

# Riesgos disergonómicos por carga física en las labores de minería subterránea y la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores

Disergonomics risk by physical loading in the work of underground mining and improving the safety and health of workers

Max A. Hermoza L.<sup>1</sup>

RECIBIDO: 02/02/2016 - APROBADO: 21/10/2016

## RESUMEN

El presente estudio propone un acercamiento al conocimiento de los factores de riesgo disergonómico por carga física (posturas desfavorables, esfuerzos realizados por los grupos musculares y el gasto energético) que están presentes en los trabajos de minería subterránea y que afectan las condiciones del trabajo, en desmedro de la seguridad y la salud de los trabajadores. El análisis objetivo se calificó mediante los métodos REBA, Job Strain Index y frecuencia cardíaca, simultáneamente. Para tal efecto, se ubicaron seis tareas representativas del ciclo básico de minería subterránea (voladura, desatado de roca, perforación, sostenimiento de roca con cuadros de madera, limpieza con pala neumática y acarreo de mineral) utilizando doce muestras representativas por cada puesto de trabajo. De esa manera, se establecieron los puestos de trabajo más desfavorables, utilizando las tres metodologías mencionadas anteriormente, además de los grupos musculares más afectados, y se relacionaron los reportes médicos de dolencias musculoesqueléticas con los puestos de trabajo de interior de la mina, utilizando el test de contraste  $\chi^2$  de Pearson. Para la determinación del gasto energético, se utilizó el método de la frecuencia cardíaca y el criterio Frimat de grado de penalidad del trabajo. Se trata de convertir cuantitativamente la frecuencia cardíaca en gasto metabólico, utilizando ecuaciones matemáticas, y nos interesa para determinar el gasto cardíaco relativo, el costo cardíaco absoluto, la aceleración cardíaca, el tiempo de consumo metabólico, el nivel de alimentos requerido y programar los tiempos que se requieren para el reposo. El análisis subjetivo se realizó mediante encuestas dirigidas a trabajadores involucrados en tareas de minería subterránea e implicó temas referentes a la localización de molestia, nivel de dolor y frecuencia de aparición en los diferentes grupos musculares. De esa manera, se pudo realizar una comparación con el análisis objetivo realizado con las herramientas ergonómicas. Mediante los resultados obtenidos se pretende obtener información con contenido eminentemente práctico para que la entidad esté en condiciones de tomar decisiones apropiadas sobre la oportunidad y el tipo de acciones preventivas que deben adoptarse para todos aquellos riesgos que hayan obtenido el calificativo de significativos. La magnitud del riesgo indicará la necesidad de priorizar las acciones de solución e integrarla dentro de un sistema de salud y seguridad.

**Palabras clave:** Riesgos disergonómicos, labores de minería subterránea, métodos de evaluación ergonómica, dolencias musculoesqueléticas.

## ABSTRACT

This study proposes an approach to knowledge of disergonomic risk factors for physical load (unfavorable postures, muscle groups efforts and energy expenditure) that are present in the underground mining work and affecting working conditions to the detriment of safety and health of workers. The objective analysis was described by the REBA Method, Job Strain Index and heart rate, simultaneously applied. For this purpose six representative tasks of the basic cycle of underground mining (blasting, unleashed rock drilling, rock support with wooden frames, cleaning with pneumatic shovel and haul ore), using twelve representative samples for each job were located. Thus was established which are the most unfavorable positions for working using the three methods mentioned above, was also established what muscle groups are most affected and the relation with medical reports of muscle skeletal ailments related to the job inside the mine using the contrast test Pearson  $\chi^2$ .

<sup>1</sup> Ingeniero, maestría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: iigeo.2010@gmail.com

For determination of energy expenditure, it has been used the method of heart rate and degree Frimat penalty criterion work. It is quantitatively converting the heart rate in metabolic rate using mathematical equations and we want to determine cardiac output relative, absolute cardiac cost, cardiac acceleration, time of metabolic consumption, the level of food required and schedule the times required for the rest. The subjective analysis was performed using surveys of workers involved in underground mining tasks and involved issues concerning the discomfort location, pain level and frequency in different muscle groups. In that sense, this paper makes a comparison with the objective analysis with ergonomic tools. By the results of this research, the main goal is to obtain content about eminently practical information to which the entity is in a position to make appropriate decisions about the timing and type of preventive actions to be taken for those risks that have obtained the significant qualification. The magnitude of risk indicates the need for prioritize solution actions, and integrating it into a health and safety system.

