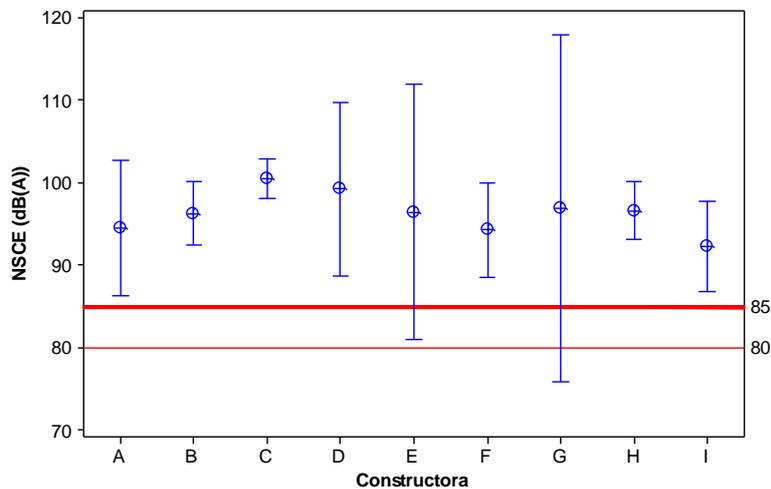
El comportamiento se puede explicar por medio de una distribución normal, donde la media y la desviación estándar de los datos es de **95,8dB(A)** y **6,0dB(A)**, respectivamente, superando la normativa nacional aplicable.

En la Figura 9 se muestran los NSCE por trabajador y es posible observar que la mayoría de los datos se encontraron por encima de la normativa, exceptuando dos que se hallaron por encima del nivel de acción (80dB(A)).



**Figura 9: Valores de NSCE (dB(A)) de los trabajadores por constructora**

Se calcularon los parámetros de tendencia central para cada empresa y es posible observar en la Figura 10 que a pesar de las variaciones individuales, todos los valores tienden a ubicarse por encima de 85dB(A).



**Figura 10: Valores promedio y límites de confianza para los NSCE (dB(A)) por empresa**

Estos valores no consideran el efecto de atenuación que podría brindar el equipo de protección personal auditivo con que contaban los trabajadores; sin embargo, se encontró que sólo el 18% de los trabajadores muestreados usaba algún equipo de protección auditiva (ver Tabla 3) y dado que los niveles de ruido encontrados son elevados, es importante que se tomen medidas de control y se revise que las atenuaciones que brindan los equipos que usan los trabajadores, sean las requeridas para evitar que la población llegue a sufrir daños permanentes en el mediano y largo plazo.

Con el fin de caracterizar un poco más el ruido, se separaron los NSCE por tarea. Se identificaron las siguientes 9 tareas como críticas:

**Tabla 3: Descripción de tareas evaluadas en audiodosimetrías**

Tarea	Sigla	Descripción	Ubicación	EPP	No. observaciones
Repello	R	Repello de superficies con herramientas no energizadas (alrededor presencia de tareas de esmerilado, soldadura, etc.).	Uno en interior y en exterior	Sin protección auditiva	2
Mezcla con batidora	B	Uso de batidora para mezclar cemento.	Todos en exterior	Sin protección auditiva	4
Picado y	RO	Uso de taladros, rompedoras,	Cinco en	Siete con	18

demolición		rotamartillos, cortadora de piso, compactadora, limpieza de armaduras con compresor, martilijadora, ranuradora.	exterior y 13 en interior	orejeras	
Esmerilado y Soldadura	E&S	Uso de esmeril y soldadura de arco.	Dos en exterior y en interior	Sin protección auditiva	4
Carpintería	C	Utilización de patín, taladro, sierra de mesa, serrucho, etc.	Uno en interior y cuatro en exterior	Uno con protección auditiva	5
Picado manual	P	Uso de piqueta, barra, cepillo de acero, espátula, cincel y mazo.	Tres en interior y dos en exterior	Uno con protección auditiva	5
Inspector SO	I	Durante los recorridos por el proyecto y en oficina.	Uno en interior y en exterior	Sin protección auditiva	2
Montaje de tubería	MT	Montaje de tubería con herramientas manuales.	En interior	Sin protección auditiva	1
Maquinaria	M	Operadores de <i>backhoe</i> y boquetes (pipilacha).	Todos en exterior	Sin protección auditiva	8

Los resultados de NSCE (dB(A)) para las tareas analizadas anteriormente, se muestran en la Figura 11.

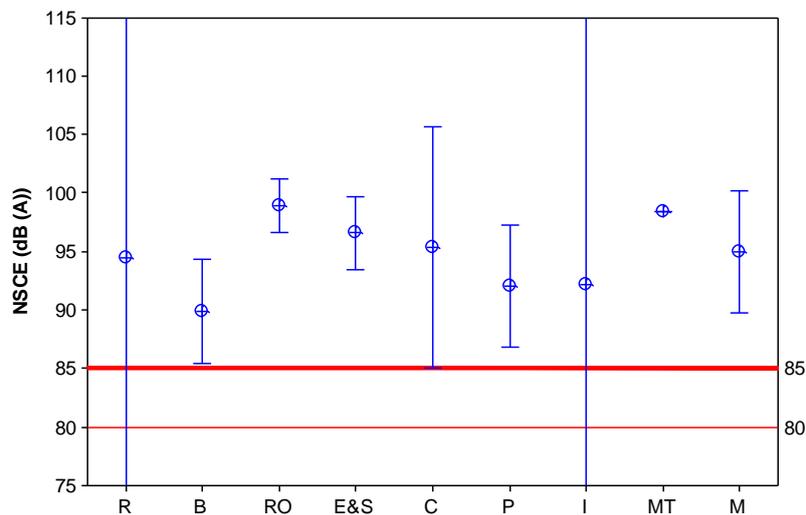


Figura 11: Valores de promedio y límites de confianza para los NSCE (dB(A)) por tarea

Para las tareas de repello e inspección, las fuentes de ruido son muy variadas y dependen en gran medida de las actividades que se realizan alrededor; esto, aunado a que solamente se evaluaron dos puestos, generan que los datos presenten límites de

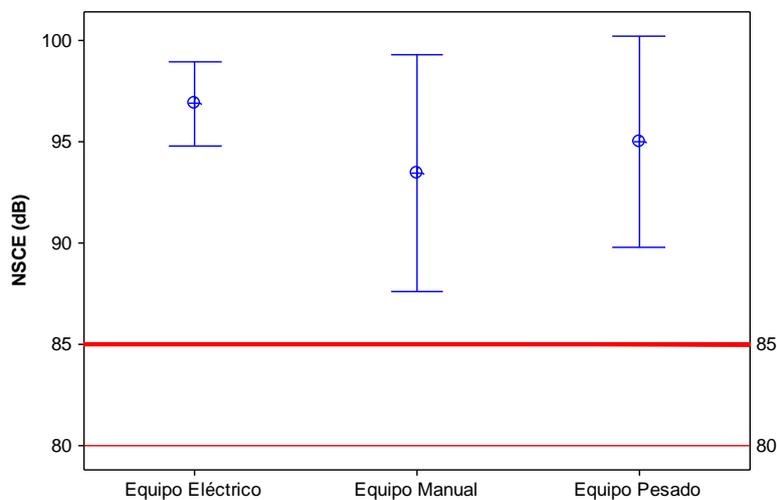
confianza muy amplios. El resto de las tareas muestran un claro incumplimiento con la normativa.

Cada una de las tareas evaluadas se clasificaron de acuerdo al tipo de equipo empleado para su ejecución: eléctrico, manual o pesado. En la siguiente tabla se muestra la información de cada categoría.

**Tabla 4: Descripción de audiodosimetrías por tipo de equipo evaluado**

Tipo de equipo	Sigla	Descripción	Ubicación	EPP	No. observaciones
Equipo eléctrico	EE	Empleo de batidora para mezclar cemento, esmeril y soldadura de arco, patín, taladro, sierra de mesa, cortadora de piso, compactadora, martilijadora, ranuradora, etc.	En exterior 12 y 19 en interior	Siete con orejeras	31
Equipo manual	EM	Repello de superficies, uso de piqueta, barra, cepillo de acero, espátula, cincel y mazo, montaje de tubería.	Cuatro en interior y en exterior	Uno con protección auditiva	8
Equipo pesado	EP	Operadores de <i>backhoe</i> y boquetes (pipilacha).	Todos en exterior	Sin protección auditiva	8

En la Figura 12 se detallan los NSCE por tipo de equipo utilizado durante las audiodosimetrías. Como muestra la figura, en las tareas que involucraron el uso de algún tipo de herramienta eléctrica, manual o equipo pesado, los promedios y límites muestran un claro incumplimiento con la norma



**Figura 12: NSCE (dB(A)) según tipo de equipo**

Para el sector construcción, el ruido es un contaminante que podría estar generando problemas a nivel ocupacional, pues los niveles encontrados superan la normativa, independientemente del tipo de tarea, tipo de equipo o empresa estudiada. Aunque en las encuestas higiénicas, los encargados manifestaron la capacitación y seguimiento que se da a los operarios en el uso de protección auditiva, se encontró que el 82% de la población muestreada no estaba utilizando ningún tipo de protección, a pesar de que en algunos casos se reportó que la empresa se los brinda. No se recolectó información sobre el tipo y características de los equipos de protección utilizados, y dado que éste es el único mecanismo de control utilizado por las empresas, es indispensable que se revisen y adecúen a los valores de ruido que se presentan en las diversas operaciones.

#### **4.2.2 Iluminación**

Se tomaron 165 mediciones de intensidad lumínica, o incidencia de luz sobre la superficie de trabajo, en nueve de los 11 proyectos incluidos en el estudio. En la ilustración 3 se muestran dos ejemplos de iluminación, uno corresponde a tarea de esmerilado y el otro a lijado de la superficie de gypsum para acabados.



**Ilustración 3: Contrastes en niveles de iluminación en los proyectos**

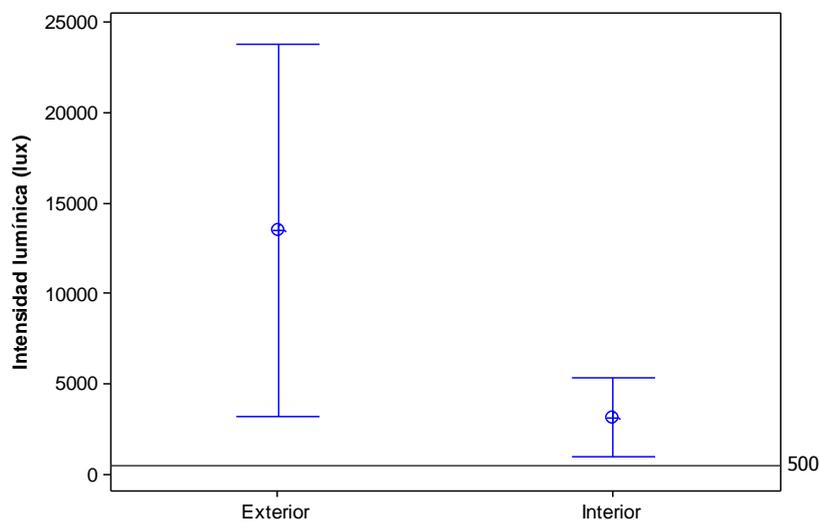
Se evaluaron tareas en el exterior con incidencia de luz solar sobre superficies de concreto, que también podrían estar causando molestias visuales en los trabajadores. En este aspecto, distintos autores han relacionado una exposición ocular significativamente mayor en aquellos trabajadores expuestos a superficies reflectantes, aumentando con ello el riesgo de aparición de melanoma ocular y cataratas (Rosenthal et al, 1988; Vajdic et al, 2002).

En la tabla 5 se muestra la distribución de las observaciones por cada empresa.

**Tabla 5: Distribución de las mediciones de iluminación por constructora**

Constructora	No. observaciones
A	9
B	37
C	3
D	12
E	13
F	17
G	28
H	21
I	25
<b>Total:</b>	<b>165</b>

En la investigación se separaron los datos dependiendo de si las lecturas de las tareas evaluadas se llevaron a cabo en el exterior o en el interior de la obra en construcción. Se puede observar en la Figura 13, que para aquellas tareas efectuadas en exteriores se obtuvieron valores promedio más altos, debido a que las mediciones se llevaron a cabo en jornadas diurnas durante la ejecución de las tareas por parte de los trabajadores.



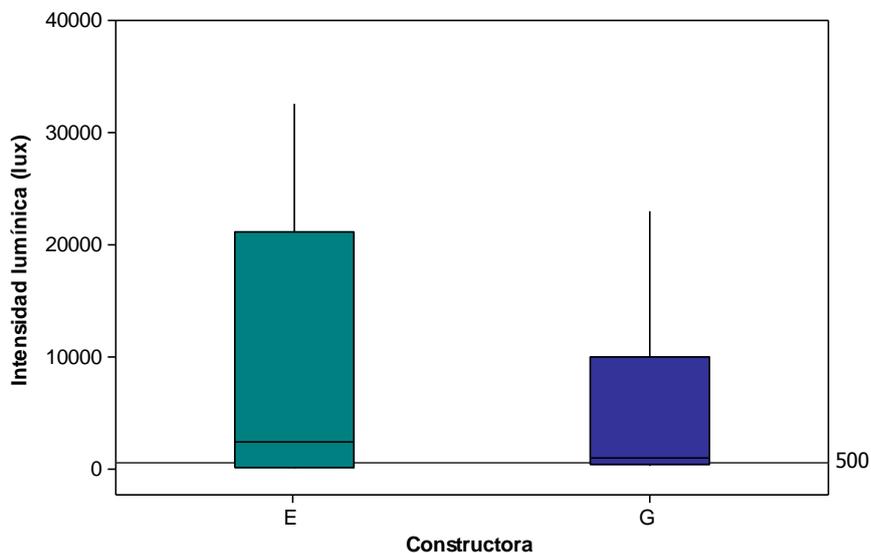
**Figura 13: Intensidad lumínica para las tareas efectuadas en interiores y exteriores de los proyectos**

Además, las tareas evaluadas en el interior de los proyectos constructivos presentan valores superiores a los 500 luxes, según establece el criterio normativo **INTE 31-08-06-2000: Intensidad lumínica para las tareas efectuadas en el interior y el exterior**, que recomienda para tareas intermitentes ordinarias y fáciles, pero con contrastes fuertes, niveles de intensidad entre 200-500 luxes.

Desde la perspectiva de riesgos asociados a problemas de iluminación, los datos recolectados podrían relacionarse con la posibilidad de causar accidentes e incomodidad laboral por el amplio rango de los valores obtenidos. Los niveles pobres de iluminación (menores a 200 luxes) podrían provocar en los trabajadores poca visibilidad de la demarcación presente en el proyecto y de los equipos que emplean durante el desempeño de las tareas.

De la misma forma, otras zonas presentan exceso de luz (hasta 20.000 luxes), generando la posibilidad de fatiga visual, irritación y deslumbramientos. Se debe considerar que las actividades de construcción requieren de desplazamientos frecuentes entre diferentes áreas, por lo que los trabajadores podrían estar exponiéndose a dos condiciones de iluminación distintas con efectos adversos para la vista.

Los resultados estimados por empresa se presentan en las Figuras 14 y 15. El primer gráfico de caja incluye las empresas en las que se reportaron datos superiores a 1 000 luxes y en la Figura 15 se puntualizan los valores bajos (por debajo de 2 000 luxes).



**Figura 14: Intensidad lumínica para las empresas E y G de datos mayores a 1 000 luxes**

En la Figura 15 es posible observar que el rango de los datos fluctúa entre valores por debajo de los recomendados hasta valores muy altos, por lo que en la construcción de edificios se presentan ambas condiciones.

