

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**METODOLOGÍAS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES PARA LA  
EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS EN TRABAJADORES TÉCNICOS  
DEL SECTOR MINERIA**

**Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER EN  
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

Alessandro Jose Moncada Flores

**ASESOR:**

Mg. Karina Gandi Lazo Valencia

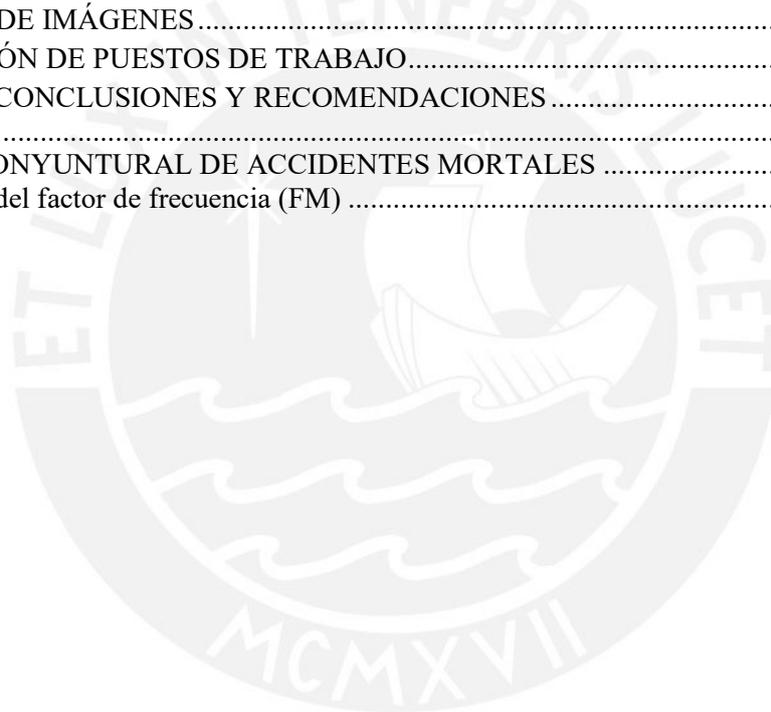
**Lima, Julio, 2020**

## RESUMEN

En base a las cifras emitidas año tras año por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las cuales evidencian la necesidad de identificar los riesgos existentes en cada actividad laboral que se realiza para establecer políticas que promuevan, velen y garanticen que los puestos de trabajo sean óptimos para los colaboradores de las empresas. El Perú no es ajeno a esta realidad, tal como lo reporta el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) en el Anuario Estadístico Sectorial publicado en el 2019, se registraron más de 20,000 accidentes de trabajo en el año 2018, siendo el 55,90 % de estos incapacitantes y, aproximadamente, el 43% fueron leves. Frente a tal situación, el MTPE desarrollo la Política y Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2017 – 2021 cuyo objetivo principal es prevenir accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y la reducción de los daños que, posiblemente, puedan ser causados a los colaboradores. De forma complementaria a este plan, se promulgó la Resolución Ministerial N° 375-2008-TR y la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, las cuales promueven y explican los beneficios de las buenas prácticas de SST en función al aumento de la productividad, reducción de costos por incapacidad y reducción de costos por procesos judiciales, a causa de perjuicios a la salud. En base a lo mencionado, el objetivo que persigue la investigación realizada es presentar las metodologías convencionales y no convencionales empleadas en la evaluación de riesgos ergonómicos en los puestos de trabajo de técnicos en el sector minero. Con ello, evidenciar la creciente necesidad de nuevas metodologías para mejorar los puestos de trabajo al eliminar y/o reducir los riesgos existentes por medio de métodos conocidos complementados con el uso intensivo de la tecnología. Asimismo, emplear la información recabada para el desarrollo de la presente tesis a realizar, como parte del marco teórico de investigación.

# ÍNDICE GENERAL

Índice de Tablas .....	iv
Índice de Figuras .....	v
Índice de Anexos .....	vi
CAPÍTULO 1. SECTOR DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 SECTOR DE ESTUDIO .....	1
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍAS CONVENCIONALES .....	4
2.1 MÉTODO NIOSH .....	4
2.2 MÉTODO RULA .....	8
2.3 MÉTODO REBA .....	9
2.4 MÉTODO OWAS .....	9
2.5 MÉTODO LEST .....	11
2.6 MÉTODO JSI .....	12
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍAS NO CONVENCIONALES .....	16
3.1 ANÁLISIS DE IMÁGENES .....	16
3.2 SIMULACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO .....	17
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	18
Bibliografía .....	19
Anexo 1. FAX CONYUNTURAL DE ACCIDENTES MORTALES .....	22
Anexo 2 Cálculo del factor de frecuencia (FM) .....	25



## Índice de Tablas

Tabla 1.1 Accidentes mortales en el sector minero durante los años 2000 - 2018.....	1
Tabla 1.2 Enfermedades Ocupacionales por Ocupación en el año 2018.....	2
Tabla 2.1 Consideraciones para determinar el tiempo de duración de una tarea.....	6
Tabla 2.2 Tabla de intervalos y riesgos asociados al Índice de Levantamiento (LI).....	7
Tabla 2.3 Pasos de aplicación del método RULA .....	8
Tabla 2.4 Pasos de aplicación del método OWAS.....	9
Tabla 2.5 Dimensiones y variables en LEST .....	11
Tabla 2.6 Intensidad del Esfuerzo .....	12
Tabla 2.7 Porcentaje de duración del esfuerzo .....	13
Tabla 2.8 Esfuerzos por minuto.....	13
Tabla 2.9 Postura mano-muñeca .....	14
Tabla 2.10 Velocidad de trabajo.....	14
Tabla 2.11 Duración de la tarea por día.....	14
Tabla 2.12 Cálculo de factores multiplicadores.....	15
Tabla 3.1 Softwares de simulación de puestos de trabajo.....	17



## Índice de Figuras

Figura 2.1 Ecuación de NIOSH.....	4
Figura 2.2 Posición óptima de levantamiento y ángulo de asimetría en el método de NIOSH .....	5
Figura 2.3 Árbol de decisión para Factor de Agarre .....	7
Figura 2.4 Ecuación del índice de Levantamiento .....	7
Figura 2.5 Nivel de Actuación según Puntaje Final RULA.....	8
Figura 2.6 Nivel de Actuación según Puntaje Final REBA .....	9
Figura 2.7 Puntuación de Riesgo y Acciones correctivas según codificación OWAS .....	10
Figura 2.8 Categoría de Riesgos por Códigos de Postura OWAS .....	10
Figura 2.9 Categorías de Riesgo de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa .....	11
Figura 2.10 Puntuación de las variables en el método LEST.....	12
Figura 3.1 Software online de Ergonautas para evaluación de ángulos en fotografías .....	16



## Índice de Anexos

Anexo 1. FAX CONYUNTURAL DE ACCIDENTES MORTALES .....	22
Anexo 2 Cálculo del factor de frecuencia (FM).....	25



# CAPÍTULO 1. SECTOR DE INVESTIGACIÓN

El sector minero se caracteriza por ser uno de los sectores en los cuales se requiere de un uso intensivo de la fuerza física de los trabajadores, ya sea por la dificultad del uso de máquinas muy costosas a comparación de la mano de obra, o por ser actividades con alta variabilidad de realización que restringe su automatización. Por otra parte, el manejo de maquinaria de grandes dimensiones y peso representa un riesgo latente en este sector, el cual se busca minimizar. Sin embargo, es intrínseco a las características de desarrollo del sector.