**Keywords:** Disergonomics risk, underground mining work, ergonomic evaluation methods, musculoskeletal diseases.

## I. INTRODUCCIÓN


La minería es una de las principales fuentes de riqueza en el Perú. Su potencial ha sido catalogado como el cuarto más grande del mundo; es, sin duda, el sector más dinamizador de la economía mediante las recaudaciones por exportaciones, el impuesto a la renta, las regalías y aportes voluntarios. Es remarcable su contribución al desarrollo de proyectos de infraestructura, el nivel de generación de empleos y la mejora del nivel de vida (Meyer, 2009).

Los objetivos de la ley general de minería y su reglamento apuntan a la prevención y promoción del más alto grado de bienestar físico, mental y social para los trabajadores, situándola dentro de un sistema de gestión sociopolítico, económico y empresarial para, de esa forma, contribuir no solo a la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores, sino también al bienestar, la calidad y la productividad (Anderson, 1980), (Hignett, 2000).

Sin embargo, en labores de la minería subterránea, a diferencia de otros trabajos, se conjugan muchos factores de riesgo que la convierten en significativa, llegando a afirmarse que es una de las ocupaciones más riesgosas para la salud y seguridad. Entre los principales factores de riesgo disergonómico que se encuentran en este tipo de labor están las condiciones ambientales, la carga física de trabajo, la carga mental, los factores psicosociales, la organización del trabajo, etc. Estas condiciones actúan colectivamente en la forma que se realiza el trabajo y la pueden modificar situando a los trabajadores en condiciones y escenarios de alto riesgo (NTC, 2005).

Las dolencias musculoesqueléticas de origen laboral (DME) son aquellos síntomas caracterizados por molestia, daño o dolor en estructuras, como músculos, huesos, tendones, entre otras. Estos trastornos cada año cobran mayor importancia a nivel nacional y mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), este tipo de trastornos constituye una de las principales causas de ausentismo laboral en todo el mundo y es un área prioritaria de la salud laboral. Según la Agencia Europea de Salud y Seguridad en el Trabajo (AESS), estos trastornos se han incrementado de una manera exponencial en las últimas décadas, afectando a trabajadores de todos los sectores y ocupaciones, independientemente de la edad y el género, tal como lo muestra la Tabla N° 1.

**Tabla N° 1.** Patologías asociadas al trabajo en la Unión Europea.

Problema de salud	EU-27 %	 España %
Dolor de espalda	24.7	29.1%
Dolor muscular	22.8	27.0
Fatiga	22.6	24.8
Estrés	22.3	21.4
Dolores de cabeza	15.5	14.1
Irritabilidad	10.5	11.4
Problemas del sueño	8.7	7.6
Ansiedad	7.8	8.4

**Fuente.** Agencia europea para la salud y seguridad en el trabajo.

En el Perú, el Centro de Prevención de Riesgos del Trabajo (Ceprit) de Essalud hace referencia que visitó alrededor de 121 empresas de diferentes ramas de actividad, encontrando las siguientes estadísticas representativas, tal como lo muestra la Tabla N° 2.

**Tabla N° 2.** Distribución de enfermedad en estadio preclínico por patologías.

Patología asociada	N° de trabajadores	Porcentaje
Lumbago	4983	49.4 %
Dorsalgia	1133	11.2 %
Cervicalgia	356	3,5 %
Síndrome de hombro doloroso	157	1,6 %
Dorso lumbalgia	118	1,3 %
Otros diagnósticos	3339	33,09 %
Total	10,089	100 %

El presente estudio ergonómico se centra en el campo de la carga física, porque se entiende que, de todos los factores de riesgo presentes, es el más importante y el que tendrá mayor repercusión en la mejora de las condiciones de trabajo. La manipulación manual de cargas (MMC) es la principal manifestación de la carga física y la que ocasiona las más variadas y frecuentes dolencias musculoesqueléticas (DME) (ISO, 2010).