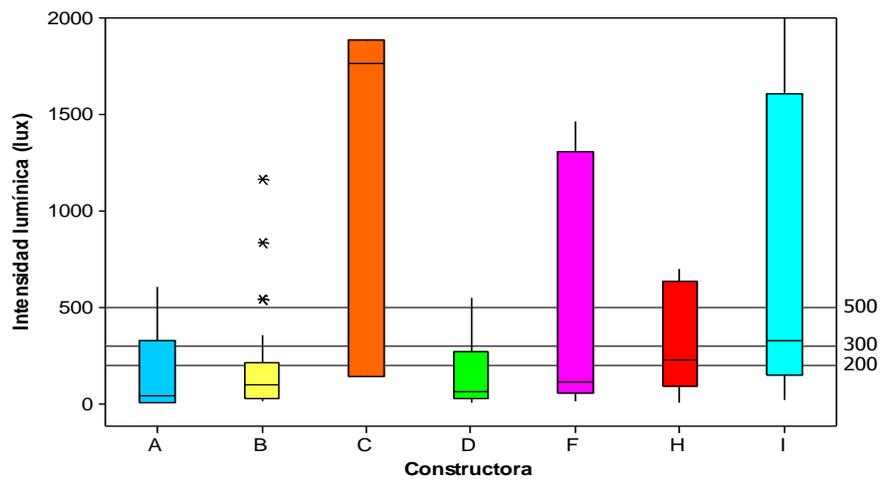


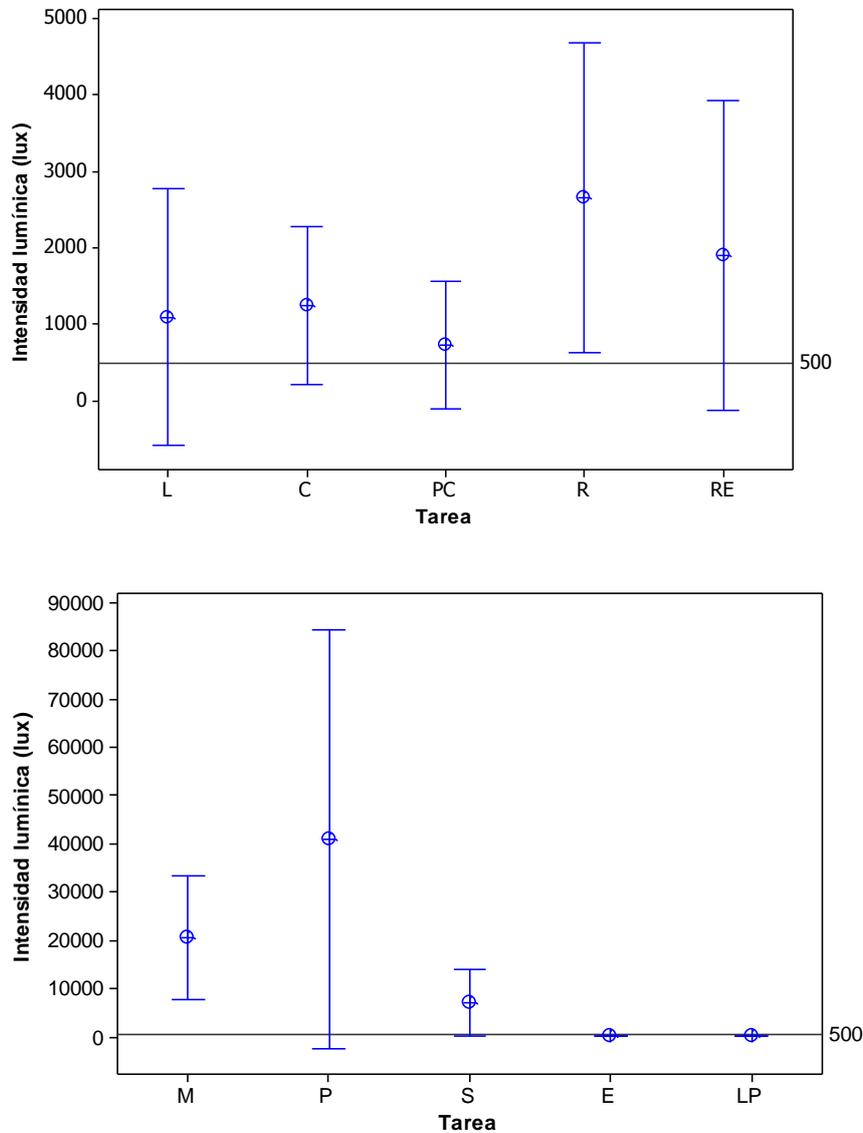
Figura 15: Intensidad lumínica por empresa para los datos menores a 2 000 luxes

Los datos de iluminación se separaron en 10 tareas para analizar el cumplimiento con la normativa nacional de cada una de ellas. La información de las tareas se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 6: Descripción de tareas evaluadas en iluminación

Tarea	Sigla	Descripción	Ubicación	No. observaciones
Esmerilado	E	Uso de esmeril.	Todos interior	4
Carpintería	C	Elaboración, instalación y desmontaje de formaletas.	En interior 12 y en exteriores	36
Soldadura	S	Uso de soldadura de arco.	Todos interior	13
Tareas de piso	P	Aplicación de resina y fragua en piso, pulido en mojado, corte de sisas e instalación de cerámica.	Interior tres y uno en exterior	7
Mampostería	M	Preparación de cemento en batidora, chorrea y mampostería.	Interior tres y dos en exterior	12
Lijado manual	L	Lijado manual de paredes de concreto y de gypsum.	Interior 10 y uno en exterior	28
Limpieza	LP	Limpieza de pisos con escoba.	Todos interior	7
Picado manual	PC	Picado de paredes con piqueta, cincel y mazo.	Todos interior	12
Picado y demolición	R	Se rompe con rotamartillo las estructuras de concreto.	Interior tres y dos en exterior	13
Repello	RE	Repello de paredes con herramientas manuales.	Interior cuatro y dos en exterior	14

Se graficaron los parámetros de tendencia central de acuerdo a la información estimada para cada puesto evaluado (ver Figura 16); las siglas de las tareas se muestran en la tabla anterior.



**Figura 16: Niveles de intensidad lumínica por tarea**

En general, los valores de intensidad lumínica obtenidos en picado y demolición y mampostería sobrepasan los 500 luxes recomendados de iluminación, lo cual se explica porque los datos fueron recabados mayormente en el exterior de las construcciones. En el caso del resto de las tareas, los límites de confianza inferiores están por debajo de los 500 luxes, lo que evidencia la diversidad de las condiciones que se están presentando en cada una de las tareas (ya sea por efectuarse en interiores, exteriores, con o sin iluminación adicional, etc.).

En el caso particular de la tarea denominada “de piso”, ésta fue la que presentó valores promedio más altos, así como los límites más amplios en comparación con las demás, debido a la diversidad de actividades evaluadas en ella y a las diferencias entre lecturas en interior (con iluminación artificial) y exterior (con iluminación natural).

Finalmente, tomando en cuenta que gran parte de las tareas evaluadas en este estudio involucraron manejo de equipo, las variaciones de iluminación reportadas podrían generar incomodidad visual a los trabajadores y, en consecuencia, accidentes que podrían afectar la salud de los colaboradores.

#### **4.2.3 Condiciones Termohigrométricas**

Las evaluaciones ambientales de los factores termohigrométricos se realizaron cerca de los puestos de trabajo que se seleccionaron como críticos, con el fin de obtener una comprensión general de la exposición. Las evaluaciones se realizaron utilizando el Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH) y se incluyeron las horas donde se supone que la contribución del calor ambiental podría generar una situación de mayor compromiso térmico para los trabajadores.

En la Figura 17 se resume la condición encontrada en los proyectos de construcción en cuanto al índice de TGBH para trabajos en interiores, estableciéndose los valores de temperaturas máximas para aquellas labores que implicaron metabolismos correspondientes a trabajos ligeros y altos. Para las seis empresas evaluadas se incluyeron las mediciones registradas durante la realización de distintas tareas bajo techo, incluyendo labores llevadas a cabo en parqueos, entresijos y sótanos de la obra en construcción.

Para la determinación de los límites de las temperaturas permitidas para realizar labores categorizadas como trabajos ligeros o pesados, se utilizaron los valores establecidos en la norma **INTE-31-08-09-1997**, titulada **Higiene y seguridad ocupacional: Exposición a ambientes con sobrecarga térmica**. En el caso de las labores de gran esfuerzo metabólico (como son la mayoría de las tareas en construcción), la norma recomienda trabajar en un ambiente con temperaturas menores a los 25°C; en el caso de tareas de bajo gasto metabólico las condiciones deberían ser de temperaturas menores a los 30°C.

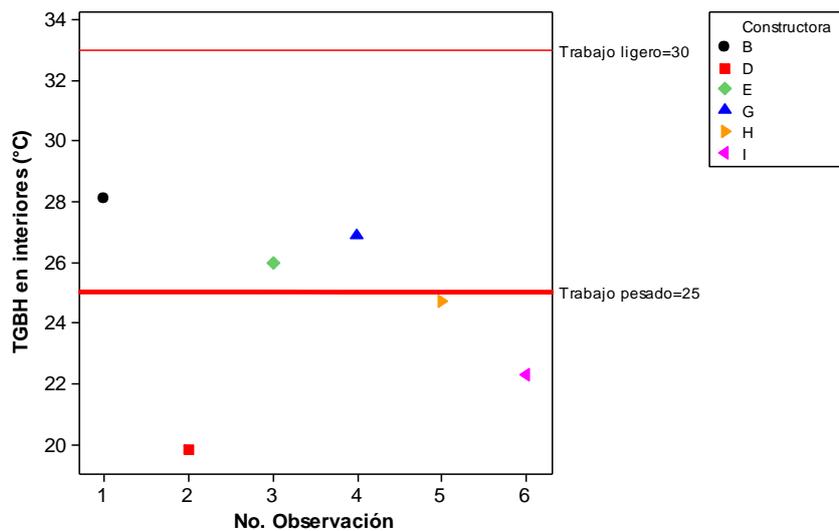


Figura 17: Gráfico del índice de TGBH en el interior de la obra en construcción

Dentro del análisis de TGBH de las tareas efectuadas en interiores, se documentaron como tareas de metabolismo alto (o trabajo pesado) el acarreo de materiales de construcción (blocks, sacos de cemento, etc.), el montaje e instalación de ductos de aire acondicionado, la mampostería y la operación de equipo eléctrico para acabados de superficies y demolición (como rotamartillo, martilijadora y otros). Por lo tanto, los trabajadores de las empresas B, E, G y H que realizaron estas tareas durante las evaluaciones se encontraron en estado de estrés térmico.

En cuanto a las operaciones clasificadas como de metabolismo bajo (o trabajo ligero) en interiores, se consideraron aquellas tareas que no exigieron un alto nivel de esfuerzo físico o que no solían realizarse por períodos largos de tiempo de forma ininterrumpida, como fueron los casos de lijado manual de paredes y labores de limpieza de pisos. Estas tareas clasificadas como de trabajo ligero no estarían sobrepasando el límite propuesto para confort térmico (como en el caso de las empresas D e I), pero debe considerarse que en el sector de la construcción este tipo de tareas se realizan en condiciones variadas que podrían acarrear riesgos termohigrométricos en detrimento de la salud de los trabajadores.

El índice de TGBH para ambientes externos abarcó todas aquellas tareas que se realizaron fuera de los edificios en construcción o en puestos de trabajo que no estuvieron bajo techo; los resultados de los mismos se observan en la Figura 18.

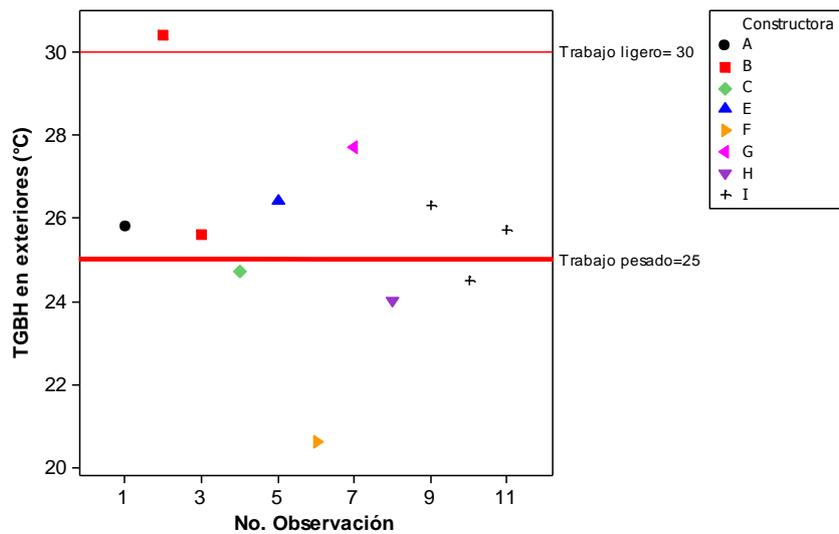


Figura 18: Gráfico del índice de TGBH en el exterior de la obra en construcción

Aquellos trabajos evaluados en exteriores que se consideraron de metabolismo alto fueron las siguientes: acarreo de materiales, manejo de aplanadoras mecánicas, colocación de estructuras metálicas, soldadura, zanjeo, limpieza de áreas, mampostería y mezcla de cemento en batidoras. Los trabajadores de siete empresas se ubican por encima del límite calculado (empresas A, B, C, E, G, H e I), por lo que se consideran trabajadores en estado de estrés térmico, exceptuando aquellos colaboradores de la empresa F. Asimismo, las labores realizadas en exteriores que implicaron metabolismos bajos, estuvieron asociadas con el manejo de equipos pesados por parte de los operarios, siempre que se mantuvieron delimitados los tiempos de operación y descanso.

En las Tablas 7 y 8 se observan los valores promedio para cada una de las lecturas de temperatura húmeda, seca y de globo y el porcentaje de humedad relativa en ambientes internos y externos de cada empresa constructora.

**Tabla 7: Condiciones ambientales promedio por constructora para espacios internos**

Constructora	TH <sup>1</sup>	TS <sup>2</sup>	TG <sup>3</sup>	HR <sup>4</sup>
B	21,5	33,8	35,3	44,5
D	17,0	23,9	26,2	50,0
E	22,9	28,3	33,0	56,3
G	24,4	32,2	32,3	59,0
H	20,2	30,4	35,3	27,5
I	21,2	24,2	24,9	78,0

<sup>1</sup> TH = Temperatura húmeda (°C)

<sup>2</sup> TS = Temperatura seca (°C)

<sup>3</sup> TG = Temperatura de globo (°C)

<sup>4</sup> %HR = Porcentaje de humedad relativa

Para las condiciones en espacios internos no fue posible inferir la influencia de un determinante sobre otros, sin embargo, la temperatura radiante es un aporte importante a considerar, seguido de la temperatura seca del ambiente de trabajo. El promedio del porcentaje de humedad relativa más alto en interiores se presentó en la constructora I (rango de 78-80%), específicamente en el proyecto I02 que se encontraba en fase de obra gris durante las evaluaciones.

De la misma forma, el factor que más influyó en los trabajadores que laboraban en espacios externos fue asimismo la temperatura de globo, la cual mide la temperatura radiante del ambiente, por lo que el aporte más importante en este caso es el de la radiación solar y la incidencia de la luz solar sobre las superficies de concreto.

**Tabla 8: Condiciones ambientales promedio por constructora para espacios externos**

Constructora	TH <sup>1</sup>	TS <sup>2</sup>	TG <sup>3</sup>	HR <sup>4</sup>
A	21,9	26,9	39,6	48,3
B	23,2	28,3	39,2	50,1
C	21,6	29,6	33,5	44,5
E	23,0	28,2	37,2	50,4
F	18,0	23,1	29,0	51,4
G	23,9	29,8	40,5	43,5
H	20,5	29,6	32,6	36,2
I	22,9	26,9	37,4	53,1

<sup>1</sup> TH = Temperatura húmeda (°C)

<sup>2</sup> TS = Temperatura seca (°C)

<sup>3</sup> TG = Temperatura de globo (°C)

<sup>4</sup> %HR = Porcentaje de humedad relativa

Aunque no se cuenta con una cantidad de datos importante para el análisis de condiciones termohigrométricas, los resultados indican que para el sector construcción, las temperaturas podrían estar generando problemas de estrés térmico sobre todo en aquellas operaciones de mayor demanda física, sin importar que se realicen en interiores o exteriores.