## 1.1 SECTOR DE ESTUDIO

Para entender la importancia de la evaluación de los riesgos, no solo ergonómicos, en este sector es preciso revisar las cifras publicadas anualmente por el Ministerio de Energía y Minas en su portal, la cual contiene información preliminar que la Dirección de Técnica Minera ha elaborado. Así, se puede observar que el año 2018 se registró 27 accidentes mortales en el sector minero, acumulando desde el año 2000 un total de 1000 accidentes mortales (Ministerio de Energía y Minas, 2018).

**Tabla 1.1 Accidentes mortales en el sector minero durante los años 2000 - 2018**

Accidentes Mortales													
( AÑOS 2000 - 2018 )													
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
2018	2	1	2	5	3	2	1	3	2	2	3	1	27
2017	5	5	3	2	6	1	3	4	2	8	0	2	41
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	47
2012	2	6	8	2	4	2	5	5	3	8	4	4	53
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2000	6	4	2	3	3	6	8	0	0	7	8	7	54
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>117</b>	<b>88</b>	<b>76</b>	<b>80</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>78</b>	<b>65</b>	<b>87</b>	<b>75</b>	<b>65</b>	<b>1,000</b>

Fuente: MINEM (2018)

Al mes de setiembre del presente año, ya se alcanzó la cantidad de accidentes mortales de todo el año 2018, lo cual indica que los planes de control no están siendo fructíferos.

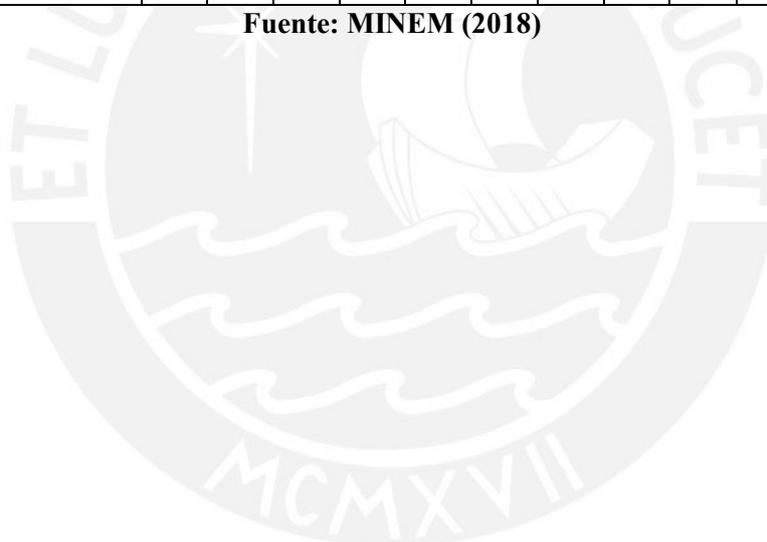
Por otra parte, según las Estadísticas de Enfermedades Ocupacionales en Minería publicadas por el MINEM del año 2018, muestra la incidencia de estas en función a la ocupación del trabajador, siendo mecánico y operario las ocupaciones con mayor número reportado.

**Tabla 1.2 Enfermedades Ocupacionales por Ocupación en el año 2018**

<b>Enfermedades Ocupacionales por Ocupación</b>													
Ocupación	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	2018	Total
	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10	-11	-12	
	Cant												
ALBAÑIL	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
ALMACENERO/BODEGUERO	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	13
AUX. LIMPIEZA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
AYUDANTE	21	21	21	22	21	21	23	22	21	22	21	21	257
AYUDANTE II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
AYUDANTE PERFORISTA	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
AYUDANTES-OTROS	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3
AYUDANTE - ELECTRICISTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
CAPATAZ DE SUPERFICIE	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CAPATAZ MINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
CARPINTERO	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
CHANCADOR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	24
CHOFER	9	12	9	11	9	9	9	9	10	10	9	9	115
COMPRESORISTA	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	13
CONDUCTOR DE EQUIPO-MAQUINARIA	6	6	0	0	0	1	3	0	0	0	0	2	18
CONTROLADOR	1	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	7
CUADRADOR	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
DISPARADOR	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
ELECTRICISTA	22	22	22	25	22	22	22	22	22	22	22	22	267
EMPLEADO	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
EMPLEADO DE SUPERFICIE	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180
ENMADERADOR	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4
ING. EN SUPERFICIE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
ING.GEOLOGO	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
INGENIERO DE MINAS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
JEFE PLANTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
MAESTRO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	4
<b>MECANICO</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>686</b>
MECANICO-SOLDADOR	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
MOLINERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
MOTORISTA	2	2	2	2	2	2	11	2	2	2	2	1	32
MUESTRERO	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	26
OBRERO	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	132
OBRERO DE SUPERFICIE	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

OPERADOR DE RELLENO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
OPERADOR EQUIPO ESTACIONARIO (C.FUERZA.)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
OPERADOR EQUIPO PESADO (SCOOP, JUMBO)	7	7	7	8	7	7	7	7	7	8	7	7	86
OPERARIO	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>OPERARIO</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>662</b>								
OTROS	0	0	1	0	1	1	4	2	0	2	2	2	15
PALERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
PEON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
PERFORISTA	5	5	5	5	7	5	18	4	5	4	5	5	73
SECRETARIO	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	132
SOLDADOR	17	17	17	18	18	17	19	17	17	17	17	17	208
SUPERVISOR	29	31	29	29	29	29	30	29	29	30	29	29	352
SUPERVISOR INGENIERO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
TECNICO II	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
TECNICO IV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
TOPOGRAFO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
TORNERO	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	49
VIGILANTE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Fuente: MINEM (2018)



## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍAS CONVENCIONALES

Para el análisis de los riesgos ergonómicos se emplean metodologías que no requieren de un experto para poder ser aplicadas en las empresas del sector minero y que brindan información para establecer un primer diagnóstico, con el fin de plantear controles para reducir el nivel de riesgo de las actividades que se llevan a cabo en las organizaciones. Entre las metodologías más conocidas y más empleadas en los informes de titulación son el NIOSH, RULA, REBA, OWAS, LEST y JSI. A continuación se explicará su funcionamiento y su fin principal de uso.

### 2.1 MÉTODO NIOSH

A través del uso de esta metodología –la cual integra la capacidad biomecánica del cuerpo, los aspectos fisiológicos y la combinación de estos dos conceptos– se busca el diseño puestos de trabajo teniendo en cuenta el levantamiento manual de cargas, eliminando y/o reduciendo las posibles lesiones lumbares generadas por la realización de esta actividad. En el caso de minería, se debe considerar que el levantamiento de cargas también incluye a las herramientas y equipos de trabajo, no se limita únicamente a partes, materiales y/o insumos.

El método NIOSH evalúa condiciones específicas de trabajo bajo las cuales el trabajador labora y establece un Peso Máximo Recomendado (RWL: *Recommended Weight Limit*). Este valor se obtiene por medio de la fórmula mostrada en la Figura 2.1.

