Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Industrial
Unidad de Posgrado

Modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones

TESIS

Para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial

AUTOR

Fabio Eduardo OBANDO HERRERA

ASESOR

Jorge Luis INCHE MITMA

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Obando, F. (2019). *Modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones*. Tesis para optar grado de Doctor en Ingeniería Industrial. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

CÓDIGO ORCID DEL AUTOR:	
CÓDIGO ORCID DEL ASESOR:	**https://orcid.org/0000-0001-5943-168X**
GRUPO DE INVESTIGACIÓN:	
INSTITUCIÓN FINANCIADA PARCIAL O TOTAL:	UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA- ECUADOR
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	LABORATORIO DE TERMOFLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA, GUAYAQUIL - ECUADOR
AÑO O RANGO DE AÑOS DE LA INVESTIGACIÓN	2 AÑOS
DNI	1707982169

UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. DECANA DE AMÉRICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN Nº 19-UPG-FII-2019

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la ciudad de Lima, del día quince del mes de noviembre del dos mil diecinueve, siendo las once horas, en acto público se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"MODELO BIOMECÁNICO – ERGONÓMICO DEL MOVIMIENTO DE TRONCO Y BRAZOS DE OPERARIOS ZURDOS EN EL USO DEL TALADRO DE PEDESTAL COMO MEDIO DE PREVENCIÓN DE LESIONES"**, para optar el Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido Aprobado con la calificación de Muy bueno (17).

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Doctor en Ingeniería Industrial, al **Mg. OBANDO HERRERA, FABIO EDUARDO.**

En señal de conformidad, siendo las 12.25 horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

Dr. TINOCO GOMEZ, OSCAR RAFAEL
Presidente

Dr. FLORES GUTIERREZ, JOSÉ OVIDIO
Miembro

Dr. SANTOS DE LA CRUZ, BALDOMERO GUILLERMO
Miembro

Dr. CHUNG PINZAS, ALFONSO RAMÓN
Miembro

Dr. INCHE MITMA, JORGE LUIS
Asesor

1. Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mi esposa Gabriela, mis hijos Miguel Ángel, Sebastián y Gabriel, gracias por estar siempre conmigo, apoyándome en todos los proyectos que he emprendido, gracias su admiración y apoyo. Ustedes fueron, son y serán siempre mi fuente de inspiración, yo sé que con su apoyo cualquier proyecto será logrado.

Esta visión es testimonio
de que hay un día y una hora señalados.
Aunque parezca que demora en llegar, espéralo;
porque es seguro que llegará y no tardará.
Habacuc 2:3

2. Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial a la Universidad Politécnica Salesiana y muy concreto al Padre Javier Herrán, quienes confiaron en mí y me brindaron su apoyo incondicional, a los docentes de la UNMSM, quienes con su paciencia y dedicación me ayudaron a completar esta preparación, un paso importante en mi vida profesional.

También quisiera agradecer a mi familia, mis amigos, mis compañeros de trabajo, a mis alumnos que me brindaron su apoyo de formas impensadas, gracias a todos.

3. Resumen:

La presente investigación es un estudio destinado a valorar la postura y evaluar el riesgo de lesiones musculo esqueléticas (LME) en miembros superiores de estudiantes con lateralidad izquierda de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica Salesiana de Quito – Ecuador y proponer un modelo biomecánico – ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones.

Mediante un estudio descriptivo de 10 estudiantes con edad promedio 19,8 ± 1,23 años y experiencia promedio en el uso del taladro de 1,9 ± 1,3 meses, se valoró el riesgo ergonómico utilizando REBA (Evaluación Rápida de Cuerpo Entero); RULA (Evaluación rápida de las extremidades superiores); OCRA (Acción repetitiva ocupacional).

Como primer paso se evaluó la lateralidad mediante los test de Harris y Edimburgo, obteniendo el 100% de la población consistentemente zurda ($p<0.05$). Mediante fotometría y apoyados en el software libre RULER se midieron los ángulos de miembros superiores, de las posiciones que toma el operario al realizar un ejercicio de taladrado, estableciendo una base de datos para la valoración del riesgo ergonómico.

Mediante un estudio estadístico (paramétrico y no paramétrico) se comparó la lateralidad del operario con cada método de evaluación ergonómica y tiempos de cambio de postura. Variables que no aportan al riesgo de LME, también fueron analizadas, esta fueron la edad de los operarios y la experiencia en el uso del taladro de pedestal.

Ya con el análisis ergonómico postural de los operarios, se propone una guía de pausas activas basado en los tiempos de cambio de postura medidos experimentalmente.

En conclusión, el riesgo de LME en operarios zurdos cuando operan un taladro de pedestal crece según su grado de lateralidad.

Palabras cave: Lateralidad, riesgos ergonómicos, REBA, RULA, OCRA

4. Summary

This research is a study aimed at assessing posture and assessing the risk of skeletal muscle lesions (SCI) in upper limbs of students with left lateral Mechatronics Engineering from the Salesian Polytechnic University of Quito - Ecuador and propose a biomechanical - ergonomic model of movement of trunk and arms of left-handed operators in the use of the pedestal drill as a means of injury prevention.

Through a descriptive study of 10 students with an average age of 19.8 ± 1.23 years and average experience in the use of the drill of 1.9 ± 1.3 months, ergonomic risk was assessed using REBA (Rapid Whole Body Evaluation); RULA (Rapid evaluation of the upper extremities); OCRA (Occupational repetitive action).

As a first step, laterality was assessed using the Harris and Edinburgh tests, obtaining 100% of the consistently left-handed population ($p < 0.05$). Using photometry and supported by the free software RULER, the angles of the upper limbs were measured, of the positions taken by the operator when performing a drilling exercise, establishing a database for ergonomic risk assessment.

Through a statistical study (parametric and non-parametric), the laterality of the operator was compared with each method of ergonomic evaluation and posture change times. Variables that do not contribute to the risk of MSL, were also analyzed, this was the age of the operators and the experience in the use of the pedestal drill.

Already with the postural ergonomic analysis of the operators, an active pause guide is proposed based on the experimentally measured posture change times.

In conclusion, the risk of SCI in left-handed operators when operating a pedestal drill increases according to their degree of laterality.

Keywords: Laterality, ergonomic risks, REBA, RULA, OCRA

Índice General:

1. Dedicatoria III
2. Agradecimientos IV
3. Resumen: V
4. Summary VI
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 1
1.1 Situación Problemática. 1
1.2 Formulación del problema: 1
1.2.1 Problema General: 1
1.2.2 Problemas específicos: 2
1.3 Justificación e importancia de la investigación 2
1.3.1 Justificación Teórica 2
1.3.2 Justificación Metodológica 3
1.3.3 Justificación Práctica 3
1.4 Objetivos de la investigación 4
1.4.1 Objetivo General: 4
1.4.2 Objetivos específicos: 4
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 6
2.1 Marco filosófico y epistemológico de la investigación 6
2.2 Antecedentes de estudio: 8
2.3 Lateralidad 9
2.3.1 Breve historia – Lateralidad 9
2.3.2 Periodo de definición de la lateralidad 9
2.3.3 Características sociales de la lateralidad 10
2.3.4 Relación Lateralidad – Operación taladro de pedestal 10
2.4 Análisis Postural 11
2.5 Las máquinas no son diseñadas para zurdos 11
2.6 Riesgos Laborales – Visión General 11
2.7 Métodos de análisis ergonómico 12
2.8 Ergonomía 12
2.8.1 Por qué nace la ergonomía – Rasgos Históricos 12
2.8.2 Definición: 13
2.8.3 Clasificación de la ergonomía: 13