#### **4.2.4 Vibraciones**

Se realizaron mediciones de cuerpo entero y mano-brazo para puestos críticos en las empresas incluidas en el estudio. El número de evaluaciones por empresa se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9: Distribución de las evaluaciones de vibración por empresa**

<b>Constructora</b>	<b>N° observaciones</b>
A	5
B	8
C	1
D	4
E	6
I	3
<b>Total:</b>	<b>27</b>

- **Cuerpo entero**

Se realizaron siete evaluaciones de vibración para cuerpo entero en *backhoes* y excavadoras de oruga durante las tareas de remoción de tierra compactada, así como en boquetes (pipilachas) para el transporte de materiales dentro del proyecto de construcción.

Con el fin de considerar riesgos adicionales a la salud debidos a la exposición a cuerpo entero, se aplicó un factor de multiplicación a los valores de aceleración de los ejes: para los ejes laterales (X, Y) se utilizó el factor 1,4 y para el eje vertical (Z) el factor 1,0 (Griffin et al, 2006).

Las aceleraciones predominantes se reportan en el eje Z (que recorre desde la cabeza hasta glúteos en posición sentado) y X (dirección pecho-espalda). Estas variaciones se pueden deber a los movimientos a los que se someten los equipos evaluados para cuerpo entero.

Se calculó el valor de exposición diaria (A(8)) de los trabajadores evaluados, suponiendo que los valores se mantienen constantes durante toda la jornada estimada en 10 horas. A continuación, se muestran los resultados:

**Tabla 10: Aceleración en ejes X, Y, Z (m/s<sup>2</sup>) y valor de A(8) (m/s<sup>2</sup>) para vibración de cuerpo entero por equipo**

Equipo	X	Y	Z	A(8)
Backhoe 1	0,6877	0,6721	0,4119	0,4605
Backhoe 2	0,4785	0,3824	0,3966	0,4570
Backhoe 3	0,3437	0,3981	0,4348	0,4981
Excavadora oruga	0,5120	0,3314	0,6632	0,7415
Boquete 1	0,6437	0,8772	1,1399	1,2745
Boquete 2	0,34664	0,32396	0,7052	0,7884

Los valores obtenidos de aceleración en la excavadora y en los *backhoes* se encuentran dentro de los rangos de aceleración presentados en estudios realizados en campo (Griffin et al, 2006). Éstos valores en la excavadora son de 0,5 m/s<sup>2</sup> - 1,1 m/s<sup>2</sup> y para el primer *backhoe* las magnitudes están entre 0,24 m/s<sup>2</sup> -1,63 m/s<sup>2</sup>.

La Comunidad Europea en la normativa Directiva 2002/44/EC (Requerimientos mínimos de salud y seguridad en trabajadores expuestos a riesgos provenientes de agentes físicos como vibraciones), establece como límite de exposición (ELV) 1,15 m/s<sup>2</sup> y como valor de acción (EVA) 0,5 m/s<sup>2</sup>. Se utilizó esta referencia en la presente investigación ya que en Costa Rica no hay valores establecidos.

Al comparar los datos de exposición diaria con los establecidos en la normativa de la Comunidad Europea, se puede notar que solamente los *backhoes* 1, 2 y 3 están por debajo del nivel de acción, pero cerca del mismo. El boquete 1 se encuentra por encima del límite de exposición, lo que podría explicarse por la influencia de alguno(s) de los siguientes factores: tipo de terreno por donde transitaba, mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria e inexistencia de amortiguamiento en el asiento del operador. En el caso del boquete 2, éste sí tenía un asiento con amortiguamiento.

Es importante resaltar que la cabina y el asiento de la excavadora de oruga estaban en muy buenas condiciones; sin embargo, el valor de A(8) está por encima del valor de acción, lo que pudo deberse a los movimientos de tierra realizados por el mismo.

Para determinar el nivel y tiempo de exposición real de los trabajadores expuestos a vibración en tareas de construcción de edificios es necesario aumentar el número de muestreos.

Se recomienda mantener en buen estado los sistemas de amortiguamiento de los asientos de la maquinaria, así como el mantenimiento general preventivo y correctivo, para disminuir la exposición a vibración de cuerpo entero de los trabajadores.

- **Mano-brazo**

Se obtuvieron 20 evaluaciones de exposición a vibración mano-brazo en diferentes equipos, dentro de los cuales se encontraron: rompedoras (rotamartillos), brincons, planadora de adoquines y vibrador de concreto. Se descartó una de las mediciones del brincón 1 porque la aceleración obtenida fue muy alta con respecto al tiempo de medición que fue corto.

Durante la toma de mediciones del brincón 1, el trabajador estaba compactando suelo arenoso y grava con cemento. Para el uso de este equipo el trabajador lo sujetaba de una barra de metal y apoyaba el mismo contra su cuerpo para controlarlo durante su operación. El equipo de protección personal del trabajador constaba de orejeras, casco y punteras de metal sobre las botas de hule (ver Ilustración 4).



**Ilustración 4: Operación del brincón 1 en tierra arenosa y grava con cemento respectivamente**

El brincón 2 se utilizó para compactar tierra húmeda suelta en el interior de una excavación (ver Ilustración 5). En este caso el equipo de protección utilizado consistió en casco, chaleco, botas y tapones. El trabajador no contó con ningún dispositivo que

minimizara la exposición a vibración mano-brazo, tales como guantes o recubrimientos de hule en el agarre del equipo.



Ilustración 5: Utilización del brincón 2

La rompedora 1 fue usada sobre una columna de concreto, en tanto que las rompedoras 2, 3 y 4 se utilizaron en piso de concreto (ver ilustración 6). El equipo de protección personal de los operadores de las rompedoras generalmente estaba compuesto por casco, guantes antivibratorios, camisa de manga larga (si la tarea se realiza en el exterior) y careta (caso del operador del rompedor 1), lentes (en los operadores del rompedor 2, 3 y 4), orejeras (para los trabajadores del rompedor 1 y 3) y tapones (en el caso del trabajador del rompedor 2). En los tres equipos de la ilustración 6 se observa que el agarre de los mismos está cubierto de hule. No se cuenta con fotografías de la rompedora 4.



a. Rompedora 1

b. Rompedora 2

c. Rompedora 3

Ilustración 6: Uso de las rompedoras 1, 2 y 3

Como se puede observar en la ilustración 7, las posturas adoptadas durante la realización de las tareas con el rompedor pueden favorecer igualmente a la aparición de dolencias musculo-esqueléticas.



a. Rompedora 1



b. Rompedora 2



c. Rompedora 3

Ilustración 7: Posturas de trabajo adoptadas durante el uso de las rompedoras 1, 2 y 3

El operario que usaba la planadora de adoquines debía compactar toda la superficie de la calle de acceso cubierta con los mismos. El trabajador sostenía con ambas manos la agarradera de metal del equipo para ponerlo en funcionamiento. La postura del trabajador era de pie, con espalda recta o con el torso inclinado, dependiendo de la trayectoria y del esfuerzo requerido para mover la planadora, tal como se muestra en la ilustración 8. El operario utilizaba casco y tapones para el ruido.



Ilustración 8: Uso de la planadora de adoquines

El otro equipo que se evaluó fue el vibrador de concreto, el cual se utilizó durante la chorrea de las paredes del edificio para compactar el material. Al ser empleado bajo estas condiciones, el tiempo de exposición del trabajador corresponde a la duración de la chorrea, dado que el uso del vibrador no es frecuente.

Para conocer el nivel de exposición diario aproximado para mano-brazo para cada uno de los equipos, se calculó el valor de exposición diaria (A(8)) suponiendo un tiempo de exposición a vibración de 6,5 horas (tomando en cuenta tiempos perdidos por traslados del equipo o paros del mismo), excepto para el vibrador de concreto que se utilizó un valor de 24 minutos, pues fue el tiempo que duró la operación. Asimismo, se consideró que los niveles obtenidos en los muestreos se mantienen constantes en la jornada.

En la siguiente tabla se muestran los promedios de las aceleraciones ponderadas por equipo y el valor de exposición diaria A (8) en  $m/s^2$ .

**Tabla 11: Aceleración ponderada ( $m/s^2$ ) y valor de exposición diaria A (8) ( $m/s^2$ ) de los equipos evaluados**

Equipo	Aceleración ponderada ( $m/s^2$ )	A (8) ( $m/s^2$ )
Brincón 1	0,5247	0,5247
Brincón 2	52,2106	48,8386
Rompedora 1	131,7283	123,2205
Rompedora 2	11,3499	10,6168
Rompedora 3	0,4406	0,4122
Rompedora 4	0,4371	0,4089
Planadora	0,5609	6,6159
Vibrador de concreto	0,7136	0,1596

Las magnitudes de vibración obtenidas para los brincones están fuera de los rangos reportados en la bibliografía consultada (Griffin et al, 2006), esto puede deberse a las diferencias en las condiciones de manipulación y en el ambiente durante el uso de los mismos. En tanto que, para los datos obtenidos de las rompedoras, solamente la número 2 está dentro de los valores promedios encontrados en la literatura que van de  $11 m/s^2$  a  $16 m/s^2$ , el resto de las rompedoras están fuera de los rangos. No se encontró información para la planadora de adoquines y el vibrador de concreto.

Según la norma ISO 5349, el nivel de acción para mano-brazo es de  $2,5 m/s^2$  y el valor límite es de  $5,0 m/s^2$ . Para la evaluación, se comparó el valor de la exposición diaria normalizada para ocho horas (A(8)) con estos límites.

Como se puede observar en la tabla 11, el brincón 2, la planadora de adoquines y las rompedoras 1 y 2 sobrepasan el valor límite de  $5 m/s^2$ . Varios aspectos que pudieron influir en los niveles obtenidos están relacionados con el mantenimiento que se le brinda al equipo, la potencia utilizada durante su uso (algunos equipos compartían el compresor con otros) y el tipo de terreno o material sobre el cual se trabajó.

En general, se recomienda el uso de recubrimientos de hule para las agarraderas de los equipos, así como la implementación obligatoria de guantes antivibratorios, el mantenimiento de los equipos y la rotación del personal.

### 4.3 Ergonomía

Para la evaluación ergonómica, se documentaron puestos y actividades críticas por medio de observación y fotografías, con el fin de hacer un análisis de posturas forzadas. La cuantificación se realizó por medio del software Ergo/IBV® Evaluación de riesgos ergonómicos (versión 8.0). El número de evaluaciones por empresa se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12: Distribución de las evaluaciones ergonómicas por empresa**

Constructora	N° observaciones
A	13
B	48
C	30
D	54
E	32
F	18
G	31
H	30
I	26
J	18
<b>Total:</b>	<b>300</b>

Se analizaron tareas sin ciclos de trabajo claramente definidos en las que se dieron posturas forzadas de la espalda, los brazos y las piernas. Además, se aplicó a tareas con una distribución de la carga de trabajo que no es uniforme durante la jornada y en las que era difícil determinar dichos tiempos de exposición.

Se identificaron las siguientes tareas en los proyectos de construcción visitados:

**Tabla 13: Descripción de tareas incluidas en el análisis de posturas forzadas**

Tarea	Sigla	Descripción	N° observaciones	N° observaciones por constructora
Armadura	A	Armado de estructuras metálicas, doblado de varillas y colocación de puntales.	16	D:10; I:1; J:5
Carpintería	C	Corte de piezas de madera para fabricación de formaletas, puertas y muebles, instalación y desmontaje de formaletas.	32	B:2; C:1; D:12; E:1; F:4; G:4; H:4; I:4
Colocación fibra de vidrio	FV	Colocación de fibra de vidrio en cielo raso suspendido y en armado de ductos.	9	C:3; D:2; E:4
Empaste	EM	Empaste de paredes de gypsum con herramientas manuales.	6	C:2; D:2; E:1; G:1
Esmerilado	ES	Uso de esmeril en piezas metálicas y cerámica.	11	A:2; B:3; C:1; D:2; E:1; H:2

Instalación de gypsum	IG	Incluye la instalación de la estructura, corte y colocación de gypsum.	10	C:5; G:1; H:2; I:2
Lijado	L	Lijado manual de concreto y gypsum, lijado eléctrico del concreto y raspado de piso con espátula.	31	B:10; D:10; E:5; F:1; G:1; I:4
Limpieza	LI	Limpieza con escoba y escobón de áreas de trabajo.	9	A:1; B:3; D:2; E:1; I:2
Mampostería	M	Nivel de chorrea, corte con metabo de blocks, enchape, esmerilado de gradas, instalación de malla galvanizada y mampostería.	16	A:1; B:1; C:3; E:1; F:4; G:4; H:2
Maquinaria	MQ	Uso de boquete (o pipilacha), brincón, hidrolavadoras.	6	B:3; D:2; E:1
Mezcla de cemento	MC	Zarandeo y mezcla de cemento en batidora.	10	B:2; C:1; E:1; F:2; G:2; H:1; I:1
Paleado	PA	Uso de pala para mover tierra y recoger escombros.	7	D:1; F:1; J:5
Picado manual	PM	Uso de piqueta, cincel y mazo, espátula, barra.	22	A:1; B:1; C:3; E:2; F:4; G:6; H:2; I:2; J:1
Pintura	P	Aplicación de pintura con rodillo, brocha o pistola con compresor.	17	B:7; C:1; D:5; F:1; G:2; H:1
Repello	R	Repello de paredes de concreto y topes de parqueo, preparación de mezcla en carretillo o balde.	24	B:3; C:4; E:7; G:4; H:2; I:4
Romper	RO	Uso de rotamartillo y cortadora de cemento para la sisa del piso.	22	A:2; B:3; C:3; D:6; E:1; G:1, H:6
Soldadura	S	Soldadura de arco y corte con acetileno.	15	A:2; B:5; C:1; E:2; G:2; I:3
Soldadura y esmerilado	SE	Empleo de soldadura de arco y esmeril.	9	E:2; F:1; H:3; I:3
Tareas de piso	TP	Uso de pulidora en húmedo de piso, colocación de resina, planadora para adoquines, equipo flexible para pulir las orillas, fraguado	9	A:3; C:1; G:1; H:3; J:1
Transporte	T	Transporte manual de sacos de cemento, adoquines, carretillos con material y formaletas metálicas.	8	B:1; C:1; J:6
Otras	O	Instalación de láminas de zinc y marcos de ventanas, izado de materiales, colocación de cable eléctrico y soportes del cielo elevado, inspección de SO.	11	A:1; B:4; E:2; G:2; H:2

Se codificaron las posturas de trabajo en intervalos de tiempo de 30 segundos entre postura y postura, con el fin de obtener una visión general de la totalidad de posturas adoptadas en el periodo de trabajo analizado según la posición de la espalda, brazos, piernas y fuerza realizada. Con estos parámetros se calculó un nivel de riesgo y se categorizó de 1 a 4, donde:

<b>Nivel 1</b>	Posturas que se consideran normales, sin riesgo de lesiones músculo-esqueléticas. No es necesario intervenir.
<b>Nivel 2</b>	Posturas con riesgo ligero de lesiones músculo-esqueléticas. Se requiere intervenir aunque no de manera inmediata.
<b>Nivel 3</b>	Posturas con riesgo alto de lesiones músculo-esqueléticas. Se requiere intervenir tan pronto como sea posible.
<b>Nivel 4</b>	Posturas con riesgo extremo de lesiones músculo-esqueléticas. Se requiere intervenir inmediatamente.

La variabilidad puede atribuirse, entre otros factores, a las diferencias en las etapas constructivas y las tareas evaluadas en cada empresa (que no necesariamente fueron todas las que se incluyen como críticas).