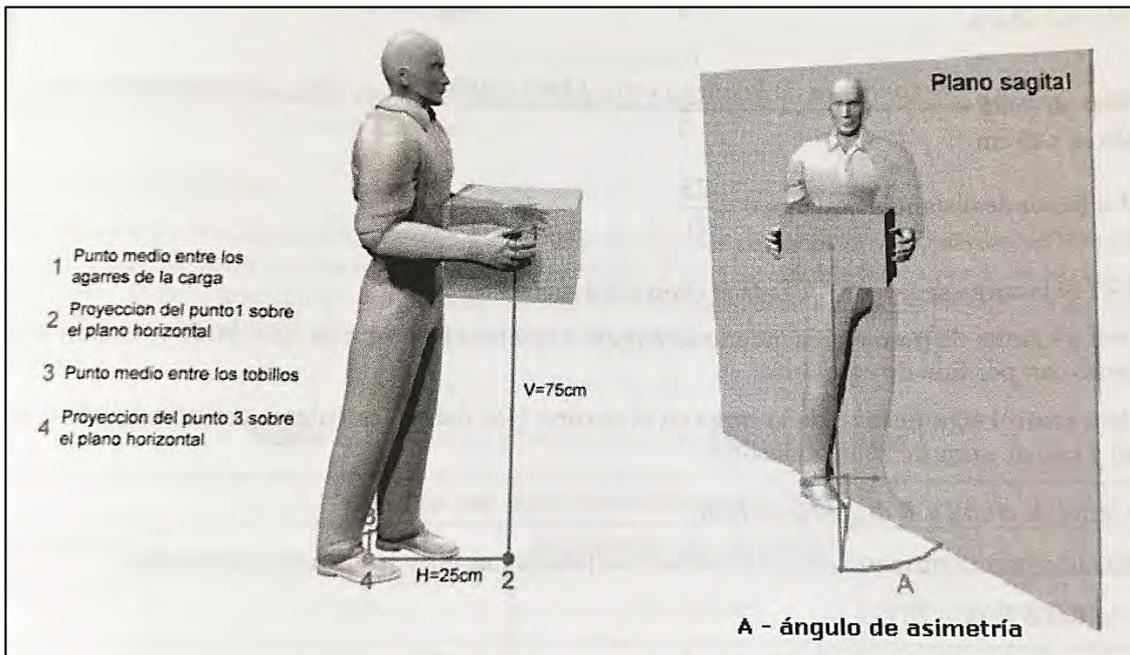
$$RWL = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM$$

**Figura 2.1 Ecuación de NIOSH**

**Fuente:** (Diego-Mas, Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh., 2015)

Con esta ecuación se evalúa la carga a ser levantada por medio de factores como la distancia horizontal de alejamiento al cuerpo, la distancia vertical desde el suelo, el desplazamiento del operario con la carga, la asimetría asociada a la torsión del cuerpo, la frecuencia con la cual realiza esta actividad y la calidad del agarre de la carga. Cada uno de estos factores se puntúa por medio de las tablas establecidas por el método, donde el puntaje varía entre 0 y 1, siendo 0 una puntuación negativa o crítica y mientras más cercana a 1 es una puntuación óptima.

Para un mejor entendimiento de los cálculos de los factores, en la Figura 2.2 se muestra las medidas a tomar en cuenta, el plano sagital de simetría y las posiciones referenciales.



**Figura 2.2 Posición óptima de levantamiento y ángulo de asimetría en el método de NIOSH**  
**Fuente: Creus Solé (2012, pág. 753)**

**HM: Factor de Distancia Horizontal**

Este valor decrece conforme la carga se levanta alejada del cuerpo del trabajador. Esta distancia está designada con el valor de H, la cual considera como valor óptimo 25 cm medido desde el punto medio entre los tobillos, como se aprecia en la Figura 1.2. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$HM = 25 / H$$

Si H es menor de 25 cm. se dará a HM el valor de 1  
 Si H es mayor de 63 cm. se dará a HM el valor de 0

**VM: Factor de Distancia Vertical**

Este valor decrece conforme la carga levantada tiene como origen o destino posiciones muy bajas o elevadas. El valor óptimo sugerido por la ecuación es de 75 cm como detalla la Figura 2.2. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$VM = (1 - 0,003 |V - 75|)$$

Si  $V > 175$  cm. se dará a VM el valor de 0

**DM: Factor de Desplazamiento Vertical**

Este valor decrece conforme la variación de alturas V, desde que se inició el desplazamiento del trabajador hasta el lugar destino, crece. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$DM = 0,82 + (4,5 / D)$$

$$D = |V_o - V_d|$$

Si  $D \leq 25\text{cm} \Rightarrow$  daremos a DM el valor 1

D no podrá ser mayor de 175 cm

$V_o$  = altura inicial

$V_d$  = altura final

### AM: Factor de Asimetría

Este valor disminuye conforme el trabajador realice torsión con el tronco. Para ello, se debe considerar el plano sagital mostrado en la Figura 2.2, donde se asume que, si el movimiento de levantamiento del trabajador inicia o finaliza fuera de este plano es un levantamiento asimétrico. Se mide en función al ángulo A formado originariamente. La fórmula a emplear es la siguiente:

$$AM = 1 - (0.0032 * A)$$

Si  $A > 135^\circ$  daremos a AM el valor 0

El ángulo A debe estar en grados sexagesimales

### FM: Factor de Frecuencia

Este valor disminuye cuando es calificado como un trabajo que realiza elevaciones con mucha frecuencia, durante periodos prolongados o sin tiempo de recuperación. Para la determinación de este factor se emplea la tabla del Anexo 2. Se debe tomar en cuenta lo indicado en la Tabla 2.1 para determinar la duración de la tarea.

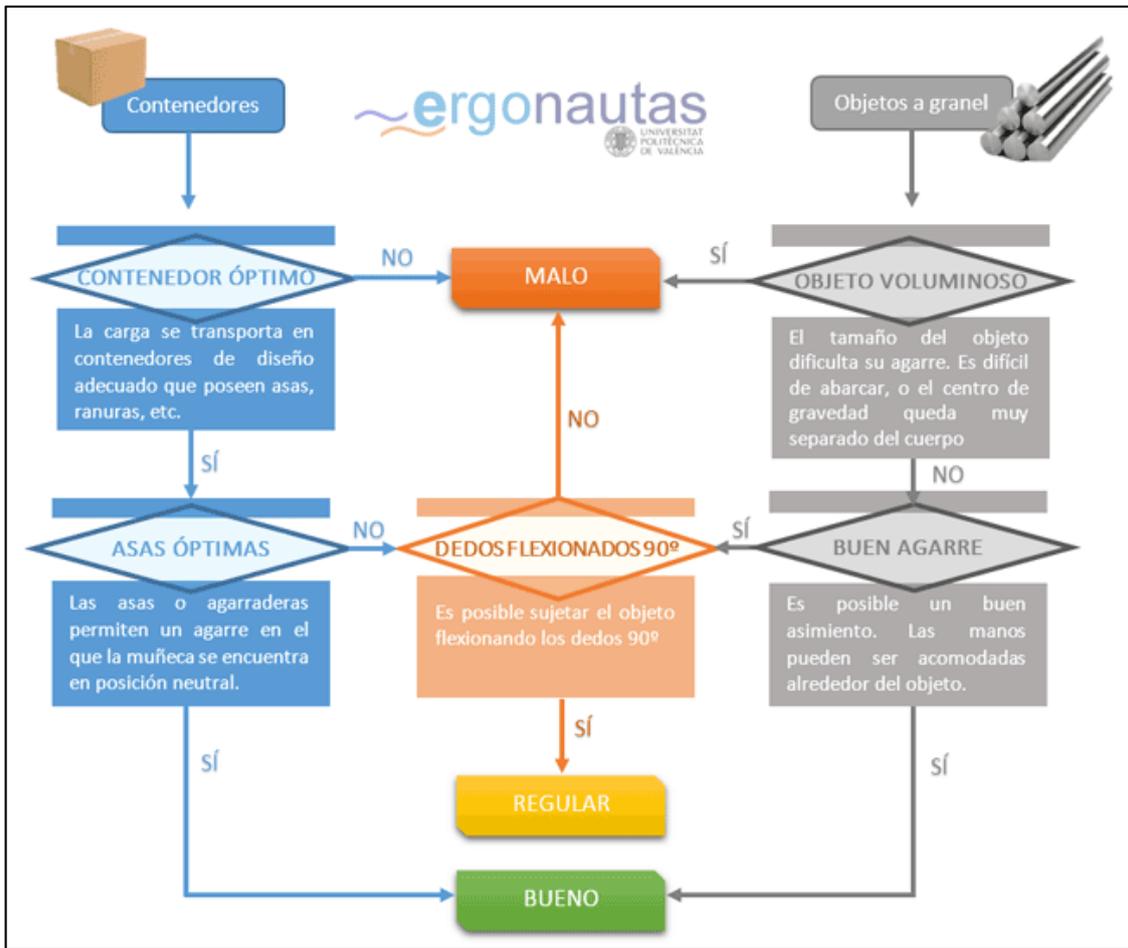
**Tabla 2.1 Consideraciones para determinar el tiempo de duración de una tarea**