2.8.4 Objetivo de la ergonomía: 14
2.8.5 Ergonomía biométrica o geométrica 15
2.9 Dimensiones antropométricas 16
2.10 Variables antropométricas 18
2.10.1 Precisión y errores 19
2.11 Métodos para la obtención de dimensiones antropométricas 19
2.11.1 Medición mediante medios manuales 20
2.11.2 Medición mediante fotografía 21
2.11.3 Tratamiento estadístico 22
2.12 Carga de trabajo 22
2.12.1 Carga física del trabajo: 22
2.12.2 Carga de trabajo aceptable en el trabajo repetitivo 23
2.12.3 Trabajo muscular en las actividades laborales 23
2.13 Esfuerzo muscular: 24
2.13.1 Sobrecarga muscular 25
2.13.2 Efectos para la salud 25
2.14 Posturas 25
2.14.1 Factores que influyen en la postura 26
2.15 Biomecánica: 26
2.15.1 Variables biomecánicas: 28
2.15.2 Los métodos de evaluación ergonómica 28
2.15.3 El Método RULA. 31
2.15.4 Método REBA: 43
2.15.5 El método OCRA 56
2.16 Lateralidad 70
2.16.1 Uso de la mano 71
2.16.2 Tipos de lateralidad 72
2.16.3 Cuestionarios de lateralidad: 73
2.16.4 Influencia de la lateralidad en las maquinas 73
2.17 Dirección anatómica, planos y movimientos: 74
2.18 Planos y secciones del cuerpo 75
2.18.1 Articulaciones vistas como elementos mecánicos: 76
2.19 Movimientos de miembro superior 77
2.19.1 El Hombro: 77
2.19.2 Movimientos del hombro 79

2.20 Marco Conceptual 82
2.20.1 Glosario de términos: 83
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA 85
3.1 Hipótesis y Variables 85
3.1.1 Hipótesis General 85
3.1.2 Hipótesis especificas 85
3.2 Identificación de las variables 86
3.2.1 Variable Dependiente: 86
3.2.2 Variables Independientes: 86
3.3 Matriz de consistencia 87
3.4 Operacionalización de Variables 88
3.4.1 Definición Conceptual de Variables 88
3.4.2 Variable Independiente: 88
3.4.3 Matriz de operacionalización de variables 89
3.5 Tipo y diseño de la Investigación 89
3.5.1 Tipo de investigación: 89
3.6 Diseño de la investigación 91
3.6.1 Determinación del método de Investigación Cualitativa 92
3.6.2 Identificación de los Instrumentos a emplear 92
3.6.3 Metodología de la Investigación Cuantitativa 93
3.6.4 Fiabilidad y validez de la recolección de datos 94
4. CAPITULO IV: RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS 95
4.1 Análisis Biomecánico – Postural: 95
4.1.1 Medición del grado de lateralidad 95
4.1.2 Análisis Postural 96
4.1.3 Caracterización de Posturas usadas en el taladro de pedestal – postura más adecuada 97
4.1.4 Verificación de ángulos – posición óptima 99
4.1.5 Resultados y Mediciones 100
4.2 Aplicación en hojas de cálculo RULA, REBA y OCRA 113
4.2.1 Hoja RULA: 113
Hoja REBA: 117
Hoja OCRA 120
4.3 Aplicación de métodos de análisis ergonómico 128
4.4 Análisis de correlación entre variables 129

4.5 Estudio de tiempos y calidad de perforación utilizando MSA y SPC: 130
4.5.1 Estudio basado en MSA (Análisis de Sistema de Medición) 134
4.5.2 Promedio de piezas 135
4.5.3 Gráfica de promedios de medición de diámetros 135
4.5.4 Control de calidad promedios y rangos 136
4.6 Verificación de las Hipótesis: 139
4.6.1 Comprobación de la Hipótesis general 139
4.6.2 Comprobación de Hipótesis especificas 145
4.6.3 Análisis de correlación entre Lateralidad y tiempo de cambio de postura (Tcp) 149
4.7 Propuesta de modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones 151
4.7.1 Análisis previo del puesto de trabajo: 152
4.8 Descripción pausas activas 161
4.8.1 Propuesta de pausas activas 161
4.8.2 Programa da apoyo: 162
5. CAPÍTULO V: IMPACTOS 165
5.1 Conclusiones 166
BIBLIOGRAFIA 167

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática.

En la industria metalmecánica es común que existan lesiones y accidentes de trabajo provocado por la desconcentración del personal, muchas de estas desconcentraciones son causadas por el estrés laboral causado por el cansancio muscular, provocado por los RSIs (lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos), para disminuir el riesgo de lesiones y accidentes es recomendable, cada cierto periodo de tiempo, realizar las denominadas "pausas activas" que no son más que un conjunto de ejercicios que ayudan a la relajación muscular.

Como manifiestan (Gómez-Conesa & Martínez-González, 2002) cuando el trabajador presenta perturbaciones en su cuerpo puede ser causa de no presentarse al trabajo, causando perdida en la economía de la empresa.

En brazos y hombros las lesiones pueden aparecer por una carga relativamente alta, y la otra característica de esta carga es que es repetida y continuada.

1.2 Formulación del problema:

1.2.1 Problema General:

¿Es factible desarrollar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones?

1.2.2 Problemas específicos:

1. ¿Cómo se categoriza la lateralidad de los operarios zurdos, en el uso del taladro de pedestal?

2. ¿Se podrá caracterizar los movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos en un operador de lateralidad izquierda operando un taladro y determinar los parámetros para una análisis ergonómico - postural?

3. ¿Cómo se construye un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario?

1.3 Justificación e importancia de la investigación

1.3.1 Justificación Teórica

La investigación permitirá conocer y profundizar sobre la biomecánica del movimiento del cuerpo y la ergonomía en la operación de una máquina herramienta, el caso taladro de pedestal.

Lo que permitirá relacionar lo citado en la teoría con la parte práctica (mediciones antropométricas, posición angular relativa de miembros superiores, análisis de riesgo ergonómico).

1.3.2 Justificación Metodológica

Para desarrollar la presente investigación, se ha dispuesto generar bases de datos de ángulos que forman los miembros superiores e ingresarlos a hojas de cálculo de riesgo ergonómico, evaluando que posiciones del operario zurdo del taladro de pedestal generan riesgo de lesiones musculo esqueléticas LME.

1.3.3 Justificación Práctica

La finalidad de la investigación, es contribuir en el desarrollo de un nuevo modelo que suministre tiempos adecuados de pausas activas para que un operario zurdo disminuya el riesgo de sufrir LME en miembros superiores.

Actualmente en el Ecuador se está fomentando la cultura de prevención de riesgos laborales dentro de las empresas, para esto el gobierno nacional ha creado el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, el cual en su artículo 2, ítem 2c menciona: "Programar y evaluar la ejecución de las normas vigentes en materia de prevención de riesgos del trabajo y expedir las regulaciones especiales en la materia, para determinadas actividades cuya peligrosidad lo exija". (Valdivieso, 2014).

La concientización en la importancia de mejorar las condiciones de trabajo, con nuevas visiones y conceptos, desde puntos de vista que superan exclusivamente las condiciones físicas, de seguridad e higiénicas de los puestos de trabajo, es un objetivo primordial que debemos cumplir para mejorar la capacidad productiva de la industria.

Mediante un estudio biomecánico - ergonómico del cuerpo humano, en este caso el operario de un taladro de pedestal, cuya lateralidad es izquierda, el mismo que será considerado como un sistema en el cual, las leyes de la cinética y la cinemática del solido rígido se cumplen a cabalidad.