Por ejemplo, para la empresa G donde los riesgos altos son predominantes, se evaluaron proyectos de remodelación, que implicaron tareas con mayor demanda de esfuerzo físico (mampostería y picado manual) a diferencia de la empresa A, donde se encontraban en labores de acabado en su mayoría durante las evaluaciones. Además hay una importante diferencia en el número de observaciones, que también pudo afectar el resultado de la empresa.

La Figura 19 resume los porcentajes asignados a cada nivel de riesgo por empresa.

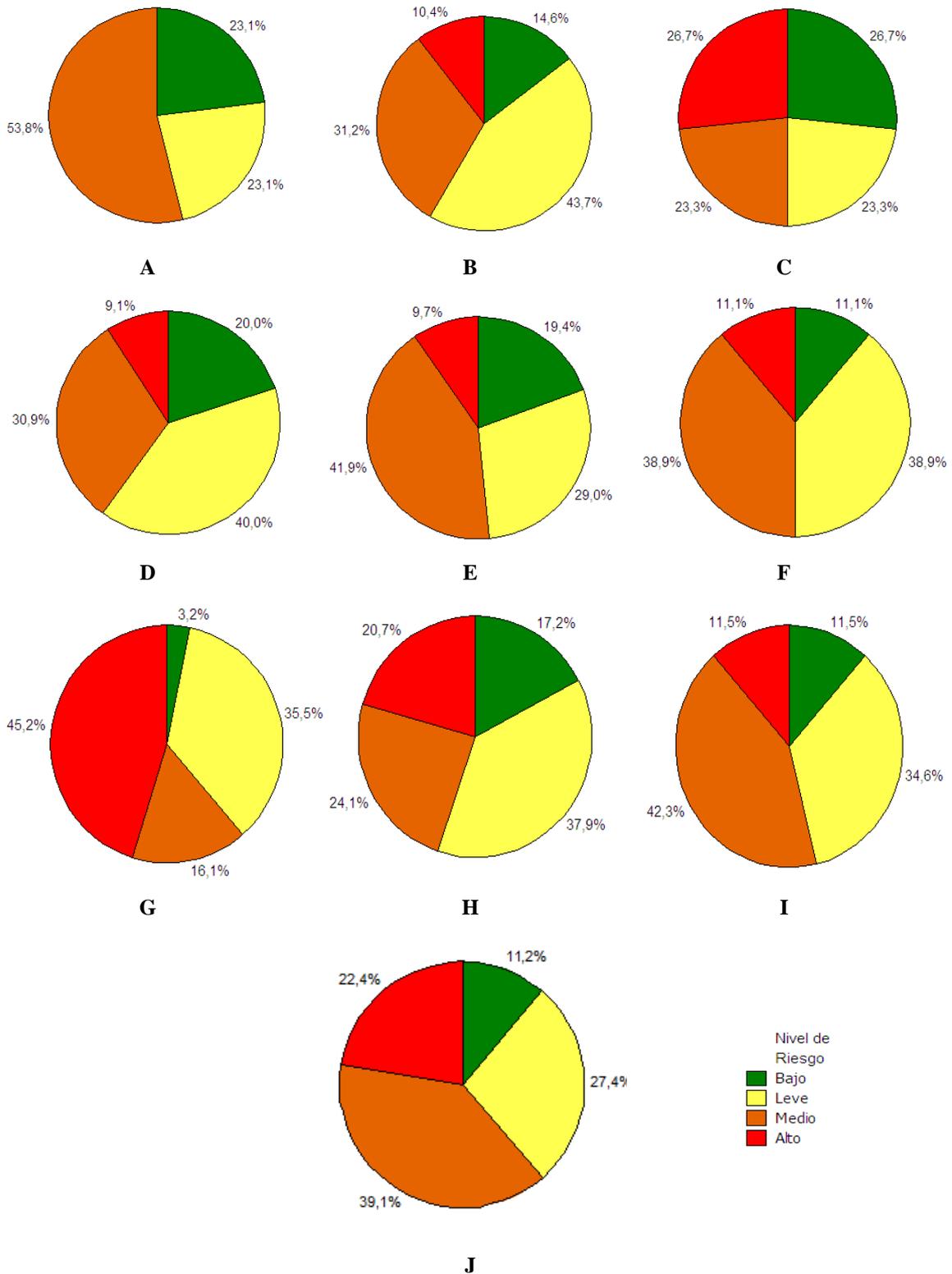
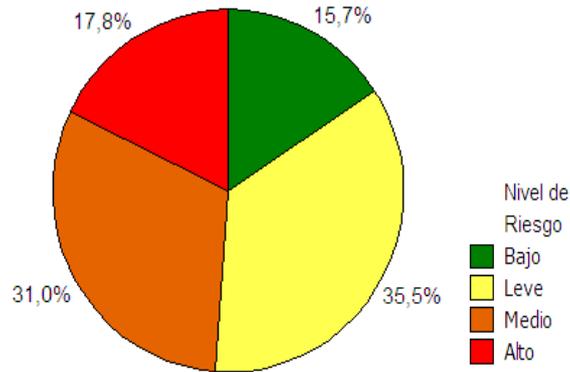


Figura 19: Análisis de riesgo para posturas forzadas por constructora

El análisis general de los datos indicó que para las empresas la mayoría de los riesgos asociados a posturas forzadas se pueden agrupar como leve y medio. Los porcentajes calculados se observan en la Figura 20.



**Figura 20: Análisis general de posturas forzadas**

Para una misma tarea se obtuvieron diversos niveles de riesgo dependiendo de la forma en que el trabajador la desarrollaba y el entorno en el que se encontraba. Otros factores que pudieron influir fueron el grado de capacitación, estado de los equipos y herramientas, experiencia en el puesto y años de trabajar en construcción.



**Ilustración 9: Posturas Forzadas**

En la Figura 21 se observan las tareas según nivel de riesgo. Se distinguen las tareas de romper, repellar, colocación de gypsum y palear, como aquellas donde se obtuvieron la mayor cantidad de trabajadores con un nivel de riesgo alto (4).

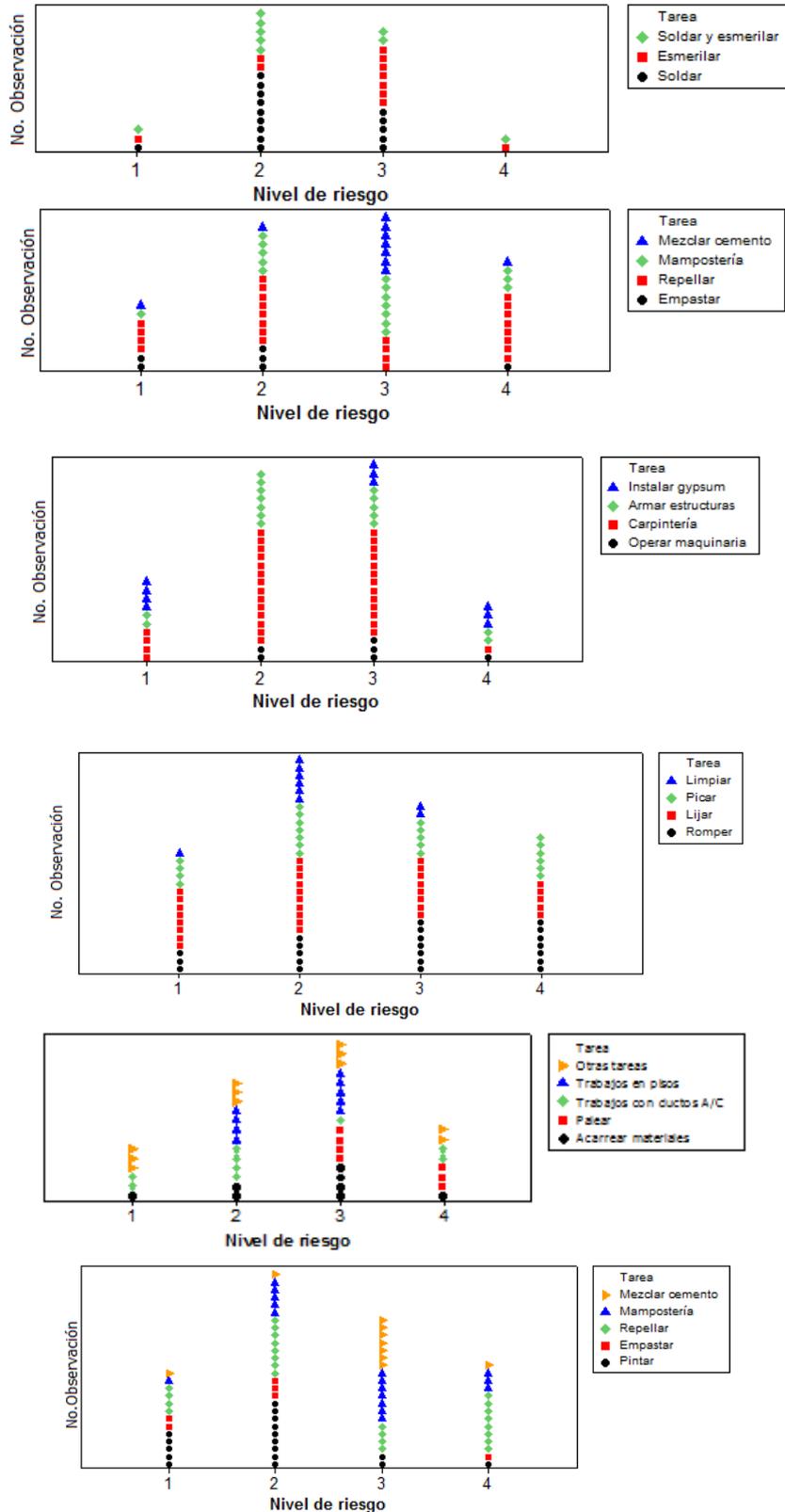


Figura 21: Niveles de riesgo para posturas forzadas según tarea

La evaluación ergonómica se complementó con el método de carga postural REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), el cual es especialmente sensible con tareas que

conlleven cambios inesperados de postura. Su aplicación previene principalmente riesgos de tipo músculo-esquelético al alertar sobre condiciones de trabajo inadecuadas.

Este método clasifica la puntuación final en cinco niveles de acción, señalando en cada caso la urgencia de intervención. La puntuación se muestra a continuación:

Nivel de acción	Nivel de riesgo	Actuación
<b>0</b>	Inapreciable	No es necesaria actuación
<b>1</b>	Bajo	Puede ser necesaria la actuación
<b>2</b>	Medio	Es necesaria la actuación
<b>3</b>	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes
<b>4</b>	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Los resultados del análisis REBA por empresa se muestran en la figura 22. Se puede observar que el 83% de los 300 trabajadores evaluados se encuentran sobre el nivel de riesgo medio.

La empresa A tuvo cuatro trabajadores en riesgo muy alto, los cuales se dedicaban a esmerilar, picar, romper y limpieza de superficies. En el caso del riesgo alto, la empresa B contó con 12 trabajadores, en tanto que D y E tuvieron cada uno 11 trabajadores, y C 10 trabajadores, quienes realizaban las siguientes tareas: empaste de paredes, lijado manual y eléctrico, mampostería, mezcla de cemento, instalación de la estructura de gypsum y ductería, repello, soldadura, pintura, picado manual, operación de maquinaria pesada, entre otras.

En cuanto al nivel de riesgo medio, las empresas D y B presentaron 32 y 31 trabajadores respectivamente en esta clasificación, quienes efectuaron tareas de carpintería, demolición, lijado, armadura, esmerilado, doblado de varillas, mezcla de cemento, empaste, pintura, repello, soldadura, etc.

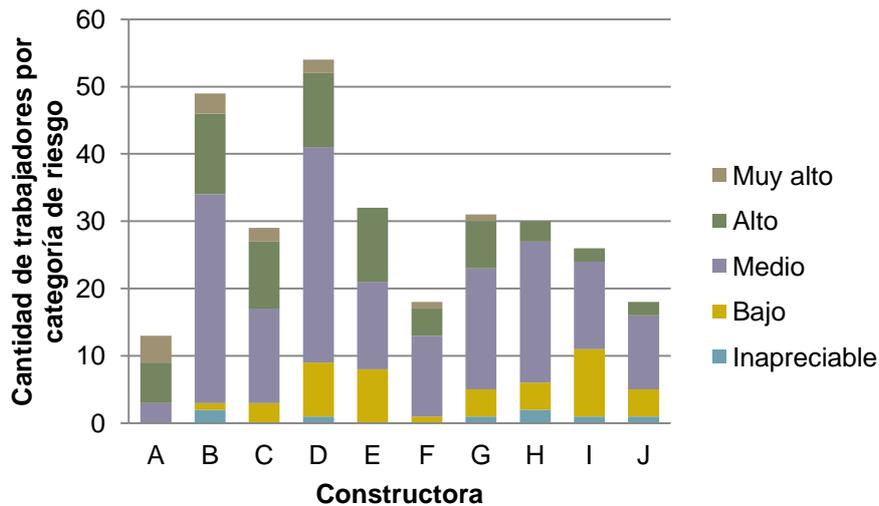


Figura 22: Número de trabajadores según categoría de riesgo del REBA por constructora

Con respecto al análisis general, en el nivel de riesgo muy alto se presentaron 13 (4,3%) trabajadores, 68 (22,7%) en riesgo alto, 168 (56%) en riesgo medio, 43 (14,3%) en riesgo bajo y 8 (2,7%) en inapreciable (ver Figura 23). Por lo tanto, el grueso de la población laboral evaluada se sitúa sobre el riesgo medio, lo que implicaría que en distintas tareas, como repellido, lijado y demolición principalmente, sea necesaria la actuación cuanto antes para mejorar las condiciones ergonómicas de los trabajadores.

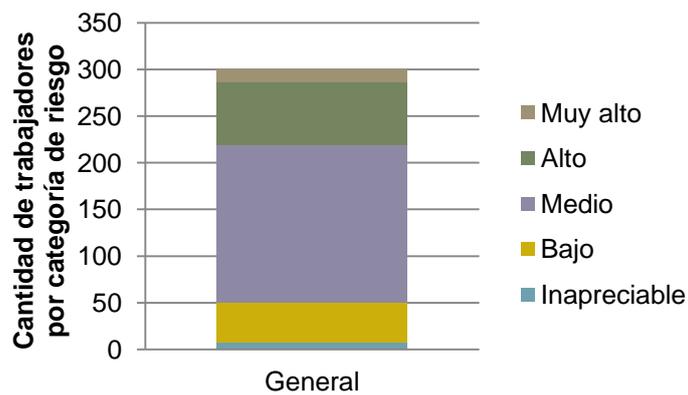
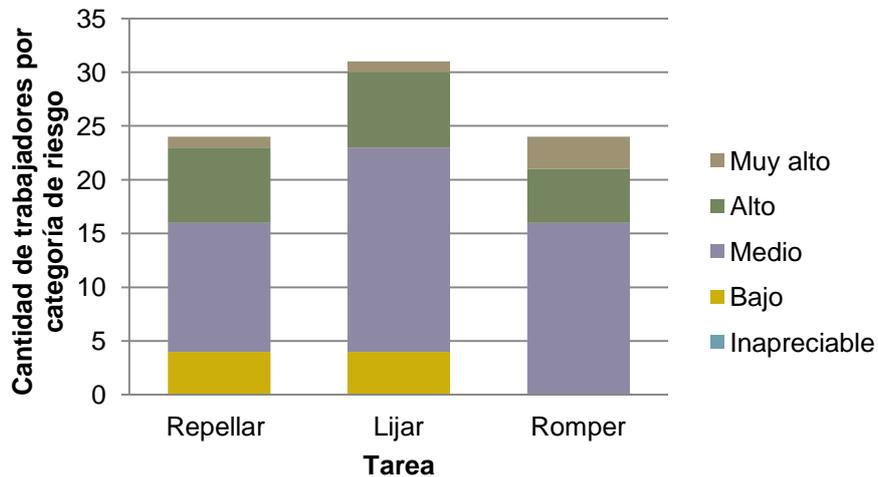


Figura 23: Número de trabajadores en general según categoría de riesgo del REBA

Se seleccionaron tres de las tareas catalogadas como críticas, de acuerdo al método REBA, de todas las actividades evaluadas en la primera parte de este apartado (ver Tabla 13). Se encontró que las tareas de repello, lijado (manual y eléctrico) y demolición con rotamartillo, presentaron mayor cantidad de trabajadores concentrados sobre el nivel medio debido a la alta carga postural (ver Figura 24).