Tiempo	Duración	Tiempo de recuperación
$\leq 1$ hora	Corta	Al menos 1,2 veces el tiempo de trabajo. Sino: Moderada
$>1-2$ horas	Moderada	Al menos 0,3 veces el tiempo de trabajo. Sino: Larga
$>2-8$ horas	Larga	

**Fuente:** (Diego-Mas, Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh., 2015)

### CM: Factor de Agarre

Este valor disminuirá cuando se considere que las elevaciones que se realicen tengan un agarre deficiente. Para determinar este criterio, se hace uso de un árbol de decisión, el cual se muestra en la Figura 2.4.



**Figura 2.3** Árbol de decisión para Factor de Agarre  
**Fuente:** (Universidad Politécnica de Valencia, 2019)

Luego de obtener el RWL, se calcula el Índice de Levantamiento para determinar el riesgo que representa la actividad analizada. En la Figura 2.5 se muestra la ecuación.

$$LI = \text{Peso de la carga levantada} / \text{RWL}$$

**Figura 2.4** Ecuación del índice de Levantamiento  
**Fuente:** (Diego-Mas, 2015)

Según el valor obtenido, se clasifica en el intervalo mostrado en la Tabla 2.2, con lo cual se concluye si la actividad ocasiona algún problema, si es precisa su evaluación o es necesario modificarse.

**Tabla 2.2** Tabla de intervalos y riesgos asociados al Índice de Levantamiento (LI)

Intervalo	Riesgo	Explicación
$LI \leq 1$	Riesgo limitado	La mayoría de trabajadores que realicen este trabajo no deberían tener problemas.
$1 < LI < 3$	Incremento moderado del riesgo	Algunos trabajadores pueden sufrir dolencias o lesiones si realizan estas tareas y deben someterse a un control.
$LI \geq 3$	Incremento acusado del riesgo	Tarea inaceptable desde el punto de vista ergonómico y debe ser modificada.

**Fuente:** (Creus Solé, 2012)

## 2.2 MÉTODO RULA

Este método analiza posiciones de forma individual; por ello, es necesario seleccionar adecuadamente las posturas a evaluar, priorizando las que supongan una mayor carga postural por duración, frecuencia o desvío a la posición neutra. Se aplica a ambos lados del cuerpo por separado, así, el evaluador determina el lado de mayor carga (izquierdo o derecho). Asimismo, en cada lado se describen dos grupos anatómicos representados por una letra, ya sea, A (brazo, antebrazo y muñeca) o B (cuello, tronco y piernas). Para aplicar este método, se deben seguir los pasos listados en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Pasos de aplicación del método RULA**

Nº	Descripción del paso
1	Determinar ciclo de trabajo y observar al trabajador por varios ciclos.
2	Seleccionar posturas a evaluar.
3	Determinar si se evaluará el lado izquierdo o derecho.
4	Tomar los datos angulares requeridos.
5	Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo.
6	Obtener las puntuaciones parciales y finales del método para determinar existencia de riesgo y establecer Nivel de Actuación.
7	De ser requerido, determinar qué tipo de medidas deben adoptarse.
8	Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.
9	De haber realizado cambios, volver a evaluar con el método RULA.

**Fuente:** (Diego-Mas, Evaluación postural mediante el método RULA, 2015)

Una vez que se culminan con los pasos, se procede a determinar el nivel de riesgo de la actividad y se establece la actuación necesaria según la Figura 2.6

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

**Figura 2.5 Nivel de Actuación según Puntaje Final RULA**

**Fuente:** (Diego-Mas, Evaluación postural mediante el método RULA, 2015)

## 2.3 MÉTODO REBA

El método REBA, a comparación del método RULA, presenta un análisis postural más sensible, ya que incluye variables que pueden determinar riesgos de tipo músculo-esquelético. Esto se logra analizando, también, el tipo de agarre, posturas estáticas y dinámicas y cambios bruscos o inesperados de postura.

Los pasos a seguir para realizar la evaluación del método REBA son muy similares a los del método RULA, mostrados en la Tabla 2.3. Del mismo modo, clasifica las partes del cuerpo en dos grupos: A y B. El cambio que se observa es en la evaluación del Nivel de Actuación como se puede observar en la Figura 2.7.

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

**Figura 2.6 Nivel de Actuación según Puntaje Final REBA**

**Fuente:** (Diego-Mas, *Evaluación postural mediante el método REBA*, 2015)

## 2.4 MÉTODO OWAS

El método OWAS, al igual que el método RULA y REBA, permite determinar la carga postural analizando otras variables. En principio, se identifican hasta 252 posiciones diferentes como resultado de la combinación de la posición de la espalda (4 posiciones), brazos (3 posiciones), piernas (7 posiciones) y carga levantada (3 intervalos), reconocidas a través de la observación de las posturas que adopta el trabajador al realizar una tarea (Creus Solé, 2012, pág. 762).

Este método presenta una serie de pasos a seguir para su implementación, los cuales son enumerados en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4 Pasos de aplicación del método OWAS**

Nº	Descripción del paso
1	Determinar si la tarea debe ser dividida en varias fases (evaluación simple o multi-fase).
2	Establecer el tiempo total de observación de la tarea dependiendo del número y frecuencia de las posturas adoptadas.
3	Determinar la frecuencia de observación o muestreo.
4	Observación y registro de posturas.
5	Codificación de las posturas observadas.
6	Cálculo de la Categoría de riesgo de cada postura.

7	Cálculo del porcentaje de repeticiones o frecuencia relativa de cada posición de cada miembro.
8	Cálculo de la Categoría de riesgo para cada miembro en función de la frecuencia relativa.
9	Determinar, en función de los resultados obtenidos, las acciones correctivas y de rediseño necesarias.
10	En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la tarea con el método OWAS para comprobar la efectividad de la mejora

Fuentes: (Creus Solé, 2012, pág. 762), (Diego-Mas, 2015)

Para la interpretación de los resultados, se debe entender la codificación que sugiere el método, ya que otorga una puntuación entre 0 y 4 con su respectiva acción requerida en función a la combinación de estos.

Categoría de Riesgo	Efecto de la postura	Acción requerida
1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético.	No requiere acción.
2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
4	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.

Figura 2.7 Puntuación de Riesgo y Acciones correctivas según codificación OWAS

Fuente: (Diego-Mas, Evaluación postural mediante el método OWAS, 2015)

		Piernas			Carga			Espalda			Brazos											
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Figura 2.8 Categoría de Riesgos por Códigos de Postura OWAS

Fuente: (Diego-Mas, Evaluación postural mediante el método OWAS, 2015)

Finalmente, para que el método tenga un análisis más global, se aplican conceptos estadísticos para determinar la frecuencia relativa de cada posición. Esto, con el fin de conocer cuáles son las partes del cuerpo que soportan mayor incomodidad y proponer las medidas correctivas necesarias.