Estudios realizados por la Organización Mundial del Trabajo (OIT) muestran que la MMC ocasiona el 21 % de los accidentes laborales y entre 60 % y 90 % de los adultos ha sufrido o sufrirá algún dolor de espalda a lo largo de su vida, pudiendo suponerse que un alto porcentaje de estos se refiere a trabajos pesados, como es el caso de la minería subterránea. Del mismo modo es necesario considerar el tema económico, ya que se estima que los costos derivados de todas las enfermedades relacionadas con el trabajo es del orden del 3.3 % del PBI, y específicamente las dolencias musculoesqueléticas son del orden de 2 %, esto supone en cifras contables una enorme cantidad de dinero que pierde el Estado, los empleadores y los propios trabajadores, y el problema está creciendo (Fundación Mafre, 2007), (More, 1989), (Malchaire, 1988).

**II. MATERIAL Y MÉTODOS**

**2.1. Población de estudio**

El universo del estudio objetivo estuvo constituido por 12 trabajadores que pertenecían a una cuadrilla de labores de minería subterránea y que están expuestos a riesgos disergonómicos de carácter físico, en los que se incluyen la manipulación manual de cargas, las posturas desfavorables y los movimientos repetitivos. Las tareas analizadas fueron la perforación, la voladura, el desatado, el sostenimiento, la limpieza con pala neumática y el acarreo manual con carro minero. La población de estudio para la evaluación subjetiva estuvo constituida por 32 trabajadores, que también hacían labores de minería subterránea y expuestos a los mismos riesgos disergonómicos por carga física, pero que trabajan en diferentes cuadrillas (Sole, 1992), (Hiba, 2002).

**2.2. Descripción de la encuesta subjetiva**

Este cuestionario es anónimo

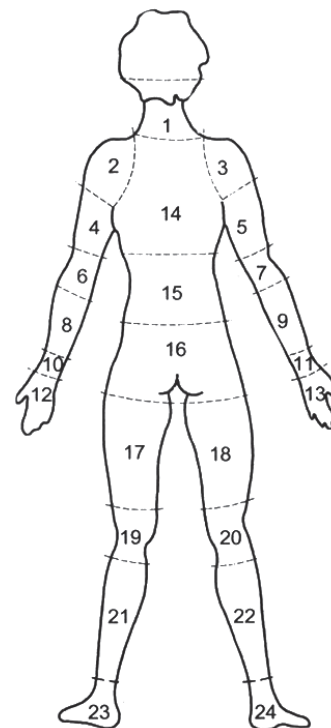
Edad..... Peso.....Talla.....Puesto de trabajo.....Años de servicio en este puesto de trabajo).....

1.- ¿Ha tenido dolor o molestias en alguna parte del sistema musculoesquelético (en los últimos 12 meses) que atribuye al trabajo que Ud. realiza?

En caso afirmativo, marque la casilla correspondiente. De esa manera se ubica la región anatómica y el nivel de molestia (si tiene alguna duda en la región anatómica, compruebe el número en el dibujo y la gráfica del nivel de molestia). Más explicación al final de la tabla. Si su respuesta es No, se acabó la encuesta.

	A veces	A menudo	Siempre
1 Cuello			
2 Hombro izquierdo			
3 Hombro derecho			
4 Brazo izquierdo			
5 Brazo derecho			
6 Codo izquierdo			
7 Codo derecho			
8 Antebrazo izquierdo			
9 Antebrazo derecho			
10 Muñeca izquierda			

11	Muñeca derecha
12	Mano izquierda
13	Mano derecha
14	Zona dorsal
15	Zona lumbar
16	Nalgas/caderas
17	Muslo izquierdo
18	Muslo derecho
19	Rodilla izquierda
20	Rodilla derecha
21	Pierna izquierda
22	Pierna derecha
23	Pie/tobillo izquierdo
24	Pie/tobillo derecho



Frecuencia:

A veces: Una vez cada mes, dos o más en el año.

A menudo: Una vez cada semana, dos o más en el mes.

Siempre: Diario.