Las evaluaciones realizadas con el método REBA coinciden con las del método de posturas forzadas, dado que las tareas de romper y repellar también se clasificaron como de riesgo alto, y por lo tanto conlleva a una alta posibilidad de que los trabajadores que realizan las mismas sufran de molestias musculoesqueléticas a corto y mediano plazo.



**Figura 24: Número de trabajadores según categoría de riesgo del REBA por tarea**

Como conclusión, el método REBA orientará a los encargados de seguridad y salud ocupacional de las empresas sobre la necesidad o no de plantear acciones correctivas sobre determinadas posturas. Por otra parte, las puntuaciones individuales obtenidas para los segmentos corporales, la carga, el agarre y la actividad, podrán guiar al encargado sobre los aspectos con mayores problemas ergonómicos y dirigir así sus esfuerzos preventivos convenientemente.

Si finalmente se aplicaran correcciones sobre las posturas evaluadas, se recomienda confirmar la correcta actuación con la aplicación del método REBA a la solución propuesta, garantizando así la efectividad de los cambios.

#### 4.4 Agentes Químicos



Ilustración 10: Exposición a diversos agentes químicos

Se valoró la exposición ocupacional a diversos agentes químicos considerados de importancia dentro de las actividades normales del sector construcción, a saber: polvo de madera, polvo total, sílice y humos metálicos de hierro, cromo y manganeso.

Los resultados fueron comparados con los valores umbrales límite de exposición ponderados en el tiempo (TLV-TWA) propuestos por la Asociación Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) actualizada al 2011. Debido a que se reportan jornadas laborales promedio por semana de 57.5 horas, se aplicó la relación sugerida por Brief & Scala (1975) para la reducción del valor de cada contaminante, a fin de poder hacer inferencias sobre el cumplimiento.

Para efecto de poder realizar los cálculos necesarios para hacer inferencias estadísticas en aquellos casos donde se reportaron concentraciones por debajo del límite de detección establecido, se tomó como base el trabajo de Hornung y Reed (1990), en el cual se estudia el error asociado con la estimación de la media de exposición cuando se tienen lecturas inferiores a los límites de detección y se introdujo como valor de la concentración para estas lecturas el equivalente a 0,5 veces el límite de detección.

En todos los casos, el comportamiento de los datos fue mejor descrito por una distribución log normal, consistente con los resultados de las investigaciones de Rappaport y Selvin (1987) para este tipo de datos. Por lo anterior, el análisis de cumplimiento con la norma se basó en parámetros que puedan ser convenientemente comparados con este tipo de distribución.

#### 4.4.1 Polvo de Madera

Para este agente químico se analizaron un total de 82 muestras correspondientes a 57 trabajadores. Durante el período de evaluación, las tareas de carpintería se centraron en la fabricación e instalación de formaletas y piezas de madera para ajustar los puntales en la fase de obra gris, pero también se consideraron actividades de corte, lijado y ensamble de puertas, molduras y muebles en los proyectos que se encontraban en la fase de acabados.

En la Tabla 14 se muestran las medidas de tendencia central, así como la cantidad de trabajadores y muestras de polvo de madera (fracción inhalable), tomadas para cada una de las empresas constructoras consideradas en el estudio.

**Tabla 14: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvo de madera fracción inhalable por empresa**

Empresa	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
A	17	8	5,0 (1,6)	4,58	5,48	6,83
B	7	6	2,0 (1,9)	1,60	2,39	4,73
C	6	5	0,86 (1,57)	0,69	0,95	1,60
D	12	8	3,8 (1,9)	3,46	4,75	7,54
E	2	2	4,2 (2,3)	1,68	5,83	30104
F	11	7	2,3 (4,0)	2,72	6,10	36,4
G	8	6	1,4 (3,1)	1,32	2,68	15,6
H	11	8	4,3 (1,9)	3,78	5,29	8,73
I	8	7	1,9 (1,7)	1,55	2,15	3,63
General <sup>1</sup>	82	57	2,6 (2,6)	3,29	3,99	5,04
General sin contratistas <sup>2</sup>	80	55	2,7 (2,5)	3,40	4,12	5,18

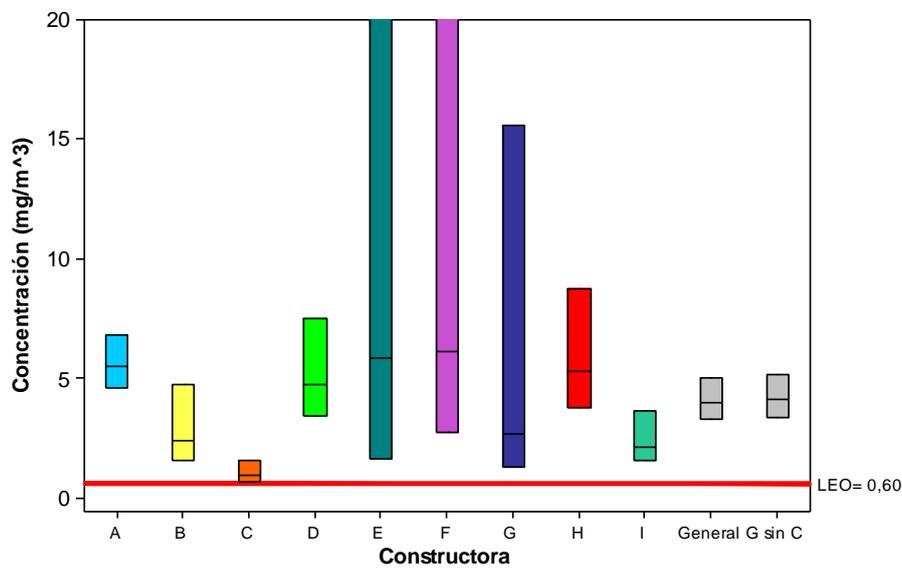
**Nota:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

<sup>1</sup> Incluye muestras de constructoras y contratistas.

<sup>2</sup> Solamente muestras de constructoras.

La Figura 25 muestra en forma gráfica la situación que se deriva del análisis de las muestras, tanto en forma general como para cada una de las empresas, con el fin de comparar con la normativa. Se calcularon los límites de confiabilidad al 95% en torno al MLE (estimador de máxima probabilidad para una distribución log normal), con el fin de contar con una estimación probabilística. Puede observarse que para todas las empresas los intervalos de confianza se encontraron por encima del TLV-TWA corregido (que para este contaminante se estimó en 0,60 mg/m<sup>3</sup>), indicando una situación de sobreexposición.

Sin embargo, debe considerarse que el método de análisis empleado en este estudio no permitió discriminar entre los componentes del polvo capturado en el filtro, por lo que se considera poco probable que las muestras sólo tuvieran polvo de madera, lo cual ha sido discutido por varios autores (Demers et al., 2000; Fransman et al., 2003; Teschke et al., 1999). En la mayoría de los casos los trabajadores que efectuaban labores de carpintería se veían expuestos a polvo de cemento, metales o gypsum, procedente de las labores realizadas por los compañeros que se encontraban a su alrededor. Sólo la empresa D contaba con su propio taller de madera en todos los proyectos.



**Figura 25: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvo de madera por empresa**

En la Figura 25 también puede apreciarse que las empresas E, F y G fueron las que presentaron la mayor dispersión de los datos, lo cual pudo deberse a la naturaleza de las labores realizadas, ya que en estas empresas se muestrearon tareas diferentes y en distintas fases del proyecto, desde obra gris hasta acabados.

El análisis de todas las muestras mostró una situación de sobreexposición a polvo de madera, tanto para los trabajadores propios de las empresas como para todos los trabajadores (considerando contratistas). Debido a la escasez de datos, no se hizo el estudio solamente tomando en cuenta los contratistas que participaron en los proyectos visitados.

#### 4.4.2 Polvo Total

Entre las tareas que se realizan con mucha frecuencia en labores de construcción y que representan un significativo riesgo de exposición ocupacional a material particulado, se identificaron aquellas en las cuales se utiliza para diferentes fines el gypsum o el concreto. En la Tabla 15 se describen las tareas evaluadas.

**Tabla 15: Descripción de las tareas evaluadas para polvo total**

Tarea	Descripción
Colocación y acabado de gypsum	Instalación del armazón que sostendrá el gypsum, corte y colocación de las láminas, empaste y lijado.
Limpieza	Barrido de pisos y recolección de escombros. Se incluye uso de rompedora previo a la recolección de desechos.
Trabajos con concreto	Lijado de paredes y vigas de concreto, uso de piquetas, barras, rotamartillos y cepillos metálicos, corte de piezas de piso con metabo; transporte de sacos y preparación de cemento en batidora.
Tareas de piso	Preparación de mezcla, colocación de resina en piso, pulido seco y húmedo, fraguado.

En la Tabla 16 se resumen las medidas de tendencia central, obtenidas por empresa, para polvo total, las cuales fueron comparadas contra el TLV-TWA corregido de “material particulado no identificado de otra forma” de  $6 \text{ mg/m}^3$ . Cabe destacar que este criterio fue establecido por la ACGIH sólo para aquellas sustancias que no cuenten con un TLV, pero que además posean baja toxicidad y sean insolubles en agua o fluidos del pulmón. Sin embargo, para las muestras tomadas bajo este criterio no es posible diferenciar entre los componentes del polvo, por lo que algunos de éstos podrían tener toxicidades mayores y por ende valores de TLV-TWA menores al criterio utilizado para polvo molesto.

La Figura 26 muestra que únicamente en las empresas A e I se presentan niveles de exposición ocupacional a polvo por debajo del valor de comparación. Dentro de las posibles razones para que se diera esta situación se puede mencionar que para estas empresas se muestreó únicamente un proyecto de construcción y sólo la fase de acabados, además de que todos los trabajadores muestreados eran contratistas. Sin embargo, debe recalcar el hecho de que se desconoce la composición y toxicidad real del polvo presente, por lo que no se puede descartar la posibilidad de efectos adversos a la salud por el simple hecho de cumplir con el criterio de comparación utilizado.

Tabla 16: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvo total, por empresa

Empresa	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
A	13	9	1,8 (1,9)	1,64	2,20	3,27
B	11	9	6,3 (2,6)	6,08	10,2	25,6
C	7	7	3,0 (3,5)	2,78	6,54	63,9
D	11	6	5,9 (4,6)	7,83	19,0	135
E	12	7	6,9 (6,2)	11,9	36,2	478
F	4	4	4,5 (3,2)	3,24	8,81	521722
G	2	1	9,2 (1,2)	6,45	9,36	17,6
H	9	7	6,6 (3,6)	6,85	15,01	78,4
I	5	5	1,7 (1,4)	1,33	1,80	2,86
General <sup>1</sup>	74	55	4,1 (3,9)	7,52	10,4	15,9
Constructoras <sup>2</sup>	31	24	4,7 (4,1)	7,61	12,8	28,4
Contratistas <sup>3</sup>	43	31	3,7 (3,8)	5,98	8,99	16,0

Notas: Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

<sup>1</sup> Incluye muestras de constructoras y contratistas.

<sup>2</sup> Se evaluaron tareas de limpieza, relacionadas con acabados de concreto y pisos.

<sup>3</sup> Se tomaron en cuenta tareas de colocación de gypsum y acabado del mismo.

El análisis de todas las muestras en general mostró una situación de sobreexposición a polvo total, tanto para los trabajadores propios de las constructoras como para los contratistas.

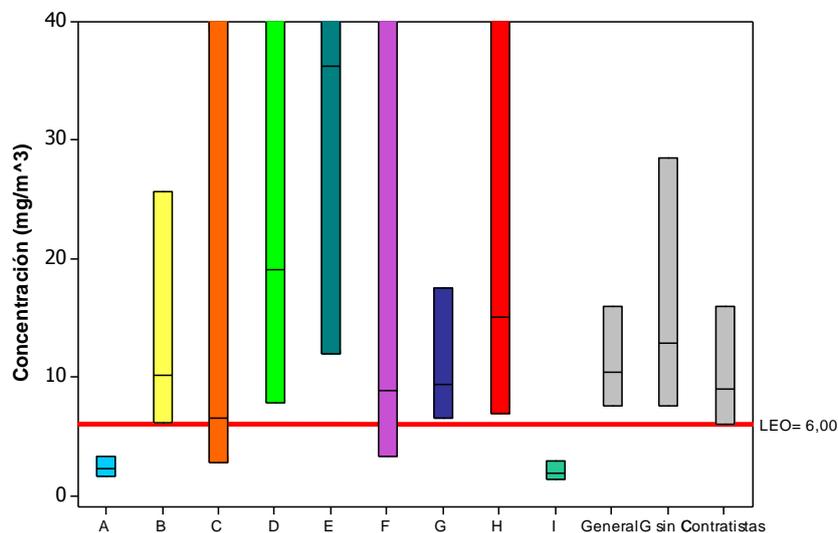


Figura 26: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvo total por empresa

La Figura 27 ofrece los datos individuales de concentración obtenidos para las 74 muestras analizadas, correspondientes a los 55 trabajadores muestreados. En ella puede observarse que la mayor dispersión de los datos se presentó en la empresa E, en la cual una de las muestras alcanzó un valor cercano a los 350 mg/m<sup>3</sup>, que equivale a 58 veces

el valor máximo permitido para polvo molesto. Para esta muestra se reporta que el trabajador estaba lijando manualmente gypsum en el techo, sin aberturas ni entradas de aire, sobre un andamio, viendo hacia arriba y además acostumbraba sacudirse con sus manos el polvo de la ropa.

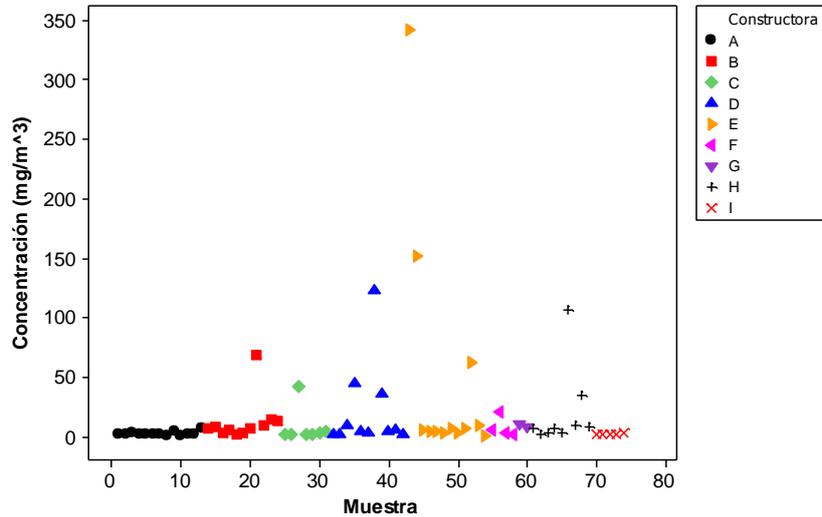


Figura 27: Dispersión de datos de las concentraciones de polvo total por constructora

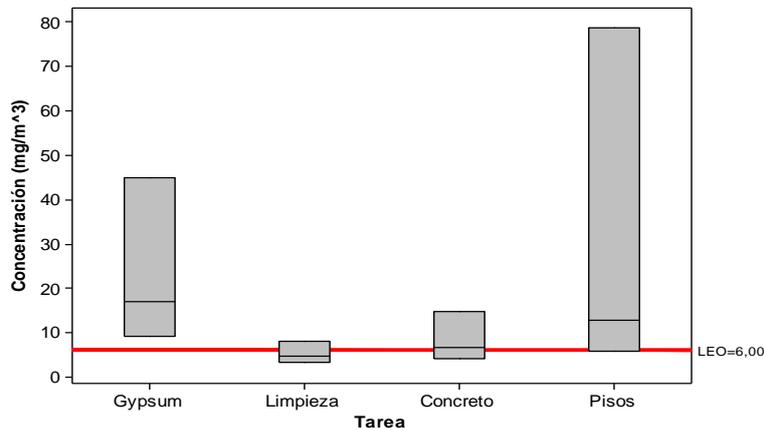
Con el fin de caracterizar mejor la exposición a la fracción total de material particulado, así como identificar aquellas actividades que podrían estar representando un mayor riesgo de exposición a este tipo de contaminante, se agruparon los datos por tipo de actividad, tal y como se muestra en la Tabla 17 y Figura 28. De esta forma se observa que las actividades que presentaron sobreexposición y generaron un rango más amplio de concentraciones fueron las de colocación y acabados de gypsum, así como colocación de resina en piso, pulido, fraguado y preparación de mezcla. Esta dispersión también pudo deberse a la gran diversidad de labores, que incluían desde inspección, preparación, colocación e instalación, acabados, lijado y corte a medida de las piezas.