		Frecuencia Relativa									
		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%
ESPALDA	Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Espalda doblada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Espalda con giro	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Espalda doblada con giro	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAZOS	Dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Un brazo bajo y el otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Dos brazos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PIERNAS	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	Sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Sobre rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Sobre una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Andando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

**Figura 2.9 Categorías de Riesgo de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa**  
**Fuente:** (Diego-Mas, Evaluación postural mediante el método OWAS, 2015)

## 2.5 MÉTODO LEST

El método LEST permite realizar una evaluación simple y global de los puestos de trabajo, así como la carga mental asociada la vida personal y social de los trabajadores. En otras palabras, analiza muchas dimensiones de forma superficial, dando un punto de partida para establecer mejoras de las condiciones de trabajo.

Como se ha mencionado, el método abarca 6 dimensiones que se subdividen, a su vez, en otras variables como se muestra en la Tabla 2.5. Para la medición de las variables, se requiere del uso de instrumentos adecuados como anemómetro, psicómetro, sonómetro, luxómetro, cronómetro y cinta métrica.

**Tabla 2.5 Dimensiones y variables en LEST**

Dimensión	Variable
Entorno físico	Ambiente térmico
	Ruido
	Iluminación
	Vibraciones
Carga física	Carga estática
	Carga dinámica
Carga mental	Apremio de tiempo
	Complejidad
	Atención
Aspectos psicosociales	Iniciativa
	Estatus social
	Comunicaciones
	Relación con el mando
Tiempos de trabajo	Tiempo de trabajo

**Fuentes:** (Creus Solé, 2012, pág. 770), (Diego-Mas, 2015)

Estas variables y dimensiones se combinan en una Hoja de Campo, por medio de la cual se registra información de los diferentes puestos de trabajo para determinar la carga física, mental y los aspectos psicosociales, determinando cual presenta un mayor riesgo y aplicar las acciones correctivas necesarias.

PUNTUACIÓN	VALORACIÓN
0, 1, 2	Situación satisfactoria
3, 4, 5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador.
6, 7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
8, 9	Molestias fuertes. Fatiga.
10	Situación Nociva.

**Figura 2.10 Puntuación de las variables en el método LEST**

**Fuente:** (Diego-Mas, Análisis ergonómico global mediante el método LEST, 2015)

## 2.6 MÉTODO JSI

El método JSI permite “valorar el riesgo de desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos en la parte distal de las extremidades superiores debido a movimientos repetitivos” (Creus Solé, 2012, pág. 758) y (Diego-Mas, 2015). De forma similar a la ecuación de NIOSH, este método consta de seis factores multiplicadores que, a través de la ecuación de JSI, permiten determinar el Índice de Esfuerzo.

La ecuación para determinar el Índice de Esfuerzo (JSI) es la siguiente:

$$JSI = IE * DE * EM * HWP * SW * DD$$

Cabe destacar que la evaluación de este método es subjetiva, ya que depende de la percepción del evaluar al calificar cada factor. Por otro lado, cada uno de estos factores presenta una tabla que define las variables a considerar para su puntuación, la cual varía del 1 al 5 según los criterios explicados previamente.

### IE: Intensidad del esfuerzo

Se determina según el esfuerzo percibido por el evaluador en función a la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6 Intensidad del Esfuerzo**

Intensidad del esfuerzo	%MS2	EB1	Esfuerzo percibido	Valoración
Ligero	<10%	≤2	Escasamente perceptible, esfuerzo relajado	1
Un poco duro	10%-29%	3	Esfuerzo perceptible	2
Duro	30%-49%	4-5	Esfuerzo obvio; sin cambio en la expresión facial	3
Muy duro	50%-79%	6-7	Esfuerzo importante; cambios en la expresión facial	4
Cercano al máximo	≥80%	>7	Uso de los hombros o tronco para generar fuerzas	5

Fuente: (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

### DE: Duración del esfuerzo por ciclo de trabajo

Se determina como el tiempo que el trabajador realizar esfuerzos en función al tiempo que fue observado. Para determinar este porcentaje se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Duración del esfuerzo} = 100 * (\text{Duración de todos los esfuerzos} / \text{Tiempo de observación})$$

Según este porcentaje, se valoriza con la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7 Porcentaje de duración del esfuerzo**

% Duración del esfuerzo	Valoración
<10%	1
10%-29%	2
30%-49	3
50%-79%	4
80%-100%	5

Fuente: (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

### EM: Frecuencia de los esfuerzos

Se obtiene calculando el número de esfuerzos realizados por el trabajador durante el tiempo que se observó su labor, a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzos/minutos} = \text{Número de esfuerzos} / \text{Tiempo de observaciones (minutos)}$$

A partir del cálculo del ratio de esfuerzos se valoriza según la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8 Esfuerzos por minuto**

% Esfuerzos por minuto	Valoración
<4	1
4-8	2
9-14	3
15-19	4
≥20	5

Fuente: (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

### HWP: Postura mano-muñeca

Se establece una posición neutra de la muñeca y se evalúa la desviación que presenta, ya sea en flexión-extensión como en desviación lateral. La valorización se realiza según los criterios de la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9 Postura mano-muñeca**

Postura muñeca	Extensión	Flexión	Desviación	Postura percibida	Valoración
Muy buena	0°-10°	0°-5°	0°-10°	Perfectamente neutral	1
Buena	11°-25°	6°-15°	11°-15°	Cercana a la neutral	2
Regular	26°-40°	16°-30°	16°-20°	No neutral	3
Mala	41°-55°	31°-50°	21°-25°	Desviación importante	4
Muy mala	>55°	>50°	>25°	Desviación extrema	5

Fuente: (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

### SW: Velocidad de trabajo

Se mide de forma subjetiva en función a lo percibido por el evaluador. Se valoriza a través de los criterios descritos en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10 Velocidad de trabajo**

Ritmo de trabajo	Comparación con MTM-1 <sup>1</sup>	Velocidad percibida	Valoración
Muy lento	≤80%	Ritmo extremadamente relajado	1
Lento	81%-90%	Ritmo lento	2
Regular	91%-100%	Velocidad de movimientos normal	3
Rápido	101%-115%	Ritmo impetuoso pero sostenible	4
Muy rápido	>115%	Ritmo impetuoso y prácticamente insostenible	5

Fuente: (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

### DD: Duración de la tarea por jornada de trabajo

Según la jornada diaria del trabajador, se determina cuántas de estas horas dedica a la actividad analizada. Su valorización se detalla en la Tabla 2.11.

**Tabla 2.11 Duración de la tarea por día**

Duración de la tarea por día en horas	Valoración
<1	1
1-2	2
2-4	3
4-8	4
≥8	5

Fuente: (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

<sup>1</sup> Ritmo observado dividido por el ritmo predicho por MMT-1 (método de medida de tiempo de trabajo) y expresado como porcentaje (Creus Solé, 2012, pág. 760).

Tras valorar cada uno de los factores analizados, se produce a asignar el valor real de factor multiplicador según la Tabla 2.12.