Nivel de molestia:

1. Leve: Dolor es bajo y pasa con reposo.

2. Más o menos: Dolor que no pasa tan fácilmente; me mortifica.

3. Fuerte: Dolor fuerte que no me deja trabajar; estoy medicado.

**2.3. Mediciones de frecuencia cardiaca**

Para las mediciones de frecuencia cardiaca se utilizó un oxímetro de pulso, midiendo la frecuencia de pulso cada 15 minutos, durante 2 horas y 45 minutos. En cada medición se solicitó que el trabajador evaluado pueda des-

cubrir su índice derecho. Se realizó en los horarios habituales diurnos, examinando las características reales de trabajo y reconociendo las actividades durante 7 jornadas completas (Figura N° 1).



Figura N° 1. Oxímetro de pulso.

**2.4. Método REBA**

Para la evaluación de condiciones de trabajo, se utilizó la metodología REBA, que se resume en la siguiente Figura N° 2 y Tabla N° 3.

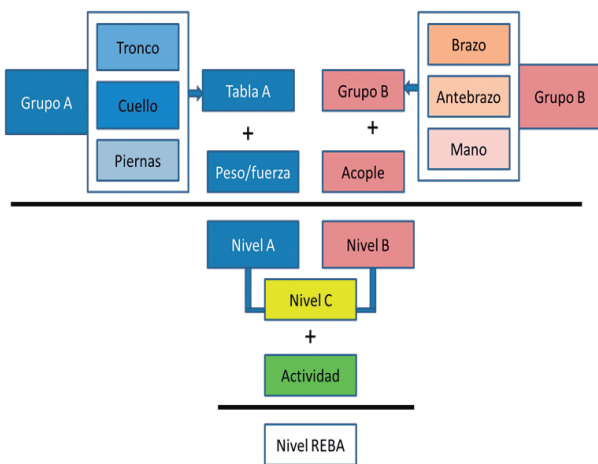


Figura N° 2. Esquema gráfico de la metodología REBA.

Tabla N° 3. Interpretación de los resultados de la metodología REBA.

Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención
0	1	Inapreciable	No necesaria
1	2-3	Bajo	Puede ser necesaria
2	4-7	Moderado	Necesaria
3	8-10	Alto	Necesaria pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

**2.5. Método Job Strain Index**

Para la evaluación de los esfuerzos se utilizó el método Job Strain Index que se resume en los siguientes factores de análisis

Intensidad del esfuerzo (IE), Duración del esfuerzo (DE), Frecuencia del esfuerzo (FE), Postura mano – muñeca

(PMM), Ritmo de trabajo (RT), Duración del trabajo (DT)(Figura N° 3, Tabla N° 4).

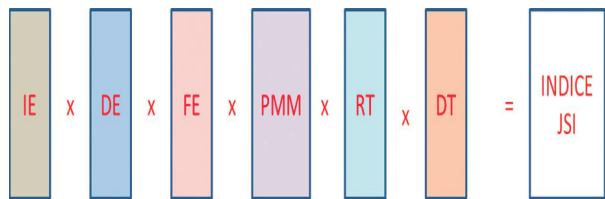


Figura N° 3. Esquema gráfico de la metodología JSI.

Tabla N° 4. Interpretación de los resultados de la metodología REBA.

Índice JSI < 3.0	Riesgo bajo
Índice JSI (3.0 - 7.0)	Riesgo moderado
Índice > 7.0	Riesgo alto

**2.6. Procedimiento de evaluación**

El procedimiento de cómo se llevó a cabo un análisis del trabajo se indica en la siguiente Figura N° 4.

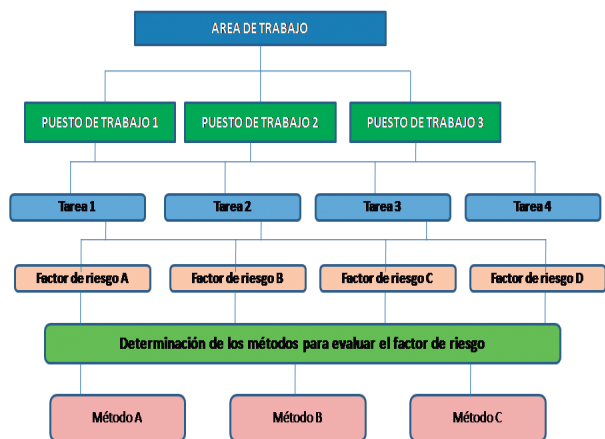


Figura N° 4. Procedimiento de evaluación por área de trabajo.