**Tabla 17: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvo total por tarea**

Tarea	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
Colocación y acabado de gypsum	35	24	4,3 (5,2)	9,16	16,9	45,0
Limpieza	17	12	3,2 (2,4)	3,21	4,63	7,90
Concreto (lijado, picado)	11	10	4,4 (2,5)	4,13	6,61	14,8
Pisos (fraguado, pulido)	10	8	4,9 (4,0)	5,67	12,8	78,7

**Notas:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

Por su parte, la actividad de limpieza fue la que presentó las concentraciones más bajas y el rango más pequeño porque los trabajadores muestreados realizaron labores semejantes. Esta actividad y la de lijado de paredes y vigas de concreto se encontraron en zona de indecisión, pero no se descarta la posibilidad de sobreexposición.



**Figura 28: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvo total por tarea**

#### 4.4.3 Sílice

Dentro de la variedad de sustancias presentes en el concreto y consideradas altamente perjudiciales para la salud, se encuentra el polvo de sílice, que ha sido clasificado por la IARC como un agente cancerígeno (IARC, 1997). Para este contaminante, la ACGIH (2011) establece un valor de 0,025 mg/m<sup>3</sup> (0,015 mg/m<sup>3</sup> al aplicar la corrección).

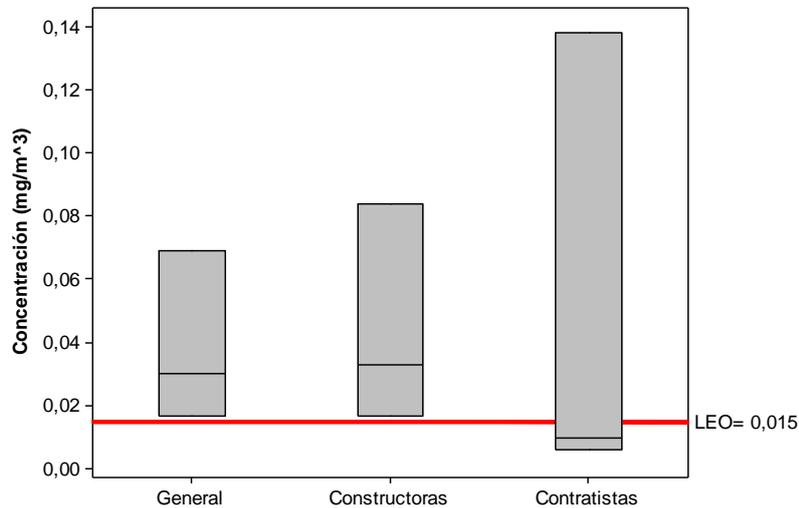
**Tabla 18: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a sílice respirable**

Empresa	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
General <sup>1</sup>	52	52	0,0059 (6,1)	0,017	0,030	0,069
Constructoras	48	48	0,0057 (6,6)	0,017	0,033	0,084
Contratistas	4	4	0,0082 (1,8)	0,006	0,01	0,138

**Nota:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

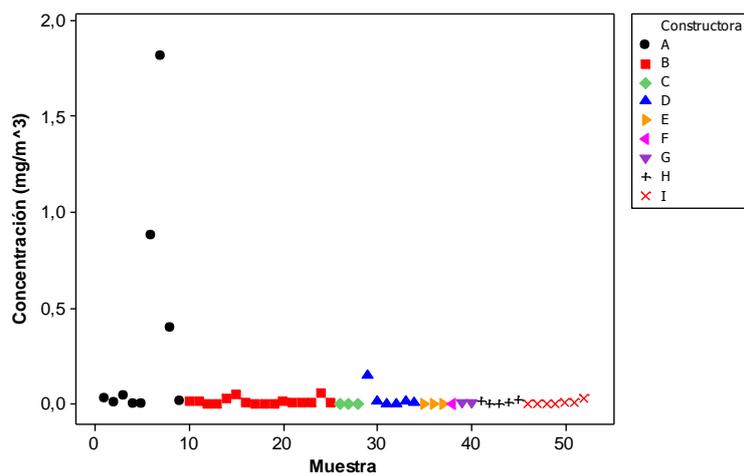
<sup>1</sup> Incluye muestras de constructoras y contratistas.

La Tabla 18 y Figura 29 muestran que en términos generales los trabajadores se encuentran sobreexpuestos a sílice respirable, tanto los trabajadores propios de las constructoras como de los contratistas.



**Figura 29: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a sílice respirable**

La Figura 30 muestra que las concentraciones más altas fueron obtenidas por trabajadores de la empresa A, los cuales al momento del muestreo se encontraban en labores de corte de block y mampostería.



**Figura 30: Dispersión de datos de las concentraciones de sílice respirable por constructora**

Se separaron los datos de sílice por tareas, según se describe a continuación (ver Tabla 19):

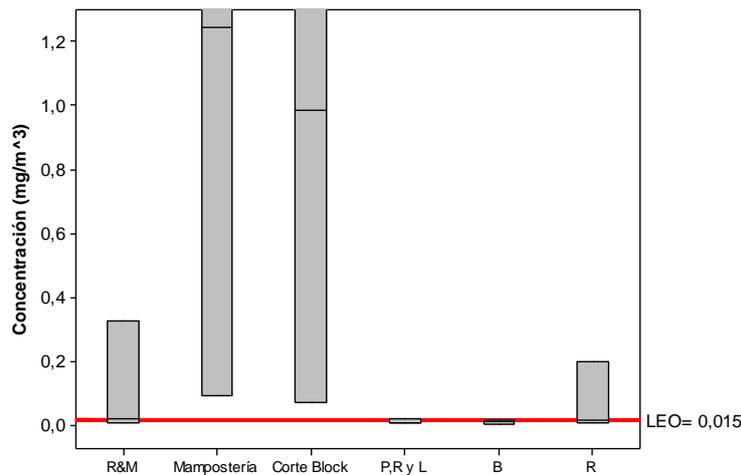
- **Repello y mezcla (R&M):** preparación de mezcla manualmente (en carretilla o baldes) y/o colocación de repello, principalmente en áreas de sótanos con acabado en concreto expuesto.
- **Mampostería:** tareas de zarandeo, chorreado y mampostería.
- **Corte de blocks:** corte de blocks con metabo para usar en mampostería.
- **Picado, repello y lijado (P, R y L):** uso de piquetas, mazo y cincel, espátula; lijado manual o con lijadoras eléctricas, martilijadora, helicóptero para lijado de piso y repello de superficies.
- **Mezcla en batidora (B):** uso de batidora de cemento para preparación de mezcla.
- **Rompiendo estructuras (R):** uso de rotamartillo para demoler estructuras.

**Tabla 19: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a sílice respirable, por tarea**

Tarea	Nº muestras	Nº trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
Repello y mezcla (R&M)	9	9	0,0053 (4,9)	0,007	0,019	0,327
Mampostería	5	5	0,028 (19,7)	0,090	2,40	> 1000
Corte de blocks	5	5	0,020 (20,5)	0,069	1,90	> 1000
Picado, repello y lijado (P, R y L)	20	20	0,004 (3,1)	0,005	0,008	0,017
Mezcla en batidora (B)	3	3	0,005 (4,3)	0,003	0,014	> 1000
Rompiendo estructuras (R)	9	9	0,004 (5,3)	0,005	0,014	0,196

**Notas:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

Se determinó sobre exposición a sílice para las labores de mampostería y corte de blocks. Las tareas restantes se encontraron en zona de indecisión, pero en el caso de mezcla y ruptura de estructuras también se alcanzaron concentraciones muy elevadas, al comparar con el estándar. La menor dispersión y el rango más bajo de concentraciones fueron obtenidos durante el picado, repello y lijado de concreto. Sin embargo, cabe señalar que en este caso la menor dispersión pudo deberse al hecho de que esta tarea fue la que contó con el mayor número de muestras (ver Tabla 19 y Figura 31).



**Figura 31:** Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a sílice respirable, por tipo de actividad

#### 4.4.4 Humos metálicos de Hierro, Cromo y Manganeso

El muestreo de exposición ocupacional a hierro, cromo y manganeso se efectuó a un total de 78 trabajadores que realizaron las tareas de corte, esmerilado y/o soldadura de piezas metálicas para techo, tubería y zonas de acceso. Se recolectó un total de 112 muestras.

**Tabla 20:** Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por empresa

Empresa	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
A	17	10	0,017 (5,9)	0,033	0,082	0,46
B	42	26	0,019 (5,0)	0,041	0,070	0,17
C	6	6	0,014 (2,4)	0,011	0,021	0,10
D	11	7	0,0049 (2,7)	0,005	0,008	0,021
E	14	10	0,011 (5,4)	0,018	0,046	0,34
F	5	4	0,0079 (1,9)	0,006	0,010	0,027
H	10	8	0,0080 (2,7)	0,008	0,013	0,038
I	7	7	0,0049 (3,5)	0,005	0,011	0,10
General <sup>1</sup>	112	78	0,012 (4,6)	0,027	0,037	0,054
Constructoras	41	32	0,0079 (2,7)	0,010	0,013	0,019
Contratistas	71	46	0,015 (5,2)	0,039	0,060	0,11

**Nota:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

<sup>1</sup>Incluye muestras de constructoras y contratistas.

Para el caso de manganeso, de las ocho empresas muestreadas, tres se encontraron en zona de indecisión y las cinco restantes presentaron niveles de exposición inferiores al límite de exposición ocupacional (ver Tabla 20 y Figura 32).

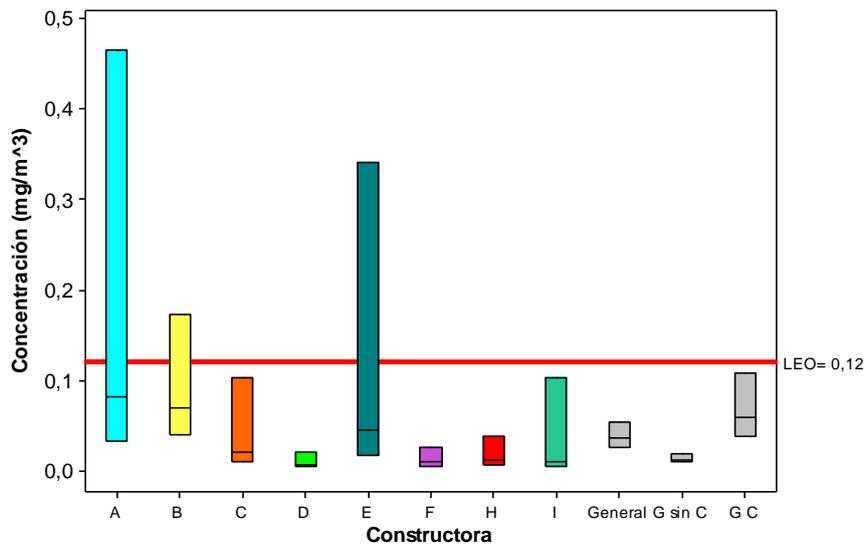


Figura 32: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por empresa

En el gráfico de dispersión para las concentraciones de manganeso (Figura 33) se puede observar claramente que las concentraciones más elevadas (sobrepasando el estándar de 0,12 mg/m<sup>3</sup>) las presentaron muestras correspondientes a las empresas A, B y E. Estas muestras corresponden a actividades realizadas en espacios cerrados donde había muchos trabajadores cercanos soldando y esmerilando.

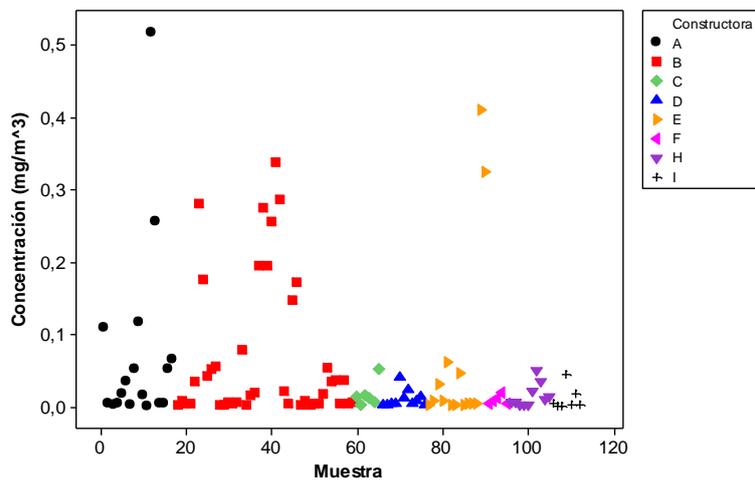


Figura 33: Dispersión de datos de las concentraciones de polvos y humos de manganeso, por constructora

En la Tabla 21 se encuentran los rangos de concentraciones obtenidos por empresa, del análisis de hierro en las muestras.

**Tabla 21: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por empresa**

Empresa	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
A	17	10	0,57 (3,6)	0,727	1,30	3,46
B	42	26	0,40 (3,5)	0,604	0,88	1,48
C	6	6	0,12 (2,3)	0,091	0,16	1,6
D	11	7	0,27 (2,8)	0,268	0,46	1,22
E	14	10	0,25 (6,2)	0,484	1,34	10,6
F	5	4	0,18 (2,7)	0,139	0,304	3,55
H	10	8	0,31 (7,0)	0,547	2,03	66,6
I	7	7	0,10 (2,0)	0,082	0,128	0,286
General <sup>1</sup>	112	78	0,29 (4,1)	0,591	0,782	1,11
Constructoras	41	32	0,25 (3,6)	0,385	0,57	0,981
Contratistas	71	46	0,32 (4,4)	0,657	0,956	1,56

**Nota:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

<sup>1</sup> Incluye muestras de constructoras y contratistas.

En este caso solamente la empresa I presentó un rango de concentraciones inferior al límite permitido (ver Figura 34). Un posible factor contribuyente a la obtención de estas bajas concentraciones fue que en el proyecto muestreado las labores (soldadura de estructuras metálicas) fueron realizadas en espacios abiertos y con mucha ventilación, que daban al exterior en la parte alta de un edificio de varios pisos.

En las empresas H y E se dio mucha dispersión debido a que en algunos proyectos se realizaron labores en sótanos o espacios cerrados sin adecuada ventilación, mientras que en otros casos se trabajó en exteriores o espacios abiertos. En la empresa E se tiene además la característica particular de que en ella se encontraba el único trabajador del estudio que soldó con TIG.