**Tabla 2.12 Cálculo de factores multiplicadores**

Factores multiplicadores						
Valoración	IE	DE	EM	HWP	SW	DD
1	1	0,5	0,5	1	1	0,25
2	3	1	1	1	1	0,5
3	6	1,5	1,5	1,5	1	0,75
4	9	2	2	2	2	1
5	13	3	3	3	3	1,5

**Fuente:** (Garg, Moore, & Kapellusch, 1995)

Finalmente, se obtiene el Índice de esfuerzo (JSI), al multiplicar los 6 factores. El JSI se interpreta de la siguiente manera:

- Valores de JSI inferiores o iguales a 3 indican que la tarea es probablemente segura.**
- Valores entre 5 y 7 aparecen Desórdenes músculo-esqueléticos en extremidades superiores**
- Puntuaciones superiores o iguales a 7 indican que la tarea es probablemente peligrosa.**

## CAPÍTULO 3.METODOLOGÍAS NO CONVENCIONALES

Los métodos vistos previamente emplean una evaluación indirecta, ya que se realiza a través de la observación de las actividades que realizan los operarios. Sin embargo, está sujeto al juicio crítico de quien observa y predomina la imprecisión en determinar si una acción está siendo llevada a cabo bajo los criterios ergonómicos adecuados. Si bien estos métodos son económicos y pueden ser aplicados fácilmente sin experiencia previa, son muy variables (Sánchez Lite, García García, & Manzanedo del Campo, 2007).

Por ello, en los últimos años han surgido tecnologías que pueden favorecer el análisis de los riesgos ergonómicos.

### 3.1 ANÁLISIS DE IMÁGENES

Uno de los principales problemas presentes cuando se busca evaluar un puesto de trabajo es ocupar varias horas de tiempo para observar adecuadamente los procesos que realizan los operarios. Del mismo modo, se tiene el inconveniente inevitable de la observación: el técnico tiende a trabajar de forma “adecuada” cuando alguien está mirando, con lo cual se distorsionan los resultados obtenidos.

Frente a ello, el uso de softwares de computadora para analizar las imágenes puede ser una opción accesible, evitando el sesgo propio del evaluador y el problema antes mencionado. Un ejemplo de ello es el software online desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia llamado Ergonautas, el cual permite realizar un análisis de imágenes a través de una comparación de ángulos ideales de trabajo.

Con este software se puede determinar la flexión de diversas partes del cuerpo como el antebrazo, el brazo, el cuello, la muñeca, el tronco, entre otros. De esta forma, se puede concluir si existe un riesgo de lesión al realizar las actividades asignadas al operario (Ergonautas, 2019)



**Figura 3.1 Software online de Ergonautas para evaluación de ángulos en fotografías**  
**Fuente: Universidad Politécnica de Valencia (2019)**

Con el rápido desarrollo de la tecnología, este concepto puede mejorarse hasta llegar al punto de analizar cada una de las actividades que realizan los operarios, durante su jornada laboral, en tiempo real. Así identificar con exactitud y prontitud qué actividades requieren de controles o mejoras para reducir los riesgos.

### 3.2 SIMULACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO

La tecnología no solo se puede aplicar una vez que el puesto de trabajo ya ha sido diseñado o está funcionando, sino que se puede prever los posibles riesgos asociados a nuevos puestos, según las características de las actividades, para mitigarlos o controlarlos.

Para ello, diversas compañías han elaborado software que permiten realizar *test* para determinar los riesgos a los que se enfrentaría un operario, por medio de maniqués. Uno de los principales problemas de estos software fue la infinita cantidad de posturas que puede adoptar un maniquí, a diferencia de una persona; por tanto, el software permite regular los ángulos de libertad de movimiento para facilitar la simulación (Sánchez Lite, García García, & Manzanedo del Campo, 2007).

Los softwares que permiten realizar la simulación de puestos de trabajo se resumen en la Tabla

**Tabla 3.1 Softwares de simulación de puestos de trabajo**

Nº	Software
1	CATIA™ 3DEXPERIENCE® - Dassault Systèmes® 3D Software
2	Jack and Jill: Virtual Factory Employees
3	3DSSPP SOFTWARE

Los beneficios del uso de esta tecnología son múltiples, ya que permite reducir costos en diseño de puestos de trabajo; permite prever y mitigar las posibles lesiones que se puedan generar, protegiendo al colaborador de riesgos a su salud; permite determinar la productividad del colaborador al reducir las causantes de fatiga y cansancio físico.

## **CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Luego de haber evaluado ambos tipos de metodologías, se concluye que la integración de estas implica beneficios a las organizaciones, ya que las metodologías convencionales poseen el conocimiento teórico de cómo evaluar y qué pasos seguir, mientras que la tecnología simplifica y acelera este proceso, logrando resultados óptimos.

Asimismo, la tecnología impulsará el nacimiento de nuevas metodologías de evaluación, aumentando la seguridad que brinda la organización a sus colaboradores, pero, al mismo tiempo, aumentando su productividad y reduciendo los costos por sanciones legales o temas médicos.

Es recomendable que las empresas que desarrollan sus actividades en el sector minero inviertan en la seguridad de sus colaboradores, ya que la competitividad en este sector es muy alta y se puede ver perjudicada por un aspecto tan sensible como es la responsabilidad social con el colaborador y su bienestar.



## Bibliografía

- Alli, B. O. (2018). *Fundamental principles of occupational health and safety*, second edition. Geneva: *International Labour Office*.
- Azuaje N., J. A., & Mega L., G. A. (2014). *Propuestas de mejoras ergonómicas en el proceso de fabricación de postes y torres de iluminación caso: Suministros Atlas C. A.* Tesis de titulación de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, Naguanagua.
- Carmente, L., Moncada, F., & Borjas, E. (2014). Manual de medidas antropométricas. (SALTRA/IRET-UNA, Ed.) *Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas IRET; n°19*, 80.
- Coulter, R. (n.d.). *Administración*.
- Creus Solé, A. (2012). *Técnicas para la prevención de riesgos laborales*. Barcelona, España: Marcombo, S.A.
- Dassault Systèmes. (2019). *CATIA*. Retrieved Noviembre 16, 2019, from <https://www.3ds.com/products-services/catia/?wockw=CATIA>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Análisis ergonómico global mediante el método LEST*. Retrieved Setiembre 25, 2019, from Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/lest/lest-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación de la repetitividad de movimientos mediante el método JSI*. Retrieved Setiembre 23, 2019, from Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/jsi/jsi-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación ergonómica del levantamiento de carga mediante la ecuación de Niosh*. Retrieved Setiembre 19, 2019, from Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/niosh/niosh-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación postural mediante el método OWAS*. Retrieved Setiembre 20, 2019, from Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación postural mediante el método REBA*. Retrieved Setiembre 19, 2019, from Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación postural mediante el método RULA*. Retrieved Setiembre 14, 2019, from Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Dimate, A. E., Rodríguez, D. C., & Rocha, A. I. (2017). Percepción de desórdenes musculoesqueléticos y aplicación del método. *Rev Univ Ind Santander Salud*, 49(1):57-74. doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v49n1-2017006>
- FERNANDEZ BACA, G. (1982). Participación de la mujer en el desarrollo económico". *Gerencia*, XII(99), 22.