**2.7. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos para la evaluación objetiva comienzan al inicio de la jornada y en el lugar de trabajo. Las preguntas más frecuentes para realizar un diagnóstico son las siguientes:

- o ¿Por qué se hace el trabajo de esa manera?, ¿es posible realizarlo de otra manera?
- o ¿Qué se hace en el puesto de trabajo y cómo se hace?
- o ¿Con qué herramienta se hace?
- o ¿Dónde se hace?
- o ¿En qué condiciones se trabaja?
- o ¿Qué responsabilidades implica?

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados de apreciación objetiva de carga física por tres metodologías

**Tabla Nº 5.** Resultados de los riesgos disergonómicos por carga física en los puestos de trabajo de minería subterránea por tres metodologías.

Nº	Tarea	Puesto de trabajo	Método REBA	Método JSI	Método frecuencia cardiaca
1	Voladura	Operario	Moderado (233,3 %)	Moderado (200 %)	Alto (113,6)
2	Voladura	Ayudante	Alto (250 %)	Moderado (200 %)	Alto (111,3)
3	Desatado de roca	Operario	Alto (266,6 %)	Moderado (216,66 %)	Alto (101,7)
4	Desatado de roca	Ayudante	Alto (283,3 %)	Alto (250 %)	Moderado (96,5)
5	Perforación manual con jaclets	Operario de Jacklet	Alto (300 %)	Alto (316,66 %)	Muy alto (127,1)
6	Perforación manual con jaclets	Ayudante	Alto (333,3 %)	Alto (400 %)	Alto (100,5)
7	Sostenimiento con cuadros de madera	Operario líder	Muy alto (316,66%)	Muy alto (316,66 %)	Muy alto (131,5)
8	Sostenimiento con cuadros de madera	Ayudante	Muy alto (400%)	Muy alto (400 %)	Muy alto (126,6)
9	Sostenimiento con cuadros de madera	Ayudante	Muy alto (400 %)	Muy alto (400 %)	Muy alto (120,2)
10	Sostenimiento con cuadros de madera	Ayudante	Muy alto (400 %)	Muy alto (400 %)	Alto (116,6)
11	Limpieza con pala neumática	Operario pala neumática	Moderado (233,3 %)	Moderado (216,6 %)	Alto (107,42)
12	Acarreo manual con carro minero	Ayudante	Muy alto (366,66 %)	Muy alto (350 %)	Alto (109,3)

#### 3.2. Resultados del nivel de riesgo en los grupos musculares involucrados por apreciación objetiva según metodología REBA

**Tabla Nº 6.** Resumen general de apreciación objetiva de grupos musculares.

	Tronco	Cuello	Piernas	Brazo	Antebrazo	Manos
Bajo	1	1	27	2	22	0
Moderado	26	43	25	12	50	28
Alto	33	28	20	30	0	44
Muy alto	12	0	0	28	0	0

#### 3.3. Resultados del nivel de riesgo en los grupos musculares involucrados por apreciación subjetiva de encuestas

**Tabla Nº 7.** Resumen general de apreciación subjetiva de grupos musculares.

	Tronco	Cuello	Piernas	Brazo	Antebrazo	Manos
Bajo	14	12	7	12	9	14
Moderado	18	10	1	9	2	2
Alto	5	0	0	1	0	2
Muy alto	1	0	0	1	0	2

#### 3.4. Resultados de la comparación objetiva y subjetiva por grupos musculares

**Tabla Nº 8.** Comparación entre la apreciación objetiva y subjetiva de grupos musculares.

	Tronco	Cuello	Piernas	Brazo	Antebrazo	Manos
Correlación X <sup>2</sup>	-0,074	0,1134	0,561	0,9939	0,3289	0,4898
Pearson						