El cuerpo del operario puede ser simulado y modelado ergonómicamente, analizando desplazamientos angulares, tiempos de operación, cargas de trabajo, este análisis será complementado con hojas de cálculo (RULA, REBA; OCRA Check List), y su estudio será más completo y factible de validar.

Al tener al alcance todos los medios necesarios (laboratorios, talleres, salas de computo, bibliografía, recursos humanos y económicos), la viabilidad del proyecto es óptima y es posible cumplir con los objetivos planteados.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General:

Diseñar un modelo biomecánico ergonómico de miembros superiores, tomando en cuenta los efectos de la lateralidad en el uso del taladro de pedestal en los talleres de la U.P.S, campus sur, utilizando los métodos de análisis postural RULA, REBA y OCRA Check List.

1.4.2 Objetivos específicos:

1. Categorizar a los usuarios del taladro de pedestal, mediante un análisis de lateralidad utilizando las herramientas, Test de Harris y protocolo de Edimburgo.

2. Identificar en un operador zurdo las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, operando TP.

3. Diseñar un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco filosófico y epistemológico de la investigación

Las bases filosóficas en la que se sustenta el trabajo de investigación tienen como referencia al hombre (cuerpo), a sus conocimientos, a entender por qué el cuerpo es considerado un sistema biomecánico.

El hombre existe como un ente físico que se manifiesta como componente visible y palpable, habita en una zona del universo, existiendo en este mundo al que transforma y es transformado por el mismo.

El hombre está formado por órganos, los mismos que son compuestos por infinidad de células y tejidos, que bien integrados y organizados cumplen funciones específicas y en algunos casos muy complejas. Estas redes anatómicas no actúan de forma independiente, sino que, formas complejos sistemas controlados y regulados por el cerebro.

El cuerpo humano no es un mecanismo cuasi exacto ya que también influye la parte espiritual ya que también desempeña numerosas labores científicas, volitivas y sensitivas. La característica principal del hombre es que tiene alma y semejanza con Dios, lo que le hace superior a los otros seres como animales y plantas.

El hombre no es un ente solo moviéndose al azar, sino que es un complejo mecanismo dinámico, pensativo, material, inseparable y por tanto trascendente.

"La posición del cuerpo como trascendente, del cuerpo no como objeto, trasciende la condición meramente orgánica; que el cuerpo es más que organismo, se

pone de manifiesto con la noción de encarnación, que el ser es más que organismo –ser sujeto– porque se trata de la encarnación". (Gallo, 2006).

El cuerpo es visto como sujeto de capacidades, la capacidad del yo motivada en su vida de conciencia y se manifiesta así en el cuerpo como aquello que condiciona su sensibilidad con sus impulsos y en la manera como es motivado a comportarse (Rodríguez, 2003).

Protágoras (siglo V a.c.), fue uno de los primeros pensadores en postular al hombre como el centro de todo: "El hombre es la medida de todas las cosas, de las que son en cuanto que son, y de las que no son, en cuanto que no son". Interpretaciones de grandes filósofos también postularon al hombre como medida, como criterio de las cosas, como ser social, que permite analizar y reconocer la realidad a partir de la propia existencia; según Platón, Protágoras fue el primer pensador en poner al hombre en el centro de todo tipo de especulación intelectual y toda reflexión filosófica, teniendo como referencia ya no a la naturaleza sino al ser humano. (Pastrana, 2015).

Para Aristóteles la veracidad o falsedad que puede tener un enunciado facultan a exponer contextos complicados de modo simple y lógico, por lo que se asume esta fundamentación filosófica.

Galileo sentó las bases de la Ciencia moderna, porque propuso un método sistemático basado en la verificación experimental de las hipótesis o explicaciones sobre los fenómenos naturales. El objetivo principal de Galileo fue el de describir detalladamente el movimiento de los cuerpos, incluido el cuerpo humano. (Loredo, 2012).

Comúnmente se llaman verdaderos a las proposiciones o juicios que dicen ser aquello que es, y no ser aquello que no es. Podemos hablar dos tipos de verdades: la

verdad lógica o conformidad de nuestro conocimiento con el estado de las cosas conocidas; y la verdad ontológica o conformidad de la cosa consigo misma. Lo verdadero debe manifestarse al conocimiento y ser conforme con su ser profundo. (Morales, 2002)

El movimiento, es medida de la presencia del hombre que posibilita la expresión, la disponibilidad corporal (se mueve), relaciona al individuo con su organismo, controlado con experiencia brindando el discernimiento de lo que es conciencia. (Prieto & Naranjo, 2005).

El estudio fenomenológico, reflexiona en la cimentación de espacios en varias disciplinas, logrando adaptarlo a la naturaleza mismo, motivando la pregunta de conocimiento (Vargas, 2001).

"Desde un punto de vista más biológico, el sistema cuerpo-mundo que llega a conocer el hombre, va a tener uno de sus condicionamientos, en las gamas de estímulos que son adecuadas para excitar el equipo de órganos sensoriales y construir la relación corporal con el mundo" (Prieto & Naranjo, 2005).

2.2 Antecedentes de estudio:

En pequeñas y medianas industrias el uso de máquinas herramientas es muy común, aunque en la actualidad se ha introducido las máquinas de control numérico CNC. Actualmente en la industria ecuatoriana los procesos CNC, han empezado a ser utilizados, sin embargo, no se ha incrementado su uso (Recalde, 2016), debido a sus costos la mayoría de estas máquinas las encontramos en grandes industrias. (Suasti, 2006).

Una de las máquinas herramientas existentes en toda pequeña y mediana empresa es el taladro de pedestal, es una máquina relativamente fácil de operar, pero su característica principal es que tiene sus mandos de fuerza al lado derecho. (Ginjaume & Torre, 2005) (González, Nápoles, & Sánchez, 2018).

De esta particularidad de que el taladro de columna presenta sus mandos de fuerza al lado derecho nace la inquietud ¿Qué pasa cuando un zurdo opera la máquina?

2.3 Lateralidad

La lateralidad izquierda o derecha es una categoría natural. La mayor tendencia de lateralidad en la humanidad es ser diestro, pero siempre existirá, aunque en un menor porcentaje las personas zurdas. Muchos estudios de tipo histórico - antropológico han confirmado que, en las civilizaciones remotas, incluso las ya extintas, eran en su mayoría habitadas por individuos con lateralidad derecha. (Castilla, 1999).

2.3.1 Breve historia – Lateralidad

Rostros con su mirada hacia el lado izquierdo, encontrados en pinturas rupestres muestra una tendencia de dibujantes con lateralidad derecha, dibujando caras viendo a la izquierda, también se han encontrado dibujos de individuos manipulado herramientas con sus manos derechas. (Castilla, 1999).

2.3.2 Periodo de definición de la lateralidad

El ser humano en sus primeros años (3 o 4 años) comienza a manifestar una tendencia marcada de su lateralidad, la misma que se define totalmente aproximadamente a los o años de vida. (Marcelly, 1993).

2.3.3 Características sociales de la lateralidad

El individuo con lateralidad izquierda, pertenece a una minoría muy marcada, la misma que presenta la única pero grande desventaja de vivir en un mundo diseñado para diestros. (Castilla, 1999).

En cuanto a la relación diestro - zurdo, en general los diestros obtienen mejor rendimiento con su brazo dominante que los zurdos. Sin embargo, con el brazo no dominante los zurdos difieren menos. Como vivimos en un mundo diestro, los zurdos se ven obligados a utilizar mucho su lado no dominante, con el fin de adaptarse (Jourrnet, 1984).

Un individuo con lateralidad izquierda, debe ajustar su forma de vida realizando un esfuerzo muy grande para entrar en un mundo diseñado por y para los diestros, como consecuencia de este esfuerzo se generan, en algunas ocasiones quebrantos en incluso psicológicos. (Wright, Hardie, & Wilson, 2009).