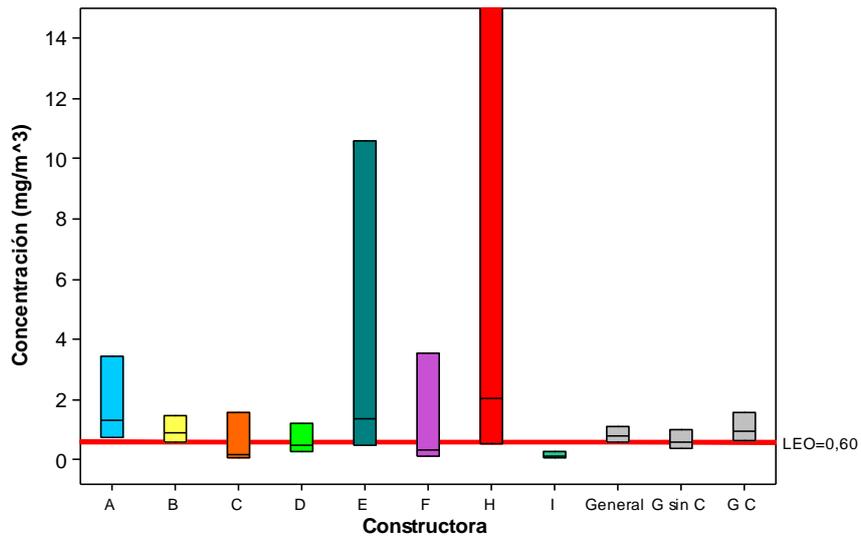


Figura 34: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por empresa

En las Figuras 33 y 35 se aprecia que la concentración más alta de ambos metales corresponde a una muestra de la empresa A, en la cual se superó más de 4 veces la exposición a manganeso y cerca de 13 veces el límite permitido para hierro. Este pico de exposición lo presentó un trabajador que esmeriló y soldó con arco, con electrodo 6013 en un entrepiso de altura reducida, por lo tanto él debía inclinarse sobre las piezas metálicas para realizar la tarea.

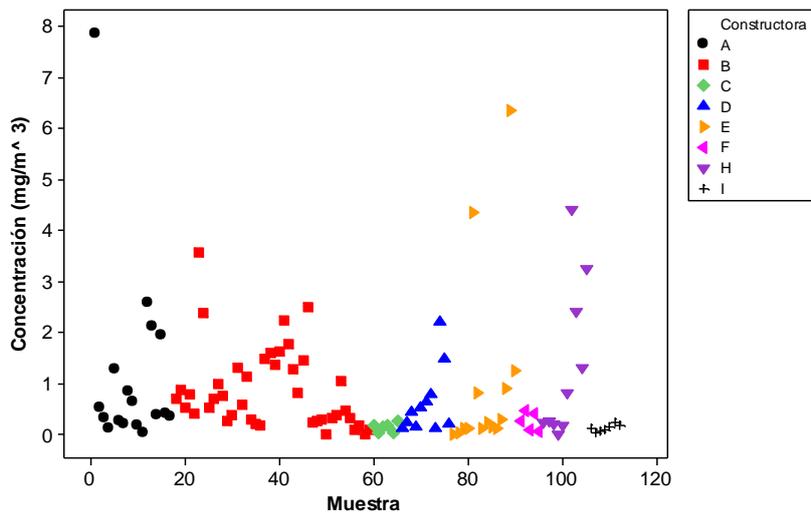


Figura 35: Dispersión de datos de las concentraciones de polvos y humos de hierro, por constructora

El trabajador que presentó la segunda concentración más alta de ambos metales (perteneciente a la empresa E) se encontraba soldando paredes y piso dentro de un tanque, por lo que ahí también existía escasa ventilación.

El estudio de todas las concentraciones determinó una situación de cumplimiento para exposición a manganeso y sobreexposición a humos de hierro (Figuras 32 y 34). Esto pudo deberse a que en la mayoría de los proyectos el material con que se trabajaba para la elaboración de rampas, tanques, barandas, vigas, estructuras de techo, paredes, entre otros, era hierro negro.

La división por tareas para exposición a hierro y manganeso, se hizo de la siguiente forma:

- **Soldadura y esmerilado:** soldadura con electrodos E-6013, E-6010 y E-7018, soldadura TIG (n=1).
- **Esmerilado:** uso de esmeril.
- **Soldadura y corte:** soldadura con electrodos E-6013, E-6011, E-7018, E-6010, E-1713, y corte con oxiacetileno (n=3).

**Tabla 22: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por tipo de actividad**

Tarea	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
Soldadura y esmerilado (S&E)	43	30	0,015 (4,1)	0,026	0,040	0,074
Esmerilado (E)	18	12	0,0044 (1,7)	0,004	0,005	0,007
Soldadura y corte (S&C)	46	32	0,015 (5,5)	0,037	0,064	0,150

**Notas:** Concentraciones en mg/m<sup>3</sup>, IC 95%.

Para manganeso se determinó una situación de cumplimiento con la normativa para las tareas de esmerilado y soldadura y esmerilado. Por su parte, las tareas de soldadura y corte fueron las que presentaron el mayor y más amplio rango de concentraciones (ver Tabla 22 y Figura 36).

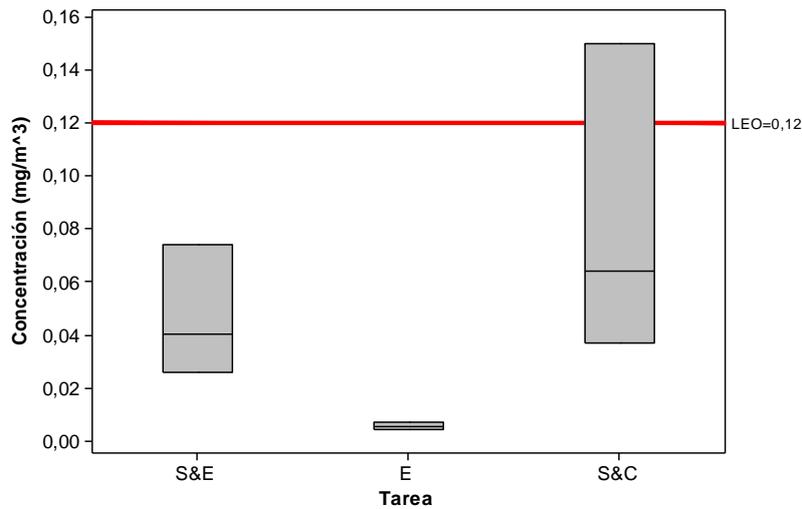


Figura 36: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de manganeso, por tarea

Como se evidencia en la Tabla 23 y Figura 37, la situación fue distinta para hierro, para el cual hubo sobreexposición para las labores de soldadura y esmerilado, mientras que esmerilado y soldadura y corte se encontraron en zona de indecisión.

Tabla 23: Medidas de tendencia central de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por tipo de actividad

Tarea	N° muestras	N° trabajadores	MG (DGE)	LIC	MLE	LSC
Soldadura y esmerilado (S&E)	43	30	0,41 (4,2)	0,723	1,14	2,20
Esmerilado (E)	18	12	0,41 (3,4)	0,509	0,874	2,16
Soldadura y corte (S&C)	46	32	0,21 (4,2)	0,377	0,585	1,11

Notas: Concentraciones en  $\text{mg}/\text{m}^3$ , IC 95%.

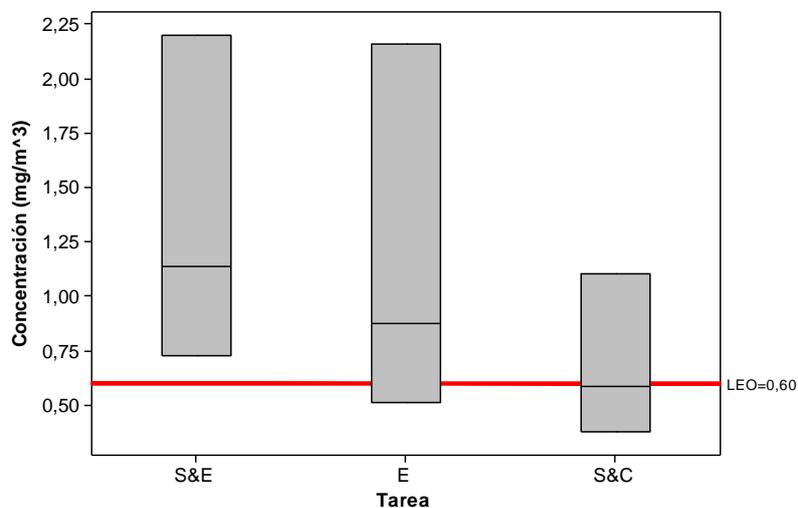


Figura 37: Rangos de concentraciones de exposición ocupacional a polvos y humos de hierro, por tarea

Aunque el estudio incluía el análisis de exposición a cromo, no se detectó la presencia de este metal en ninguna de las muestras recolectadas.

Finalmente, para cada uno de los agentes químicos evaluados se efectuaron correlaciones con posibles factores determinantes, según la evidencia encontrada en la literatura. Los factores considerados incluyeron temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura promedio, presión atmosférica, humedad relativa y velocidad del viento. Con cada uno de ellos se efectuaron regresiones lineales y se calcularon los coeficientes de determinación ( $R^2$ ), valores de  $p$  e intervalos de confianza de la pendiente de la recta de mejor ajuste, para determinar el grado de asociación entre los determinantes de exposición y los niveles de exposición ocupacional por contaminante. No se encontró asociación estadísticamente significativa en ninguno de los casos para las pruebas realizadas.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

Se estimó que zanjas y excavaciones, andamios fijos y limpieza y mantenimiento fueron los rubros en los que se encontraron la mayor cantidad de no conformidades en seguridad. Otros aspectos como señalización de obra, escaleras fijas y escaleras móviles, también mostraron algunas deficiencias, aunque no fue posible generalizar a todo el sector. Se recomienda tomar acciones y proponer mejoras en estos aspectos, principalmente con el fin de prevenir accidentes.

Se encontraron diferencias significativas en el grado de cumplimiento con los rubros de seguridad entre empresas, obteniéndose una mayor conformidad en los casos en que hubo presencia de un encargado de seguridad en el campo de forma permanente, ratificando la importancia de la supervisión del personal y las actividades por parte de un profesional especializado en estas áreas.

A pesar de que los porcentajes de conformidad para las valoraciones en proyectos con etapas de remodelación fueron en promedio más bajos que para otras etapas de la construcción, no se encontraron diferencias a nivel significativo entre ellas.

El ruido podría estar generando problemas a nivel ocupacional, pues los valores de NSCE encontrados superan la normativa independientemente del tipo de tarea, tipo de maquinaria o empresa estudiada. A pesar que se indica en las encuestas higiénicas que la protección auditiva es obligatoria, se encontró que solo el 18% de los trabajadores la usaba, por lo que se recomienda reforzar los planes de capacitación y supervisión, sobre todo cuando éste es el único medio de control para ruido.

Los datos recolectados para iluminación abarcaron un amplio rango. Los resultados podrían relacionarse con posibilidad de causar accidentes e incomodidad laboral, debido a niveles pobres de iluminación (menores a 200 luxes): poca visibilidad de la demarcación o para uso de herramientas; y en zonas con exceso de luz, por la posibilidad de deslumbramientos sobre todo considerando que las actividades de construcción requieren de desplazamientos frecuentes entre áreas. Las tareas de piso, mampostería y otras son las que presentan los niveles promedio de iluminación más altos.

El análisis general de los datos para posturas forzadas indicó que para las empresas la mayoría de los riesgos se pueden agrupar como leve y medio. Se distinguen las tareas de romper, repellar, colocación de gypsum y palear, como aquellas donde se obtuvieron la mayor cantidad de trabajadores con un nivel de riesgo alto (4). Con el método REBA, se encontró que la mayoría de los riesgos se agruparon en las categorías de medio a muy alto, ubicando las mismas tareas que el método de posturas forzadas como potencialmente capaces de generar daños de tipo músculo-esquelético a los trabajadores.

La gran dispersión en los resultados de exposición ocupacional a los agentes químicos evaluados en este estudio se debe a la naturaleza de las labores realizadas, debido a que para cada contaminante se muestrearon tareas diferentes y en diversos tipos y fases de proyectos.

En todas las empresas se determinó sobreexposición a polvo de madera inhalable. Por otro lado, solamente en dos de las nueve empresas consideradas en el estudio para exposición a polvo total se presentaron niveles por debajo del valor de comparación. El análisis general mostró una situación de sobreexposición a polvo total.

Para manganeso se estimó que los niveles de exposición ocupacional eran inferiores al límite permitido en cinco de las ocho empresas evaluadas. Las tres restantes se encontraron en zona de indecisión. Por el contrario, para hierro se determinó sobreexposición en siete de las ocho empresas evaluadas. No se detectó la presencia de cromo en ninguna de las muestras.

Tanto para hierro como para manganeso, las muestras que presentaron las concentraciones más elevadas correspondieron a trabajadores que realizaban actividades en espacios cerrados, con escasa ventilación y/o donde había muchos trabajadores cercanos soldando y esmerilando.

Aunque se lograron identificar para cada contaminante las tareas que generaban la mayor dispersión de los datos, no se encontró significancia estadística en las diferencias halladas de los valores de exposición.

Se realizaron pruebas de correlación, mediante regresiones lineales, entre los niveles de exposición ocupacional por contaminante y factores ambientales como temperatura,

presión atmosférica, humedad relativa y velocidad del viento. No se encontró asociación estadísticamente significativa en ninguno de los casos para las pruebas realizadas.

## 6. Bibliografía

- ACGIH. (2011) Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Estados Unidos.
- Albers, J., Estill, C., MacDonald, L. (2006). Proceeding of a Meeting to Explore the Use of Ergonomic Interventions for the Mechanical and Electrical Trades (San Jose, CA, February 25-26, 2002). NIOSH Publication No. 2006-119.
- Behm, M. (2005). Linking Construction Fatalities to the Design for Construction Safety Concept. *Safety Science*. 43:8, 589-611.
- Berman, JM (2001). Industry Output and Employment Projections to 2010. Monthly Labor Review, November: 39-56.
- BLS (2005). Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses Requiring Days Away From Work. <http://www.bls.gov/news.release/osh2.nr0.htm>. Consultado: Mayo 4, 2008.
- BLS (2004). Bureau of Labor Statistics. "National Census of Fatal Occupational Injuries in 2003" (USDOL 04-1830). United States Department of Labor, Washington, D.C.
- Brief, R. S., Scala, R. A. (1975). Occupational Exposure limits for novel work schedules. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 76:467-476
- CCC (Cámara Costarricense de la Construcción). Indicadores Económicos. <http://www.construcción.co.cr>. Consultado: Mayo 12, 2008.
- Dement, J., Ringen, K., Welch, L., Bingham, E., Quinn, P. (2005). Surveillance of hearing loss among construction and trade workers at department of energy nuclear sites. *Am J Ind Med*, 48: 348-358.
- Demers, P. A., Teschke, K., Davies, H et al. (2000). Exposure to dust, resin acids, and monoterpenes in softwood lumber mills. *American Industrial Hygiene Association Journal*; 61 (4): 521-528.
- Fransman, W., McLean, D., Douwes, J et al. (2003) Respiratory symptoms and occupational exposures in New Zealand plywood mill workers. *Annals of Occupational Hygiene*; 47 (4): 287-295.
- Gibb, A., Haslam, R., Hide, S., and Gyi, D. (2004). The role of design in accident causality. In: Hecker, S., Gambatese, J., Weinstein, M. (Eds.), *Designing for Safety and Health in Construction: Proceedings from a Research and Practice Symposium*, September 15–16, Portland, OR, USA, pp. 11–21.
- Griffin, M., Howarth, H., Pitts, P., Fischer, S., Kaulbars, U., Donati, P., & Brereton, P. (2006). Guide to good practice on whole-body vibration: non-binding guide to good practice for implementing Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations).

Hornung, R. and Reed, L. D. (1990). Estimation of average concentration in the presence of non detectable values. *Appl. Occup. Env. Hyg.* 5:546-51.