#### 3.5. Resultados de las mediciones del método de la frecuencia cardiaca de pulso

**Tabla Nº 9.** Resultados mediante la metodología de frecuencia cardiaca de pulso.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Edad	35	26	34	28	41	24	46	33	42	30	42	27
Peso	76	80	74	81	69	67	75	64	80	77	78	77
Talla	174	172	169	168	159	160	170	155	170	163	167	165
Superficie corporal	1,92	1,96	1,86	1,94	1,75	1,73	1,88	1,66	1,94	1,87	1,90	1,88
Metabolismo basal (Tablas)	44,08	46,6	45,6	46,1	44,08	46,6	43,34	45,6	44,1	45,6	44,1	46,6
Metabolismo basal (real)	84,4	91,2	85,5	89,7	76,9	80,5	81,5	75,7	85,6	85,2	83,8	87,6
Frecuencia al reposo	65	72	66	68	75	60	77	69	75	66	72	61
Frecuencia máxima	183,3	188,8	183,9	187,6	179,6	190,1	176,5	184,5	178,2	186,4	178,9	188,2
Metabolismo máximo	1102	1232	1080	1231	9591	1045	1005	940,8	1104	1155	1076	1178
Pendiente de la curva lineal	0,116	0,102	0,11	0,11	0,12	0,14	0,108	0,134	0,10	0,11	0,107	0,117
Constante de la curva lineal	55,18	62,6	55,9	58,5	65,8	49,71	68,2	58,8	66,2	56,4	62,9	50,7
Frecuencia cardiaca media	113,6	111,3	101,7	96,5	127,1	100,5	131,5	126,6	120,2	116,6	107,4	109,7
Metabolismo medio(W)	502,5	474,8	386,2	361,6	516,4	380,7	587,4	507,0	529,1	534,8	412,5	504,9
Porcentaje utilización	45,63	38,5	35,7	29,3	53,8	36,17	58,4	53,8	47,9	46,3	38,3	42,8
Tiempo de consumo metabólico	116,3	137,7	148,4	180,6	98,5	145,6	90,7	98,4	110,7	114,6	138,4	123,8
Descanso asignado	19,0	16,0	2,8	-2,5	20,4	1,7	26,1	19,5	21,5	22,0	7,5	19,3
Costo cardiaco absoluto	48,6	39,3	35,7	28,5	52,1	40,5	54,5	57,6	45,2	50,6	35,4	48,7
Aceleración frecuencia cardiaca	69,7	77,5	82,2	91,1	52,5	89,6	45	57,9	57,9	69,8	71,4	78,5
Costo cardiaco relativo	0,41	0,33	0,30	0,23	0,49	0,311	0,54	0,49	0,43	0,42	0,33	0,38

### 3.6. Resultados del criterio Frimat sobre la penalidad de los puestos de trabajo

Tabla Nº 10. Criterio Frimat sobre la penalidad de los puestos de trabajo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costo cardiaco absoluto	48,6	39,3	35,7	28,5	52,1	40,5	54,5	57,6	45,2	50,6	35,4	48,7
Aceleración frecuencia cardiaca	69,7	77,5	82,2	91,1	52,5	89,6	45	57,9	57,9	69,8	71,4	78,5
Costo cardiaco relativo	0,41	0,33	0,30	0,23	0,49	0,31	0,54	0,49	0,43	0,42	0,33	0,38

### 3.7. Resultados de los reportes médicos para las dolencias musculoesqueléticas con respecto a todos los diagnósticos de toda el área de mina

Tabla Nº 11. Tabla de contingencia de diagnósticos totales por DME con respecto a todos los diagnósticos de toda la mina.

	2007	2008	2009	2010
Dolencias musculoesqueléticas (DME)	607	415	599	563
Otros diagnósticos	9872	8305	9451	9253

$\chi^2$  Pearson = 0,97 (La relación es muy importante)

### 3.8. Resultados de los reportes médicos para las dolencias musculoesqueléticas con respecto a todos los diagnósticos de interior mina

Tabla Nº 12. Tabla de contingencia para las dolencias musculoesqueléticas con respecto a los diagnósticos de interior mina.

	2007	2008	2009	2010
Dolencias musculoesqueléticas (DME)	607	415	599	563
Otros diagnósticos	2961	2491	2835	2775

( $\chi^2$  Pearson = 0,97 (La relación es muy importante)

### 3.9. Índices de accidentabilidad en salud y seguridad

Tabla 13. Índices de salud y seguridad.