También (Ojanguren, 2004) menciona que "Es como vivir en el mundo del revés y cada día deben enfrentar una cadena de complicaciones para realizar sus actividades cotidianas".

2.3.4 Relación Lateralidad – Operación taladro de pedestal

En la operación o manejo del taladro de pedestal una persona zurda busca siempre optar por una posición más confortable, esto implica, en muchos de los casos adoptar posiciones que según la ergonomía conllevan a riesgos de lesiones musculo esqueléticas. (Martínez, Martel, Hernández, & Balderrama, 2013).

2.4 Análisis Postural

Para (Álvarez & Astasio, 2011) La postura se define desde una condición estructural, estática y rígida, pero también puede ser definida desde un punto de vista más funcional, más dinámico, como aquella capaz de optimizar la relación entre el individuo y su entorno".

Se define como la correcta adaptación entre la persona y los aparatos, máquinas y objetos que utiliza (Castiblanco, Silva, Acosta, & Campos, 2013), La higiene postural y la ergonomía facilitan realizar todo tipo de actividades del modo más seguro y efectivo posible (Cunha, 2001).

2.5 Las máquinas no son diseñadas para zurdos

En el proceso de diseño mecánico de una máquina, como lo manifiesta (Torres & Rodríguez, 2007), uno de los aspectos no considerados es si el operador es zurdo o derecho, al no considerar esta tipología acarrea implicaciones como errores de operación, retrasos en la ejecución, baja calidad y productividad.

2.6 Riesgos Laborales – Visión General

Con relación a riesgos laborales en las fuentes consultadas se halló que una gran cantidad de investigaciones apuntan al tratamiento de medidas de control, ya que los trabajadores estén sometidos a múltiples riesgos de diversa índole.

Las investigaciones consultadas proponen diversos análisis dependiendo cada uno de un estudio in situ, ya sea en el área industrial, deportiva, de oficina entre otras.

2.7 Métodos de análisis ergonómico

Los métodos de análisis ergonómico más destacados en las investigaciones son:

OCRA (*Occupational Repetitive Action*) considera en la valoración los factores de riesgo recomendados por la IEA (International Ergonomics Association): repetitividad, posturas inadecuadas o estáticas, fuerzas, movimientos forzados y la falta de descansos o periodos de recuperación, valorándolos a lo largo del tiempo de actividad del trabajador (Diego-Mas, 2015).

RULA (*Rapid Upper Limb Assessment)* evalúa la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga postural y que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo. (Diego-Mas, 2015).

REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) es un método asentado en el anterior, con la diferencia que en este se incluyen los miembros inferiores. (Diego-Mas, 2015)

2.8 Ergonomía

2.8.1 Por qué nace la ergonomía – Rasgos Históricos

Registros históricos que datan de la II Guerra Mundial indican que la tecnología progreso de tal modo que permitió componer máquinas bélicas cada vez más y más complejas tanto en manipulación como en poder, que se adaptaban a distintas

circunstancias. Pero a pesar de optimizar los procesos de: elección de la clase obrera, adiestramiento y de su elevada motivación de ejercer trabajos planteados, los inconvenientes encontrados al generalizar su trabajo incitaban a pérdidas materiales. Estos parámetros no eran suficientes y necesarios, para aseverar el buen trabajo de estas. (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

2.8.2 Definición:

La palabra ergonomía procede de los vocablos *ergon* (labor) y *nomos* (ordenanza) (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013). Se viene manejando muchos conceptos de ergonomía uno de los primeros fue presentado por Wojciech (1857) en su libro titulado "Compendio de Ergonomía o de la ciencia del trabajo en verdades tomadas de la naturaleza".

Una definición que se acopla a esta investigación es la presentada por (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013), que manifiesta: "La ergonomía es una fusión de tareas concebidas y preparadas para la planificación y el diseño de los nuevos puestos de trabajo, y para el rediseño de los presentes".

Según la Asociación Española de Ergonomía, la ergonomía es la colección de instrucciones de carácter multidisciplinar aplicados para el ajuste de productos, sistemas y entornos simulados a las necesidades, limitaciones y características de sus interesados, mejorando la eficacia, seguridad y bienestar. (AEE, 2016).

2.8.3 Clasificación de la ergonomía:

Una de las instituciones más prestigiosa en esta rama como lo es la Asociación Española de Ergonomía clasifica a la ergonomía (González-Maestre, 2008), como lo expresa la tabla 1.

2.8.4 Objetivo de la ergonomía:

Según la OMS, el propósito de la ergonomía es la precaución que debe existir para evitar daños en la salud suponiendo estos tres espacios: físico, mental y social.

"La aplicación de los principios ergonómicos trata de adecuar y adaptar los sistemas de trabajo a las capacidades de las personas que los usan evitando la aparición de las alteraciones en la salud que pueden producirse como consecuencia de una carga de trabajo excesivamente alta o baja" (González-Maestre, 2008).

"El rol de la ergonomía resulta vital para el incremento de los niveles de salud en la población trabajadora y la efectividad laboral, va convirtiéndose en una necesidad tanto en países desarrollados como en los en vías de desarrollo". (Almirall & Alvarado, 2004)

Como lo manifiesta (Gómez-Conesa & Martínez-González, 2002), "el objetivo de la ergonomía lo constituye el diseño de los productos y los trabajos para que sean éstos los que se adapten a las personas y no al revés."

Cuadro 1: **Clasificación de la Ergonomía**

Ergonomía biométrica o geométrica	Antropometría y dimensionado
	Carga física y confort postural
	Biomecánica y operatividad
Ergonomía ambiental	Condiciones ambientales
	Carga visual y alumbrado
	Ambiente sónico y vibraciones
Ergonomía cognitiva	Psicopercepción y carga mental
	Interfaces de comunicación
	Biorritmos y crono ergonomía
Ergonomía preventiva	Seguridad en el trabajo
	Salud y confort laboral

	Esfuerzo y fatiga muscular
Ergonomía de concepción	Diseño ergonómico de productos
	Diseño ergonómico de sistemas
	Diseño ergonómico de entornos
Ergonomía específica	Minusvalías y discapacitación
	Infantil y escolar
	Micro entornos autónomos
Ergonomía correctiva	Evaluación y consultoría ergonómica
	Análisis e investigación ergonómica
	Enseñanza y formación ergonómica

Fuente: (González-Maestre, 2008)

2.8.5 Ergonomía biométrica o geométrica

"La ergonomía geométrica, biométrica o espacial asegura un espacio de trabajo adecuado y una disposición correcta de los elementos que utiliza el trabajador para evitar movimientos y posturas perjudiciales para su salud" (Gómez-Conesa & Martínez-González, 2002).

Antropometría:

Es el estudio de las dimensiones del cuerpo humano, análisis de su forma, composición. La antropometría evalúa las características principales del cuerpo humano (crecimiento, nutrición) y la influencia de estos en las distintas actividades del individuo. (Carmenate, Moncada, & Borjas, 2014).

Otra definición planteada por (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013) nos expresa "La antropometría es una rama de la antropología biológica que determina las dimensiones del cuerpo humano, las estudia con referencia a las estructuras anatómicas, y sirve de herramienta para la ergonomía con la finalidad de adaptar al individuo al entorno donde trabaja, vive o practica alguna actividad"

Para la medición y/o estimación de la composición corporal (medidas del cuerpo humano) el método de mayor uso es “la antropometría”, las ventajas que presenta este método son: ser rápido, seguro y de bajo costo. Estas mediciones antropométricas tienen limitantes comprometidas con la incertidumbre que se puede presentar en un evaluador o entre evaluadores, pero si las mediciones son realizadas por personal bien entrenado, estas limitaciones se reducen de forma considerable. (Urreoja, Hodgson, & Icaza, 2001) (Roche, 2006).