IARC. (1997) Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 68. Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. Lyon: International Agency for Research on Cancer.

INS. (2007) Cuadros Estadísticos del Seguro de Riesgos del Trabajo para el año 2006. Dirección de Seguros Solidarios.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Intensidad lumínica para las tareas efectuadas en el interior y el exterior: INTE 31-08-06-2000. San José, Costa Rica. Segunda Edición: INTECO, 2000.

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. Higiene y seguridad ocupacional: Exposición a ambientes con sobrecarga térmica: INTE 31-08-09-1997. San José, Costa Rica. INTECO, 2002.

Neitzel, R., Seixas, N. (2005). Effectiveness of hearing protection among construction workers. *J Occup Environ Hyg* 2: 227-238.

Nora. National Construction Agenda for Occupational Safety and Health Research and Practice in the U.S. Construction Sector. 1/18/08 Draft Preliminary Public Comment Version.

Rappaport, Selvin. (1987). A method for evaluating the mean exposure from a log normal distribution.

Rosenthal, F., Phoon, C., Bakalian, A.E., Taylor, H. (1988) The Ocular Dose of Ultraviolet Radiation to Outdoor Workers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*; 29 (4): 649-656.

Teschke, K., Demers, P. A., Davies, H. W et al. (1999) Determinants of Exposure to Inhalable Particulate, Wood Dust, Resin Acids, and Monoterpenes in a Lumber Mill Environment. *Annals of Occupational Hygiene*; 43 (4): 247-255.

Vajdic, C.M., Krickler, A., Giblin, M. et al. (2002) Sun Exposure Predicts Risk of Ocular Melanoma in Australia. *Int. J. Cancer*; 101, 175–182.

Waitzman, N., Smith, K. (1998). Risk of hearing loss among male construction workers: implications for worksite regulation. *Hum Capital Develop* 12:73.



## **7. APÉNDICE**

**APÉNDICE 1: LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONDICIONES DE SEGURIDAD EN  
 CONSTRUCCIÓN**

**REGISTRO**

Fecha revisión: \_\_\_\_\_ Revisada por: \_\_\_\_\_  
 Empresa: \_\_\_\_\_ Encargado: \_\_\_\_\_  
 Proyecto: \_\_\_\_\_ Ubicación: \_\_\_\_\_

		SI	NO	NA	OBSERVACIONES
<b>I Parte: Gestión de la Obra</b>					
1	Se ha nombrado vigilante de seguridad dentro de la obra.				
2	Existe certificación de que se ha impartido formación a los trabajadores.				
<b>II Parte: Instalaciones de Bienestar de los Trabajadores</b>					
3	Se dispone de vestuarios y servicios sanitarios para los trabajadores.				
4	Se dispone de comedores para los trabajadores.				
<b>III Parte: Señalización de Obra</b>					
5	Existe señalización de entrada a la obra.				
6	Existe señalización de los equipos de primeros auxilios.				
7	Existe vallado perimetral.				
8	Existe señalización de los equipos contra incendios.				
9	En caso de presencia de Líneas de Alta Tensión, existe señalización.				
<b>IV Parte: Acopios</b>					
10	Los acopios de material tienen zona reservada.				
11	Los acopios de tubos o elementos que rueden se protegen de deslizamientos.				
12	Los acopios de material pesado se apilan en alturas.				
13	Los acopios obstaculizan el paso de vehículos o personas.				
<b>V Parte: Trabajos en Altura (más de 2 metros)</b>					
14	Trabajadores expuestos a caídas peligrosas reciben capacitación antes de empezar un trabajo en lugares elevados.				
15	Plataformas de trabajo en altura son estables y sólidas.				
16	Se encuentran los orificios del piso con aperturas de 12” o más resguardados o cubiertos.				
17	Los lazos son inspeccionados frecuentemente.				
18	Se encuentran las cintas instaladas en todos los lados del área del techo que se trabaje.				
19	Las banderas son de materiales y colores visibles.				
20	Los accesos a trabajos en alturas se encuentran bloqueados cuando no se trabaja.				

<b>VI Parte: Sistemas de Protección Personal de Detección de Caídas</b>					
21	El sistema es inspeccionado por una persona competente por lo menos semanalmente o cuando el sistema haya funcionado para detener una caída.				
22	Cada trabajador tiene una línea de seguridad por separado.				
23	Las cuerdas de salvamento son protegidas de cortaduras y abrasiones.				
24	Las cuerdas que están desgastadas o dañadas son removidas de servicio.				
25	Los cinturones para el cuerpo o cinturones de seguridad son usadas como sistemas de prevención de caídas.				
26	El sistema es equipado para que los trabajadores puedan moverse solamente a los lados del lugar de trabajo.				
27	Los ganchos son de doble seguro.				
28	Sistemas dispositivos de posicionamiento son usados por los trabajadores que trabajan en superficies altas con las dos manos libres.				
29	El sistema previene que los trabajadores se caigan de más de 2 pies.				
30	El sistema se inspecciona antes de cada uso y los componentes defectuosos son removidos de servicio.				
<b>VII Parte: Andamios Fijos</b>					
31	El soporte o base es de buena calidad y estable.				
32	Está amarrado a una estructura estable y resistente.				
33	Está nivelado y aplomado sobre una base firme.				
34	El acceso a la plataforma de trabajo es por una escalera.				
35	El andamio está libre de piezas anexas soldadas.				
36	El andamio se encuentra amarrado bajo la proporción 4:1.				
37	La base del andamio utiliza platos o patas de tornillo.				
38	Se utilizan tablas debajo de las patas cuando la superficie no es estable.				
39	El andamio cuenta con línea de vida independiente y los trabajadores están sujetos a ella.				
40	Está la plataforma de trabajo del andamio totalmente entablada.				
41	Los tendidos y líneas de conducción de electricidad están aislados.				
42	Las plataformas del andamio se encuentran libres de residuos, despuntes, materiales, etc.				
43	Los tablones están libres de nudos, de rajaduras, astillados o cualquier defecto que disminuya su resistencia estructural.				
44	Quedo todo el piso de trabajo libre de huecos y áreas sin cubrir por tablones.				
45	Hay protección contra peligros u objetos que pueden caer sobre la cabeza.				

<b>VIII Parte: Andamios Móviles</b>					
46	El andamio se verifica antes de su uso.				
47	El suelo es estable, horizontal y liso.				
48	El andamio es desplazado con personas encima.				
49	Los elementos constitutivos están deteriorados.				
50	Existe riesgo de contacto con líneas eléctricas aéreas.				
51	Las plataformas se encuentran protegidas por barandillas por los 4 lados.				
<b>IX Parte: Almacenamiento de materiales en volumen</b>					
52	Todos los materiales amontonados o acomodados son estables y no se pueden caer, resbalar o derrumbar.				
53	El frente de un rimero o pilas de bolsas (que contengan cemento u otro material) de más de 5 pies de alto está inclinada para atrás o los sacos están amarrados en capas horizontales, para prevenir que caigan o se derrumben.				
54	Los montones o pilas de madera tienen más de 16 pies de altura. Amarres al final del montón o pila, maderas atravesadas u otras maneras son usadas para prevenir que resbale, caiga de lado o se derrumbe.				
55	Las capas de ladrillos tienen más de 7 pies de altura. Las capas de ladrillos de más de 4 pies de altura están inclinadas para atrás.				
56	El material es colocado en suelo firme, suficientemente estable para una carga pesada (no muy cerca de una excavación).				
57	Los tubos o barras de hierro son guardados en perchas o racas, si son de más de una capa en altura.				
58	Los materiales almacenados interfieren con el paso de las personas o de los vehículos.				
<b>X Parte: Zanjas y excavaciones</b>					
59	El trabajo es hecho solamente en áreas protegidas con inclinaciones y paredes verticales, un sistema de soporte, un sistema de paneles, etc.				
60	Los trabajadores son protegidos de derrumbes, caídas estructurales o de ser golpeados accidentalmente durante instalaciones y al quitar el sistema de apoyo.				
61	Hay agua acumulada en zanjas o excavaciones donde los empleados trabajan, a menos que precauciones especiales sean tomadas.				
62	Hay grietas de tensión, derrumbes pequeños o hinchamientos en las paredes de las zanjas o en el suelo cerca de zanjas o excavaciones.				
63	Las instalaciones subterráneas de servicios públicos (como electricidad, teléfono, gas, drenaje, agua y líneas de combustible) han sido identificadas.				
64	A los trabajadores se les permite estar bajo una carga que se está levantando.				
65	Hay protección adecuada de rocas sueltas en las paredes de una zanja o excavación. (La protección puede incluir raspado para remover material suelto o la				

	construcción de una barrera).				
66	Montones o pilas, herramientas, material y equipo son mantenidos por lo menos dos pies de la orilla. Si no, están resguardados por barreras de retención.				
67	Existe cierre perimetral de la zanja.				
68	Las barandillas de protección son correctas y resistentes.				
69	Plataformas metálicas para el paso de vehículos.				
70	Señalización adecuada de la zona de trabajos.				
71	Señalización nocturna.				
72	Los productos procedentes de la excavación se acopian a un solo lado de la zanja y a una distancia nunca inferior a 1m.				
73	En una zanja a 4 pies o más de profundidad, las escaleras, escalones, rampas u otros medios de acceso no están a más de 25 pies de cualquier trabajador.				
74	Los puentes que deben cruzar los trabajadores poseen pasamanos a ambos lados.				
<b>XI Parte: Escaleras Fijas</b>					
75	Presenta solidez y resistencia adecuadas, siendo revisadas periódicamente.				
76	La anchura mínima de la escalera fija es de 40cm y la distancia máxima entre peldaños es de 30cm.				
77	Se encuentran sólidamente ancladas a las edificaciones.				
78	Para alturas mayores de 9m., existen plataformas de descanso.				
79	Existe línea de seguridad.				
<b>XII Parte: Escaleras Móviles</b>					
80	Es apoyada sobre una superficie plana y sólida.				
81	Está provista de zapatas antideslizantes y en su caso ajustable.				
82	De realizar trabajos sobre la escalera, dispone de una pequeña plataforma con dicho fin.				
83	Se trabaja de cara a la escalera y sujeto con una mano.				
84	De ser necesario, se usa arnés de seguridad.				
85	La escalera se encuentra amarrada en la parte superior.				
86	Las escaleras tienen peldaños o laterales quebrados o defectuosos, y los peldaños están firmemente pegados a los laterales.				
87	Las escaleras de abrir siempre se abren completamente.				
88	Se para o trabaja en los últimos tres peldaños o escalones de arriba en una escalera que no tenga de donde agarrarse, a menos que la estructura provea un lugar firme donde agarrarse o el trabajador esté amarrado.				
89	El trabajador utiliza un calzado que sujete bien sus pies a la escalera.				
90	Los trabajadores cargan herramientas, equipo o materiales (con excepción de un cinturón para herramientas) mientras están en una escalera.				
<b>XIII Parte: Grúas y Aparejos para Izar Materiales</b>					

91	El área de ubicación de la grúa se encuentra señalizada.				
92	Se realizan ensayos con las cargas antes de iniciar las labores propias de la construcción.				
93	La grúa se encuentra libre del riesgo de golpes por camiones, excavadoras etc.				
94	Las cargas se encuentran bien enganchadas.				
95	Los pestillos de seguridad de los ganchos se encuentran en buen estado.				
96	El cable de elevación se encuentra en buen estado y libre de abrasiones y roturas.				
97	Se elevan cargas o materiales sobre los trabajadores o cualquier persona adyacente a la construcción.				
98	Se elevan cargas superiores a las indicadas por el fabricante.				
99	Los componentes alargados son sujetos con eslingas dobles para evitar su deslizamiento.				
100	Los ramales de las eslingas son colocados de manera que no se formen grandes ángulos para evitar sobre esfuerzos de los ramales.				
101	En el amarre nunca se cruzan las eslingas de forma que quede una sobre la otra en el gancho de elevación.				
102	Se trata de empujar las cargas a lugares donde no llega la grúa mediante balanceo.				
103	Todas las plataformas o pasarelas con riesgo de caída donde deban situarse los montadores o conservadores, están provistas de barandillas de materiales rígidos de una altura mínima de 90cm, barra intermedia y rodapiés que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.				
104	El piso de las diferentes plataformas de trabajo deberá ser de material antideslizante, resistente y difícilmente inflamable.				
105	En las tareas de montaje, desmontaje y conservación se debe disponer a lo largo de la pluma y de la contra pluma de una línea de anclaje horizontal a la que se pueda sujetar el mosquetón del arnés de seguridad y caminar libremente por ellas, sin tener que desatarse.				
106	El lastre de la pluma y de la base se encuentra en buen estado y están marcados con la indicación de su peso.				
107	Se utiliza la grúa con vientos iguales o superiores a 60Km/h o al límite fijado por el constructor.				
108	La pluma se orienta en el sentido de los vientos dominantes y es puesta en veleta desfrenando el motor de orientación.				
109	La grúa cuenta con los siguientes sistemas de seguridad: a) Limitador de fin de carrera del carro de la pluma b) Limitador de fin de carrera de elevación. c) Limitador de fin de carrera de traslación del aparato. d) Limitador de par de distribución e) Topes de las vías.				

	<ul style="list-style-type: none"> <li>f) Limitador de par.</li> <li>g) Limitador de carga máxima.</li> <li>h) Sujeción del aparato a las vías mediante mordazas.</li> <li>i) Sensores de movimientos.</li> <li>j) Sensores de velocidad del viento.</li> <li>k) Botón de parada de emergencia.</li> <li>l) Limitador de giro.</li> <li>m) Limitador de ángulos superior e inferior.</li> <li>n) Paragolpes en recorrido del carro de la pluma.</li> </ul>				
110	La cabina se encuentra puesta a tierra.				
111	La cabina cuenta con un techo impermeable y resistente.				
112	La cabina permite una adecuada visibilidad.				
113	Los cristales de la cabina se encuentran en buen estado (no están rotos, rayados, etc.).				
114	La cabina cuenta con un limpia parabrisas.				
115	La cabina cuenta con un extintor de acuerdo a los riesgos que se puedan presentar.				
116	Los accesos a la cabina cuentan con barandillas y rodapiés que eviten la caída de la persona.				
117	El operario de la grúa tiene a su alcance el manual del gruista así como las instrucciones de operación.				
118	El transporte de personas utilizando grúas se encuentra prohibido.				
119	La grúa posee un cable de puesta a tierra.				
120	Cualquier cercanía con líneas de alta tensión se encuentran bien identificada y señalizada.				
121	Todos los cables eléctricos se encuentran en buen estado.				
122	La grúa cuenta con un armario eléctrico en buen estado.				
123	En caso de tormenta eléctrica se interrumpen las labores de la grúa.				
<b>XIV Parte: Limpieza y Mantenimiento</b>					
124	Los escombros son mantenidos fuera de las superficies de trabajo, pasillos y escaleras.				
125	Todas las áreas para caminar y trabajar están razonablemente secas y no tiene grasa o aceite.				
126	Suficientes basureros son provistos, usados y vaciados cuando es apropiado.				
127	Las superficies para caminar y trabajar tienen de clavos salidos.				
128	Los desechos y los escombros son amontonados ordenadamente.				
129	Las extensiones eléctricas, líneas, cables para soldar, mangueras, etc. son enrolladas cuando se termina de usarlos.				
<b>XV Parte: Equipo de Protección Personal</b>					
130	Cascos, zapatos o botas de seguridad, gafas protectoras, ropa protectora y guantes protectores están disponibles y usados cuando sea requerido.				
131	Los trabajadores expuestos a tráfico de vehículos usan				

	ropa de advertencia color anaranjado brillante (camisas, chalecos, chaquetas).				
132	En la manipulación de objetos cortantes se emplean guantes de seguridad.				
133	El personal con riesgo de proyección de partículas emplea gafas de seguridad.				
134	El personal de soldadura usa pantalla, delantal, polainas y guantes de seguridad.				
135	El personal con exposición al ruido emplea protección auditiva.				