	Nº trabajadores	Días de descanso médico	Nº de horas perdidas	Horas hombre trabajadas	Índice de frecuencia	Índice de gravedad
2010	2177	653	5877	4,745,479	8,31	12,17
2009	1936	581	5238	4,463,410	8,11	11,8
		2008				
		1776				
		399			8,57	12,36
		5625				
		4,572,603				
2007	1452	618	5562	4,269,377	9,17	12,96

## IV. CONCLUSIONES

1. Para el presente trabajo, realizado en los procesos de minería subterránea, se han analizado 6 áreas diferentes (perforación neumática manual, voladura, desatado de roca, sostenimiento con cuadros de madera, limpieza con pala neumática y acarreo manual con carro minero), para lo cual se analizan 12 pue-

tos de trabajo, mostrando un total de 72 evidencias representativas. Se trata con ello de tener una muestra suficientemente importante y capaz de mostrar un diagnóstico veraz y representativo. Cada evidencia es analizada con tres herramientas ergonómicas. Para este propósito se ha seleccionado el método REBA, el método Job Strain Index y el método de la frecuencia cardiaca.

- Los resultados, según el método REBA, muestran que la suma de riesgos desfavorables alcanza un 80.55 % del total de riesgos analizados. Este panorama resulta bastante desfavorable y evidencia que 10 de los 12 puestos de trabajo tienen categoría de alto y muy alto riesgo. No hay riesgos considerados bajos; la curva es asintótica hacia la derecha, lo que supone un trabajo de riesgo y, probablemente, a futuro cercano, causará daño en la salud de los trabajadores.
- La metodología Job Strain Index, que es una metodología dirigida principalmente para calificar los esfuerzos de los grupos distales superiores, muestra que los riesgos considerados altos ocupan un 66.66 % del total de las evidencias analizadas. Este panorama también es considerado desfavorable.
- El método de la frecuencia cardiaca estimada por el criterio Frimat nos lleva a corroborar que las labores de minería subterránea superan los límites permitidos de gasto energético.
- La verificación de las diferentes hipótesis específicas desarrolladas a lo largo de la tesis nos permiten afirmar que los trabajadores realizan tareas de minería subterránea con las condiciones disergonómicas por carga física mostradas; estas son causales de daño a la salud y seguridad de los trabajadores. Por tanto, se deben realizar mejoras sustanciales en la forma en que se realiza el trabajo si verdaderamente se quiere mejorar la seguridad y salud de los trabajadores, y muchas otras cosas más.
- No debemos olvidar que el hecho de que la manipulación de los materiales se realice de forma manual no agrega valor al producto final y, en cambio, es una fuente potencial de daños en la salud de los trabajadores, de daños materiales y de pérdida de tiempo en los procesos. Sin duda, la mejor manera de prevenir este tipo de lesiones es evitando el riesgo, lo que puede conseguirse mediante utilización de equipos para el manejo mecánico de las cargas, llámese: cintas transportadoras, equipos neumáticos, polipastos, mesas hidráulicas, carretillas, carros, perforadoras, exoesqueletos, etc. La alta carga fisiológica del trabajo en minería subterránea obliga a asumir no solo la mecanización, sino proyectarse hacia la automatización y la robótica y, posteriormente, la implicación en el trabajo de la alta tecnología y la informática.
- Se recomienda conformar un "Comité de innovación tecnológica en labores de minería subterránea". Este comité estará integrado por personas con experiencia y conocedoras del trabajo minero. Asumirá el encargo principal de propiciar el cambio del trabajo



manual hacia ayudas mecánicas, de tal forma que se deba eliminar la manipulación manual de cargas en todas aquellas tareas que superen los límites permisibles establecidos por la ley. Para obtener un resultado satisfactorio, son cruciales el análisis detallado del problema y una familiarización completa con el sistema operativo. Asimismo, deben observarse que los aspectos de diagnóstico adecuado y real son una faceta de la contribución ergonómica; también resulta evidente la necesidad de establecer recursos económicos con vistas a, por un lado, mantener el proyecto y, por otro, encontrar resultados que sean viables del punto de vista técnico y financiero para mejorar las condiciones de trabajo. Las funciones principales de este comité, para este diagnóstico, serán: El rediseño de los carros mineros, que deberían ser más fáciles de maniobrar y menos demandantes de esfuerzo en el volteo. Ayudas mecánicas para la manipulación de madera en el sostenimiento de roca. Innovar el diseño de las barretillas de desatado de roca, para que sean mejor manipulables, ligeras y prácticas. El taladrado neumático requiere herramientas mejor diseñadas para el uso humano y el propósito a cumplir. Además, en esta lista preliminar se pueden incluir muchas otras tareas no analizadas en este estudio, pero que son importantes y demandantes de esfuerzo en las labores de minería subterránea, como la rotura de bancos, colocado de puntales, instalación de parrillas, limpieza con pala neumática, limpieza con winche, etc.