2.9 Dimensiones antropométricas

“Las dimensiones del cuerpo humano son numerosas, pero para diseñar un puesto de trabajo específico sólo se deben tener en cuenta las necesarias para el mismo. Es por ello que, como primer paso, se requiere de una selección minuciosa de las medidas antropométricas que se quieran tomar, pues su cantidad guarda relación con la viabilidad económica del estudio, además si no se tomara en cuenta alguna dimensión “sin importancia relativa para un diseño, su ausencia hará inadecuada una solución satisfactoria.” (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013).

Para las tomas de perfil se recomienda tomar el lado derecho del sujeto. Una relación de medidas antropométricas más completa, y de gran ayuda en el diseño del puesto de trabajo, es la que se presentan en la figura 1:

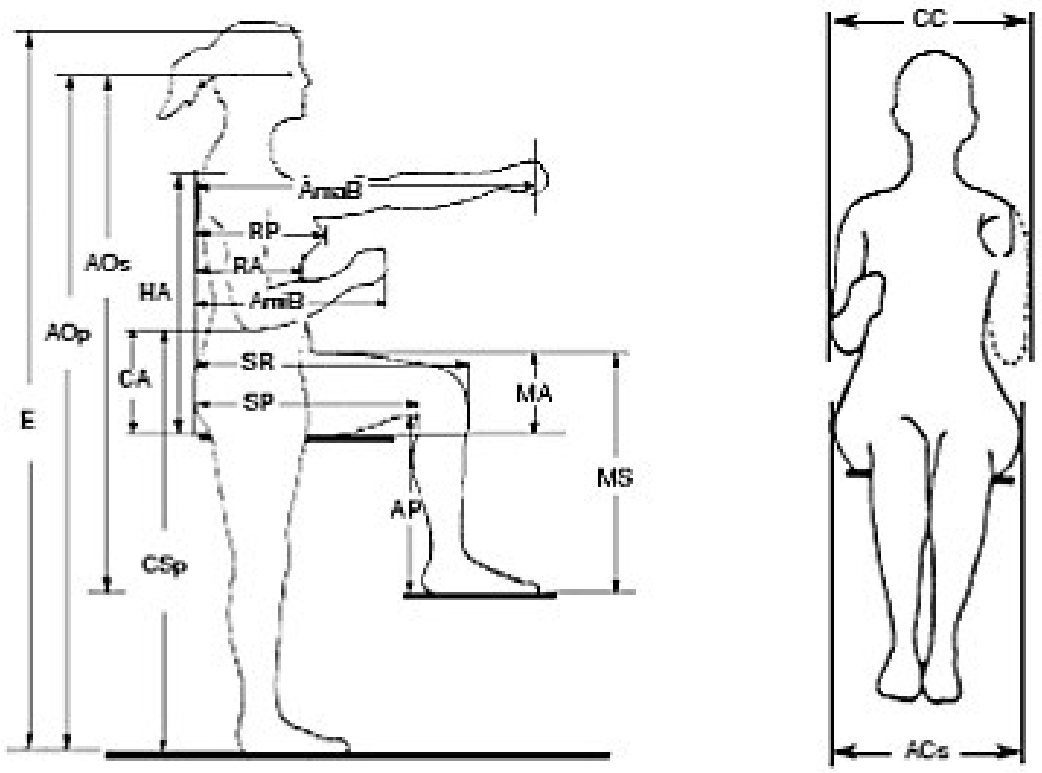


Figura 1: Principales medidas antropométricas
Fuente: (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013)

Dónde:

Altura poplítea (AP)

Distancia sacro-poplítea (SP)

Distancia sacro-rótula (SR)

Altura muslo-asiento (MA)

Altura muslo-suelo (MS)

Altura rodillas-suelo (RS)

Altura codo-asiento (CA)

Alcance mínimo del brazo hacia delante con agarre (AmínBa)

Alcance mínimo del brazo hacia delante sin agarre (AmínB)

Distancia codo-mano (CM)

Alcance máximo del brazo hacia delante con agarre (AmáxBa)

Alcance máximo del brazo hacia delante sin agarre (AmáxB)

Altura ojos-suelo, sentado (OSs)

Elevación hombros - asiento (HA)

Elevación muslos (sentado) (CdCd)

Ancho rodillas (sentado) (RRs)

Elevación subescapular (AS)

Elevación iliocrestal (AI)

Ancho entre codos (CC)

Depresión del pecho (PP)

Depresión del abdomen (PA)

Ancho de hombros (HH)

Elevación hombros-suelo (parado) (HSp)

Elevación codo-suelo (parado) (CSp)

Elevación ojos-suelo (parado) (OSp)

Anchura tórax (AT)

Estatura (E)

2.10 Variables antropométricas

Según (Masali, 1998) "variable antropométrica es una característica del organismo que puede cuantificarse, definirse, tipificarse y expresarse en una unidad de medida.

Una variable lineal es definida como uno o varios puntos de referencia que se fijan de manera exacta sobre el cuerpo, respecto a los puntos de referencia estos son de dos tipos: los denominados esquelético-anatómicos y son los que, mediante palpaciones de prominencias óseas a través de la piel, y también tenemos los puntos de referencias virtuales, los mismos se definen como las dimensiones máximas o mínimas medidas con un calibrador pie de rey."

La elección de las variables debe estar relacionada con el objetivo específico de la investigación y tipificarse con otro tipo de investigaciones en el mismo campo. Con el individuo ya sea es posición bípeda o sentado, las medidas antropométricas son generalmente de una dimensión, tomando en cuenta puntos de referencia específicos. (Masali, 1998)

2.10.1 Precisión y errores

"La precisión en las dimensiones de los organismos vivos debe considerarse de forma estocástica, ya que el cuerpo humano es sumamente impredecible, tanto como estructura estática como dinámica. Un solo individuo puede crecer o cambiar su masa muscular o la cantidad de grasa, sufrir cambios a nivel esquelético como consecuencia del envejecimiento, la enfermedad o un accidente o modificar su comportamiento o su postura." (Masali, 1998)

2.11 Métodos para la obtención de dimensiones antropométricas

Existen varias formas de obtener datos antropométricos, así lo expresa (Nariño-Lescay, Alonso-Becerra, & Hernández-González, 2016) "Son diversas las tecnologías existentes para la captación de las dimensiones antropométricas y la forma en que se pueden obtener los datos antropométricos.

Estos últimos se pueden adquirir en diversos formatos: unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D). Los datos 1D consisten en estaturas, longitudes y perímetros de segmentos corporales. Permiten establecer el tamaño del cuerpo humano, pero no la forma. Los datos 2D consisten en siluetas o secciones corporales; son contornos formados por curvas o puntos (x, y). La antropometría 3D está formada por nubes de puntos con coordenadas (x, y, z) que representan la superficie del cuerpo."

2.11.1 Medición mediante medios manuales

En la actualidad se tiene varios equipos de uso manual para medir al cuerpo humano, entre los que podemos mencionar: estadiómetro fig. 2, antropómetro fig. 3, compás antropométrico fig. 4, silla antropométrica, los mismo que tienen las siguientes ventajas: lectura directa de las mediciones, permiten medir todas las dimensiones antropométricas, pero también presentan desventajas: se requiere personal entrenado para realizar las mediciones, el tiempo de medición y registro es extenso. (Nariño, Alonso, & Hernández, 2014).