- Garg, A., Moore, J. S., & Kapellusch, J. M. (1995). The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 443-458.
- Grimaldi, J., & Simonds, R. (1996). *La Seguridad Industrial y su administración* (Segunda ed.). México: Alfaomega.
- Infantes Rodriguez, J. N., & Yampi Enciso, L. Y. (2018). *Estudio ergonómico y propuesta de mejora de la productividad en el cambio de liners de una empresa especializada en mantenimiento de maquinaria y equipo, aplicando el software E-Lest*. Tesis de Titulación de Ingeniería, Universidad Católica San Pablo, Facultad de Ingeniería y Computación, Arequipa.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *INEI*. Retrieved Agosto 20, 2019, from Estadísticas - Minería: <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/mining1/>
- International Ergonomics Association. (2019). *IEA*. Retrieved from What is Ergonomics?: <https://www.iea.cc/whats/index.html>
- Koch, M. W. (2018). Ergonomics. *Salem Press Encyclopedia of Science*. Retrieved from <http://search.ebscohost.com.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89250448&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2011, Agosto 20). Normas Legales. *Diario Oficial "El Peruano"*.
- Manchego, M. Á. (2012). *Evaluación y propuesta de mejoras ergonómicas y de salud ocupacional para el proceso de fabricación de un montón de acero simple sin accesorio*. Tesis de titulación de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima. Retrieved Agosto 2019
- Medina, R. V. (2017). *Evaluación y propuestas de mejoras ergonómicas para puestos de trabajo de ensamblaje de buses*. Tesis de titulación de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima. Retrieved Setiembre 2019
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Estadística de accidentes mortales en el sector minero*. Retrieved Setiembre 23, 2019, from [http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12464](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12464)
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Estadísticas de enfermedades ocupacionales en minería*. Retrieved Noviembre 5, 2019, from [http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=10187](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=10187)
- Moncada Flores, A. J. (2020). *EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORAS ERGONÓMICAS EN EL PROCESO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE COMPONENTES DE MAQUINARIA PESADA PARA MINERÍA*. Tesis de titulación de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima.
- MTPE/OGECIT/OFICINA DE ESTADÍSTICA. (2019). *Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo*. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/mtpe/informes-publicaciones/279944-anuario-estadistico-2018>
- OSINERGMIN. (2018). *Análisis Estadístico de Seguridad y Compendio Ilustrativo Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería - 2018*. Retrieved Setiembre 30, 2019, from

[http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Illustrativo-Accidentes-Mineria-2018.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Illustrativo-Accidentes-Mineria-2018.pdf)

Sánchez Lite, A., García García, M., & Manzanedo del Campo, M. Á. (2007). Métodos de evaluación y herramientas aplicadas al diseño y optimización. *International Conference on Industrial Engineering & Industrial Management - CIO 2007*. Retrieved Novimebre 13, 2019, from [http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2007/health\\_safety\\_at\\_work//0239\\_0250.pdf](http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2007/health_safety_at_work//0239_0250.pdf)

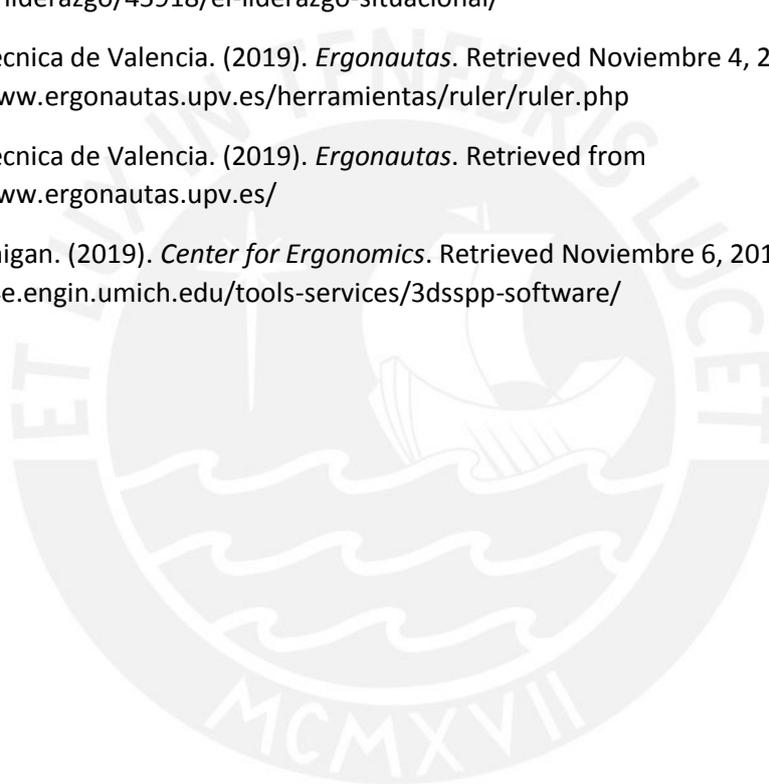
Sandoval, R. A. (2013). *Evaluación ergonómica y propuesta para mejora en los puestos del proceso de teñido de tela en tejido de punto de una tintorería*. Tesis de titulación de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Lima. Retrieved Agosto 2019

Soto, B. (n.d.). *gestion.org*. Retrieved from <https://www.gestion.org/recursos-humanos/liderazgo/45918/el-liderazgo-situacional/>

Universidad Politécnica de Valencia. (2019). *Ergonautas*. Retrieved Noviembre 4, 2019, from Ruler: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>

Universidad Politécnica de Valencia. (2019). *Ergonautas*. Retrieved from <https://www.ergonautas.upv.es/>

University of Michigan. (2019). *Center for Ergonomics*. Retrieved Noviembre 6, 2019, from <https://c4e.engin.umich.edu/tools-services/3dsspp-software/>



# Anexo 1. FAX CONYUNTURAL DE ACCIDENTES MORTALES

## FAX COYUNTURAL DE ACCIDENTES MORTALES

Año de Accidente : 2019

Pag. 1 de 1

24/10/2019

Nº	FECHA ACCIDENTE	TITULAR MINERO	CONCESIÓN / UEA	Nº VIC.	VICTIMA	EMPRESA	TIPO EMPRESA	CLASIFICACIÓN SEGÚN TIPO
1	03/01/2019	COMPAÑIA MINERA PODEROSA S.A.	LA PODEROSA DE TRUJILLO	1	HERMENEGILDO BENITES, JUAN	COMPAÑIA MINERA PODEROSA S.A.	Titular Minero	CAÍDAS DE OBJETOS EN CURSO DE MANUTENCIÓN MANUAL
2	14/01/2019	VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	CARAHUACRA	1	HURTADO TERREL, ROLANDO TORRICELI	VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	Titular Minero	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
3	17/01/2019	COMPAÑIA MINERA CARAVELI S.A.C.	LA PACCHA	2	BAYLLON ZEGARRA, SANTOS	MINEROS Y METALURGISTAS DON MAIK S.R.L.	Empresas Conexas	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
					MENDIETA JARA, EDUARDO	MINEROS Y METALURGISTAS DON MAIK S.R.L.	Empresas Conexas	
4	08/02/2019	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	ACUMULACION TOQUEPALA 1	1	MAMANI NINA, JUAN DE DIOS	SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL DEL PERU	Titular Minero	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
5	15/02/2019	CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.	ACUMULACION PARCOY Nº 1	1	NEYRA ESCOBEDO, VIRGILIO	CANCHANYA INGENIEROS S.R.LTDA.	Contratista Minero	EXPOSICIÓN A, O CONTACTO CON, SUSTANCIAS NOCIVAS O RADIACIONES
6	06/03/2019	PROYECTOS LA PATAGONIA S.A.C.	IGOR 4	1	ALVARADO PIZAN, NAJAY	PROYECTOS LA PATAGONIA S.A.C.	Titular Minero	CAÍDAS DE PERSONAS CON DESNIVELACIÓN [CAÍDAS DESDE ALTURAS (ÁRBOLES, EDIFICIOS, ANDAMIOS, ESCALERAS, MÁQUINAS DE TRABAJO
7	10/04/2019	COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	UCHUCCHACUA	1	TINTAYO UNTIVEROS, ALFONSO IGNACIO	MARTINEZ CONTRATISTAS E INGENIERIA S.A.	Contratista Minero	GOLPES POR OBJETOS MÓVILES (COMPREDIDOS LOS FRAGMENTOS VOLANTES Y LAS PARTÍCULAS), A EXCEPCIÓN DE LOS GOLPES POR OBJETO
8	11/04/2019	COMPAÑIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.	ACSA DOS	1	HUAMAN CORDOVA, ROVINZON	COMPAÑIA MINERA AGREGADOS CALCAREOS S.A.	Titular Minero	CAÍDAS DE PERSONAS CON DESNIVELACIÓN [CAÍDAS DESDE ALTURAS (ÁRBOLES, EDIFICIOS, ANDAMIOS, ESCALERAS,