8. Se recomienda realizar un programa de gerenciamiento de "Manejo de cargas y protección de la espalda". En general, es bien conocido que los problemas relacionados con el trabajo debido a condiciones ergonómicas, si no se previenen o tratan a tiempo, resultan en un deterioro del estado de salud y en un sufrimiento innecesario, afectando a individuos y sus familias. Ellos también podrán resultar en un incremento de los costos para todas las personas, así como para los empleadores y eventualmente para la sociedad.
9. El presente estudio revela que se debe asignar pausas de trabajo y el tiempo especificado está de acuerdo al puesto de trabajo. Se observa que las pausas no son iguales, sin embargo se puede llegar a un consenso de 15 minutos/hora. Estas pausas no son acumulativas, sino que, para que tengan éxito, deberán ser realizadas cada hora. Solo de esa forma se garantiza que será beneficiosa para compensar la fatiga y recuperar la tonicidad de los músculos involucrados.
10. El horario de trabajo en minería subterránea no debería superar las 8 horas/jornada. El presente estudio revela que la forma actual de horario (12 horas) de trabajo hace que se acumule fatiga adicional. El estudio asimismo revela que, debido a la carga cardíaca acumulada, no se puede dar sobretiempos. Usualmente, los campamentos mineros se encuentran alejados de los centros urbanos, por lo que el trabajador debe vivir en este lugar y sujeto a jornadas atípicas y prefiere jornadas de 12 horas para tener más tiempo fuera del socavón, pero esta forma de trabajo es, más bien, perjudicial para su salud y seguridad, ya que la fatiga

acumulada genera accidentes y errores que pueden ser muy perjudiciales. El trabajador al término de su jornada debe descansar y ese descanso debería ser incentivado, incluido en las capacitaciones y verificado en su cumplimiento.

11. Iluminar los puntos de trabajo donde haya personal trabajando, llámese desatado de roca, sostenimiento, limpieza, acarreo, perforación, etc. La iluminación artificial avanzará en la medida en que se realice el progreso de obra y lo hará de la misma manera en que avanzan las mangas de ventilación. Por las siguientes razones: Proporciona mayor seguridad contra accidentes, eleva la moral del trabajador, mejora la organización del trabajo, mejora la calidad de los trabajos, disminuye el número de errores, mejora la utilización del espacio de trabajo, reduce los trastornos oculares.

## V. AGRADECIMIENTOS

A todos los profesores de las siguientes universidades que me formaron y apoyaron en el maravilloso despertar hacia el conocimiento y me proporcionaron la fe en la gran batalla de humanizar el trabajo:

Universidad Nacional de Ingeniería.

Universidad Católica de Lovaina en Bélgica

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Apud, E. Meyer, F. (2009). *Ergonomía para la industria minera*. Chile.
- [2] Anderson, C.K. y Chaffin, D.B. (1986). A biomechanical evaluation of five lifting techniques. *Applied Ergonomics*.
- [3] Hignett y McAtamney (2000). *Método REBA (Rapid Entire Body Assessment)*. USA: Applied ergonomics
- [4] International Organization for Standardization 11228, (2010). Suisse
- [5] Normas técnicas Colombianas (2009). *Manipulación manual de cargas*. Colombia: Icontec
- [6] Fundación Mapfre (2007). *Manual de Ergonomía*. España: Editorial Mapfre.
- [7] Moore, J. S. y Garg, A. (1989). Job Strain Index: The Strain Index. A Proposed Method to Analyze Jobs for Risk of Distal Upper Extremity Disorders. *AIHA Journal*.
- [8] Malchaire, J. (1988). *Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus de fréquence cardiaque aux postes de travail*.
- [9] Solé, D. y Ubieto, P. (1992). Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca. *Salud y Trabajo*.
- [10] Hiba, J. C. (2002). Condiciones de trabajo, seguridad y salud ocupacional en la minería del Perú, OIT.