Figura 2: **Estadiómetro**
Fuente. http://www.microcaya.com/productos/equipamiento-de-farmacia/tallimetros/277-bsm170



Figura 3: **Antropómetro**
Fuente: http://www.realmetbcn.com/index.php?id_product=12&controller=product&id_lang=1



Figura 4: **Compás antropométrico**
Fuente: https://mundoentrenamiento.com/cineantropometria/

2.11.2 Medición mediante fotografía

Con el apoyo de una cámara fotográfica proyectamos la figura del individuo, y en esta geometría proyectada se realizan las mediciones necesarias, tomando en cuenta la escala apropiada del enfoque de la cámara. (Yañez-Mendiola, 2009).

2.11.3 Tratamiento estadístico

Para el procesamiento de mediciones antropométricas se recomienda hacerlo mediante análisis estadístico inferencial como son métodos de una, dos variables o múltiples variables (Betancourt-León, Aréchiga-Viramontes, & Ramírez-García, 2011) (ISO-7250-1, 2010) (ISO-11226, 2000) (Masali, 1998).

2.12 Carga de trabajo

Respecto a la carga de trabajo (González-Maestre, 2008) manifiesta que es una variable que se presenta como condición del trabajo mismo y de esta misma se analiza posibles daños a la salud, ya sea por carencia de adecuación o adaptación al puesto de trabajo, en el cuadro 2 se resumen los tipos de cargas.

2.12.1 Carga física del trabajo:

La definición de carga física propuesta por (Pérez-Aguilera, 2011) es la fusión de exigencias de carácter físico que el individuo realiza en una jornada laboral completa. Todo trabajo provoca un gasto energético del trabajador y este se relaciona íntimamente con el esfuerzo solicitado.

Un esfuerzo prolongado puede dar lugar a fatiga física: "Disminución de la capacidad física de un trabajador tras realizar un trabajo en un tiempo determinado". Cuando se realiza un trabajo muscular, se pone en acción un conjunto de músculos, los que aportan la fuerza necesaria; según como los músculos trabajen se puede considerar el trabajo como estático o dinámico.

Cuadro 2:**Tipos de cargas**

Tipos de cargas	
Carga externa presión de trabajo (work stress)	Suma de todas las condiciones y demandas externas, presentes en el sistema de trabajo, que actúan perturbando el estado fisiológico o psicológico de una persona
Carga interna tensión de trabajo (work strain)	Respuesta interna del trabajador, al ser expuesto a la presión del trabajo, dependiendo de sus características individuales.

Fuente: (González-Maestre, 2008)

2.12.2 Carga de trabajo aceptable en el trabajo repetitivo

"El trabajo repetitivo realizado con grupos musculares pequeños es similar al trabajo muscular estático, desde el punto de vista de las respuestas circulatorias y metabólicas. Normalmente, en el trabajo repetitivo, los músculos se contraen más de 30 veces por minuto. Cuando la fuerza relativa de la contracción supera el 10 % de la fuerza máxima, la duración de la contracción y la fuerza muscular empiezan a disminuir." (Smolander & Louhevaara, 1998)

Por cada individuo existe variación respecto al tiempo de contracción, el tiempo varía entre [2 – 50] minutos para contracciones musculares de 90 a 110 contracciones por cada minuto. (Laurig, 1989).

2.12.3 Trabajo muscular en las actividades laborales

Según (Smolander & Louhevaara, 1998) "El trabajo muscular en las actividades laborales puede dividirse, en general, en cuatro grupos: el trabajo muscular dinámico pesado, la manipulación manual de materiales, el trabajo estático y el trabajo repetitivo."

Trabajo muscular dinámico: En el trabajo dinámico, los músculos esqueléticos implicados se contraen y relajan rítmicamente.

Trabajo muscular estático: Aquí cuando se contrae el musculo no se visualizan mociones perceptibles, una comparación entre estos dos tipos de trabajo se lo aprecia en la figura 5.

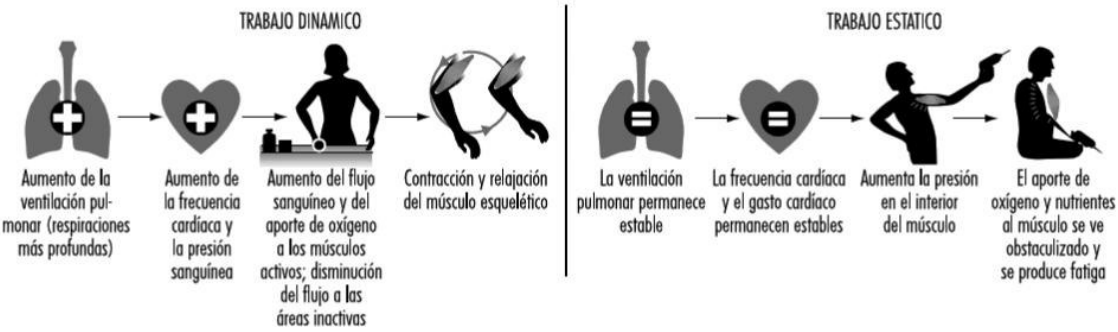


Figura 5: **Comparación entre trabajo estático frente a trabajo dinámico**
Fuente: (Smolander & Louhevaara, 1998)

2.13 Esfuerzo muscular:

Según (Rivas, Ergonomía en el diseño y la producción industrial, 2009) esfuerzo son "las distintas reacciones orgánicas del hombre ante la presencia de cargas". Cada tipo de tarea tiene una dificultad y por lo tanto requiere por parte del hombre un determinado esfuerzo para su ejecución, el cual difiere en cierta medida de la persona que se trate.

Los esfuerzos requeridos deberán adaptarse a las capacidades físicas de trabajador, los ismos deben ejecutarse mediante grupos musculares apropiados y se debe evitar una contracción estática prolongada de un mismo grupo muscular.

El trabajo muscular estático la contracción muscular se produce de manera continua y mantenida en el tiempo, no variando la longitud del músculo, en cambio el trabajo.

2.13.1 Sobrecarga muscular

"Existen relativamente pocas evidencias epidemiológicas que demuestren que la carga muscular es nociva para la salud. Sin embargo, los estudios fisiológicos y ergonómicos sobre el trabajo indican que la sobrecarga muscular se traduce en fatiga (es decir, en una reducción de la capacidad de trabajo) y puede reducir también la productividad y la calidad del trabajo." (Smolander & Louhevaara, 1998).

2.13.2 Efectos para la salud

Respecto a los efectos que provocan las cargas principalmente la internas sobre la salud del trabajador (González-Maestre, 2008) expresa que. "En general los resultados que la fuerza tiene en el operador del sistema se manifiestan especialmente en efectos no patológicos, locales o generales, reversibles completamente mediante el descanso adecuado, es el denominado estado de fatiga física mental o psicológico. Una vez traspasado el umbral de recuperación comienzan a aparecer efectos patológicos que provocan pérdidas de salud.

2.14 Posturas

Como lo manifiesta (DePedro & Castro, 2017), "CAP - AACO define a la postura estándar como "la posición relativa que adoptan las distintas partes del cuerpo.

La postura correcta es aquella que permite un estado de equilibrio esquelético y muscular, que protege a las estructuras corporales de sostén frente a lesiones o deformaciones progresivas, independientemente de la posición en la que estas estructuras se encuentran en reposo o en movimiento". (DePedro & Castro, 2017).

Según (Chaitow & Delany, 2007) "La postura se puede considerar de dos formas, estática o dinámica". Referente a la postura estática (Pinto & López, 2001)

manifiesta es donde el cuerpo o las partes del cuerpo se encuentran y la dinámica se dan cuando existe actividad muscular para mantener el centro de gravedad del cuerpo.