								MÁQUINAS DE TRABAJO
9	12/04/2019	COMPANÍA MINERA SAN IGNACIO DE MOROCOCHA S.A.A.	PALMAPATA	2	ROJAS CASIMIRO, BAROLO VALENTIN MILAN TORRES, JAIME WILMER	RESEFER MINING & CONSTRUCTION SOCIEDAD ANONIMA RESEFER MINING & CONSTRUCTION SOCIEDAD ANONIMA	Contratista Minero Contratista Minero	DERRUMBE (CAÍDAS DE MASAS DE TIERRA, DE ROCAS, DE PIEDRAS, DE NIEVE)
10	05/05/2019	DOE RUN PERU S.R.L. EN LIQUIDACION EN MARCHA	COBRIZA 1126	1	YANCE BALTAZAR, PABLO MANUEL	DOE RUN PERU S.R.L. EN LIQUIDACION EN MARCHA	Titular Minero	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
11	08/05/2019	SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.	COLQUIJRCA Nº 2	1	JAVIER MARCELO, ABEL YONE	EMPRESA COMUNAL Y SERVICIOS MULTIPLES HUARAUCACA	Empresas Conexas	ATRAPADA POR UN OBJETO
12	16/05/2019	NEXA RESOURCES PERU S.A.A.	CERRO LINDO	1	VILLANUEVA CORDOVA, EFRAIN FREDY	NEXA RESOURCES PERU S.A.A.	Titular Minero	DERRUMBE (CAÍDAS DE MASAS DE TIERRA, DE ROCAS, DE PIEDRAS, DE NIEVE)
13	21/05/2019	DOE RUN PERU S.R.L. EN LIQUIDACION EN MARCHA	COBRIZA 1126	1	PALOMINO MESCUA, DANTE	DOE RUN PERU S.R.L. EN LIQUIDACION EN MARCHA	Titular Minero	CAÍDAS DE PERSONAS CON DESNIVELACIÓN [CAÍDAS DESDE ALTURAS (ÁRBOLES, EDIFICIOS, ANDAMIOS, ESCALERAS, MÁQUINAS DE TRABAJO
14	13/06/2019	COMPANÍA MINERA PODEROSA S.A.	LIBERTAD	1	JURADO TUNCAR, GOZMAN	MAROSE CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	Contratista Minero	OTRAS CAÍDAS DE OBJETOS
15	24/06/2019	COMPANÍA MINERA CHUNGAR S.A.C.	ACUMULACION ANIMON	1	PALMARES CARBAJAL, EDWIN	MIRO VIDAL Y COMPANÍA SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA	Contratista Minero	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
16	25/06/2019	ANGLO AMERICAN QUELLAVECO S.A.	CARPANITO	1	ESTRADA AGUERO, CESAR WILINTON	CONSORCIO GYM-OSSA	Empresas Conexas	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
17	02/07/2019	COMPANÍA MINERA ANTAPACCAY S.A.	TINTAYA	1	APARICIO BUSTAMANTE, MARION	SERVICIOS Y CONTRATISTAS TINTAYA SOCIEDAD ANONIMA	Empresas Conexas	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
18	12/07/2019	COMPANÍA MINERA ARGENTUM S.A.	MOROCOCHA	1	SANDOVAL ISLA, LEANDRO LUIS	EMPRESA COMUNAL DE SERVICIOS MULTIPLES PUCARA - MOROCOCHA	Empresas Conexas	CAÍDAS DE PERSONAS CON DESNIVELACIÓN [CAÍDAS DESDE ALTURAS (ÁRBOLES, EDIFICIOS, ANDAMIOS, ESCALERAS, MÁQUINAS DE TRABAJO

19	15/07/2019	MINERA CROACIA E. I.R.L.	ESPERANZA DE CARAVELI II	1	PUMA CASTILLO, VICTOR	CORPORACIÓN MINERA DEL CENTRO S.A.C. - CORMICEN S.A.C.	Contratista Minero	DERRUMBE (CAÍDAS DE MASAS DE TIERRA, DE ROCAS, DE PIEDRAS, DE NIEVE)
20	01/08/2019	MINERA CHINALCO PERU S.A.	PROYECTO TOROMOCHO	1	CHIRRE GABANCHO, MANUEL ANIBAL	CONSORCIO COSAPI - ICSK - TOROMOCHO	Empresas Conexas	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
21	09/08/2019	OXIDOS DE PASCO S.A.C.	OXIDOS DE PASCO	1	MARCELO VILLANUEVA, EFRAIN MAYER	EMPRESA COMUNAL SERVICIOS MULTIPLES RANCAS - ECOSERM RANCAS	Empresas Conexas	OTRAS FORMAS DE ACCIDENTE, NO CLASIFICADAS BAJO OTROS EPÍGRAFES, INCLUIDOS AQUELLOS ACCIDENTES NO CLASIFICADOS POR FALTA
22	09/08/2019	DOE RUN PERU S.R.L. EN LIQUIDACION EN MARCHA	COBRIZA 1126	1	JAVIER HUAYRA, MAURO	DOE RUN PERU S.R.L. EN LIQUIDACION EN MARCHA	Titular Minero	CONTACTO POR INHALACIÓN, POR INGESTIÓN O POR ABSORCIÓN CON SUSTANCIAS NOCIVAS
23	10/09/2019	MINERA FERCAR E. I.R.L.	RAQUEL	1	SOLIS OQUENDO, JOSE FERNANDO	MINERA FERCAR E. I.R.L.	Titular Minero	GOLPES POR OBJETOS MÓVILES (COMPREDIDOS LOS FRAGMENTOS VOLANTES Y LAS PARTÍCULAS), A EXCEPCIÓN DE LOS GOLPES POR OBJETO
24	15/09/2019	CONSORCIO DE INGENIEROS EJECUTORES MINEROS S.A.	AGUILA NUEVA 1-A	1	CANAZA ALIAGA, RONALD	SAN FRANCISCO CONTRAT MINEROS Y SERV GRALES S.R.L.	Contratista Minero	CONTACTO POR INHALACIÓN, POR INGESTIÓN O POR ABSORCIÓN CON SUSTANCIAS NOCIVAS
25	17/09/2019	COMPAÑIA MINERA CASAPALCA S.A.	AMERICANA	1	CHAHUAYLACC LIMA, MAXIMO	GESTION MINERA INTEGRAL S.A.C.	Empresas Conexas	DERRUMBE (CAÍDAS DE MASAS DE TIERRA, DE ROCAS, DE PIEDRAS, DE NIEVE)

#### **RESÚMEN :**

##### **Total de Accidentes Mortales Ocurridos**

<b>Total Víctimas</b>	<b>27</b>
<b>- Total Víctimas por Titular Minero</b>	<b>10</b>
<b>- Total Víctimas por Contratista Minero</b>	<b>8</b>
<b>- Total Víctimas por Empresas Conexas</b>	<b>9</b>

## Anexo 2 Cálculo del factor de frecuencia (FM)

Cálculo del factor de frecuencia (FM)						
FRECUENCIA	DURACIÓN DEL TRABAJO					
Elevaciones/ min	< 1 hora		>1-2 horas		>2-8 horas	
	V<75	V>75	V<75	V>75	V<75	V>75
< 0,2	1	1	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Los valores de V están en cm. Para frecuencias inferiores a 5 minutos, utilizar F= 0,2 elevaciones por minuto.

Fuente: Creus Solé (2012)