2.14.1 Factores que influyen en la postura

Para (Pérez & Delgado, 2009), los factores que influyen en la postura, cuadro 3, los podemos clasificar en:

Cuadro 3: **Factores que influyen en la postura**

Externos	Intrínsecos	Son los que provienen desde el exterior y los ajustamos y modificamos a nuestra realidad para contribuir positivamente a nuestra vida. (Ej. sentarse correctamente).
	Extrínsecos	Son los que provienen del exterior y se refieren a los cuerpos con los que el cuerpo interactúa
Internos	Fisiológicos o hereditarios	Son los factores más influyentes en la postura: tono muscular, columna vertebral, flexibilidad, lateralidad músculos posturales.
	Psicológicos o emocionales	En resumen, es el estado de ánimo que influye en la postura. Ej. Si estamos alegres la postura es más erguida y segura.

Fuente: (Pérez & Delgado, 2009)

2.15 Biomecánica:

Existen varias definiciones de lo que es biomecánica, algunos autores proponen una definición amplia mientras que otros lo hacen de una forma más restringida, se cita a varios autores para aclarar esta definición.

Una definición propuesta por (UNESCO, 1971), “Es la mecánica de los sistemas vivos. Comprende el conocimiento del papel que desempeñan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte anatómico, iniciación neuronal, control integrado, percepción, así como su diseño central.”

Otra definición plantea (IBV, 1998), “Conjunto de conocimientos interdisciplinares generados a partir de utilizar, con el apoyo de otras ciencias biomédicas, los conocimientos de la mecánica, distintas tecnologías en: primero, el estudio del comportamiento de los sistemas biológicos y, particular del cuerpo humano; segundo en resolver los problemas que provocan las distintas condiciones a las que puede estar sometido.”

Para Darby (1998), “La biomecánica es una disciplina que se encarga del estudio del cuerpo, como si éste se tratara simplemente de un sistema mecánico: Todas las partes del cuerpo se comparan con estructuras mecánicas y se estudian como tales.”

Como objetivo principal de la biomecánica (Darby, 1998) expone que “es la forma en que el organismo ejerce fuerza y genera movimiento. Esta disciplina se basa en la anatomía, las matemáticas y en la física”.

Según (Yeadon & Challis, 1994) se pueden realizar tres tipos de estudio en biomecánica. Estudios descriptivos, son lo que se realizan primero cuando no se conoce la estructura y el movimiento es nuevo, las experiencias empíricas se dan para encontrar analogías entre parámetros del movimiento y por último estudios teóricos o de modelización, en estos la información obtenida se la aplica en modelos matemáticos o conjunto de ecuaciones con los que se obtendrán modelos predictivos.

2.15.1 Variables biomecánicas:

"Las variables son rangos, cualidades o características de los elementos que constituyen una población. El objetivo final de un estudio es conocer a la población a partir de los datos que conforman las variables obtenidas de la muestra" (Izquierdo, 2008). Para Izquierdo (2008), a las variables biomecánicas mostradas en el cuadro 4, se las clasifica:

Cuadro 4: **Variables biomecánicas**

Según el papel que desempeñan	Independientes Dependientes Extrañas Control
Según la naturaleza de la medición	Cualitativas Cuantitativas
Según la escala de medición	Nominal Ordinal Intervalos

Fuente: (Izquierdo, 2008)

2.15.2 Los métodos de evaluación ergonómica

Una clasificación de los métodos de evaluación ergonómica, nos detalla (Asencio, Basante, & Diego, 2012) tomando en cuenta: postura, manipulación manual de cargas, repetitividad.

La exposición al riesgo de un trabajador en un puesto de trabajo depende de la amplitud del riesgo al que se expone, de la frecuencia y de su duración (Winkel & Westgaarrd, 1992), con dicha información es posible obtenerla mediante métodos de evaluación ergonómica, cuya aplicación resulta sencilla.

Según (Asencio, Basante, & Diego, 2012), "Una dificultad importante a la hora de realizar la evaluación ergonómica de un puesto para prevenir los trastornos músculo – esqueléticos (TME) es la gran cantidad de factores de riesgo que deben ser considerados (movimientos repetitivos, levantamientos de carga, mantenimiento de posturas forzadas, posturas estáticas, exigencia mental, monotonía, vibraciones, condiciones ambientales, etc.)."

Idealmente, en la evaluación de los riesgos asociados con los TME, todos los posibles factores de riesgo deberían ser medidos (Li & Buckle, 1999); sin embargo, resulta problemático considerar todos los riesgos simultáneamente puesto que se conoce poco sobre la importancia relativa de cada factor y de sus interacciones (Winkel & Westgaarrd, 1992). Por tanto, es complejo determinar el peso o importancia de los diferentes factores de riesgo para establecer un nivel global del mismo.

Además, los métodos de evaluación ergonómica generalmente se centran en el análisis de elementos explícitos, los mismos que son: las posturas forzadas (McAtamney & Corlett, 1993), los levantamientos de cargas (Snook & Ciriello, 1991) (Waters, Putz-Anderson, Grag, & Fine, 1993) o la repetitividad de los movimientos (Moore & Grag, 1995), y no parece hasta el momento que exista consenso sobre la utilización de escalas homogéneas para la clasificación del riesgo que permitieran obtener un resultado global que considerase todos estos factores.

El Departamento de Trabajo de la Generalitat de Catalunya (G.D.C, 2006) ha publicado un manual para la prevención de riesgos laborales que incluye una metodología que permite evaluar diferentes factores de riesgo tales como: el desplazamiento vertical de cargas, el transporte de cargas, el empuje de cargas las posturas forzadas, los movimientos repetitivos, el esfuerzo muscular localizado mantenido, el esfuerzo físico general, las vibraciones en todo el cuerpo y las vibraciones en el conjunto mano – brazo.

La principal aportación de dicha metodología es la utilización de la misma clasificación o escala de niveles de riesgo para todos los factores anteriormente citados ("riesgo muy leve", "riesgo leve", "riesgo moderado", "riesgo grave" y "riesgo ergonómicamente no tolerable").

Los métodos que se especifican permiten evaluar el riesgo asociado a la adopción de posturas forzadas RULA (McAtamney & Corlett, 1993), a la realización de movimientos repetitivos OCRA y JSI (Colombini, Occchipinti, & Grieco, Risk asessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs, 2002).

La selección de métodos que se presenta obedece a criterios de sencillez de aplicación y consolidación entre los ergónomos (Asencio, Diego, & Alcaide, Estudiode la aplicabilidad práctica de los métodos de evaluación de puestos de trabajo, 2008).

A continuación, se describen brevemente los métodos para el análisis ergonómico:

Cuando el cuerpo adopta en forma repetitiva posturas no adaptables a su cuerpo se produce cansancio y a mediano plazo lesiones en el TME. (Bernard, 1997).

El método OWAS, que analiza las posturas de todo el cuerpo, el método RULA, que permite evaluar la postura de los miembros superiores; el método REBA (Hignet & McAtemmey, 2000), basado en el método RULA, que amplía la evaluación a los miembros inferiores.

La repetitividad de movimientos es un factor de riesgo importante que puede derivar en lesiones músculo-esqueléticas en el cuello, en los hombros (Ohlsson, y otros, 1994).

2.15.3 El Método RULA.

El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) (McAtamney & Corlett, 1993) evalúa el riesgo que presentan los individuos los mismos que pueden causar trastornos músculo – esqueléticos (TME) en brazos y hombros, dichos factores pueden ser posturas adoptadas, la repetitividad en los movimientos, la fuerza aplicada. Como lo manifiesta (Asencio, Basante, & Diego, Evaluación ergonómica del puesto de trabajo, 2012) "El método RULA evalúa posturas concretas; por lo que es importante examinar las posturas que supongan una carga más elevada. La aplicación del método comienza con la observación de la actividad del trabajador durante varios ciclos de trabajo. A partir de esta observación se deben seleccionar las tareas y posturas más significativas, bien por su duración, bien por presentar, a priori, una mayor carga postural. Estas serán las posturas que se evaluarán."

Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas son fundamentalmente angulares. Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador o con ayuda de medidores angulares, es factible también el uso de fotometría. (Asencio, Basante, & Diego, Evaluación ergonómica del puesto de trabajo, 2012) (Asencio, Diego, & Alcaide, Estudiode la aplicabilidad práctica de los métodos de evaluación de puestos de trabajo, 2008).

2.15.3.1 Procedimiento de aplicación

El cuerpo del individuo de prueba es separado en dos grupos fig. 6, grupo A los miembros superiores y grupo B piernas, el tronco y el cuello. (Asencio, Basante, & Diego, 2012)



Figura 6: **Grupos de medición RULA**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.2 <u>Puntuación del brazo</u>

El primer miembro a evaluar será el brazo. Para determinar la puntuación a asignar a dicho miembro, se deberá medir el ángulo que forma con respecto al eje del tronco, la figura 7 muestra las diferentes posturas consideradas por el método.

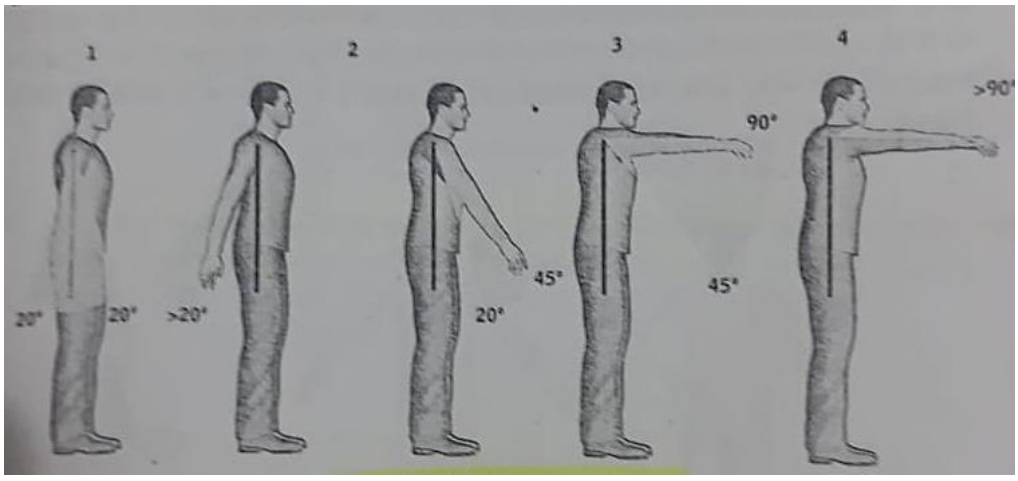


Figura 7: **Posturas referenciales del brazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

El puntaje de referencia se expone en el cuadro 5:

Cuadro 5: **Puntaje de referencia para el brazo**

Puntos	Posición
1	Desde 20º de extensión a 20º de flexión
2	Extensión > 20º o flexión entre 20º y 45º
3	Flexión entre 45º y 90º
4	Flexión > 90º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Es importante recordar que si el tronco está flexionado (extendido) los ángulos deben medirse desde el eje del tronco, como se lo ve en la figura 8. La puntuación asignada al brazo podrá verse modificada, aumentando o disminuyendo su valor, si el trabajador posee los hombros levantados.

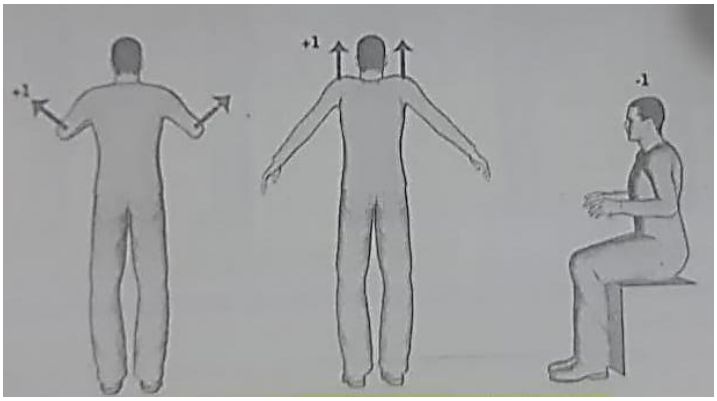


Figura 8: **Modificaciones sobre la puntuación del antebrazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 6: **Puntaje de modificación sobre la puntuación del brazo**

Puntos	Posición
1	Si los brazos están abducidos
2	Si el hombro está elevado
3	Brazo con apoyo en un punto

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.3 Puntuación del antebrazo

La puntuación asignada al ante- brazo, mostrada en la figura 9 y sus valores en el cuadro 7, depende también de la posición.

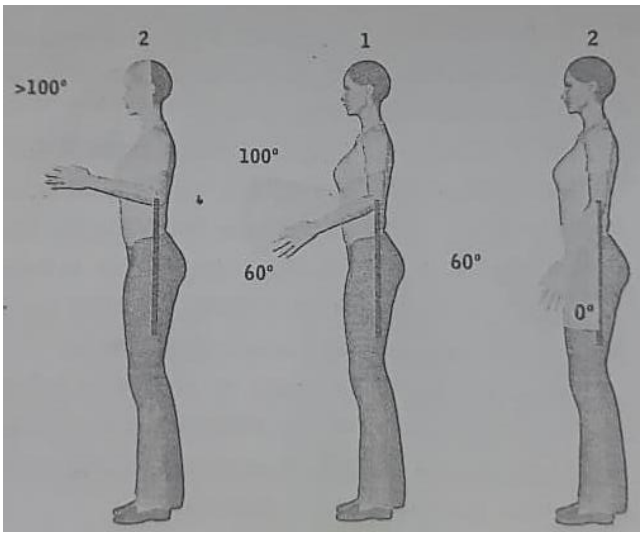


Figura 9: **Posición antebrazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 7: **Puntuación del antebrazo**

Puntos	Posición - Flexión
1	60º - 110º
2	0º - 60º ò 110º - 150º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación asignada al antebrazo como se muestra en la figura 9 podrá verse aumentada en dos casos, si el antebrazo cruzara la línea media del cuerpo con los valores expuestos en el cuadro 7, y su modificación se la expone en el cuadro 8, basados en la figura 10.

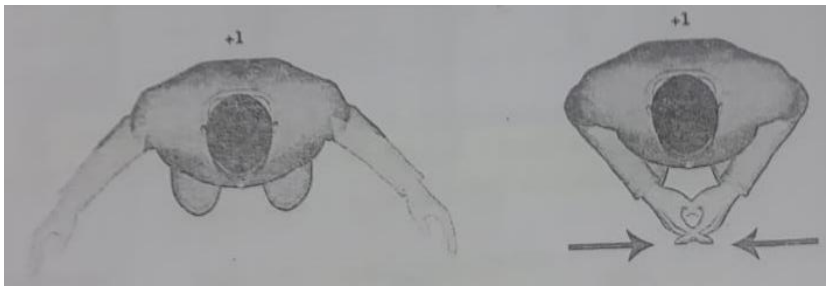


Figura 10: **Posiciones que modifican la puntuación del antebrazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 8: **Modificación aplicadas al antebrazo**

Puntos	**Posición**
+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.4 Puntuación de la muñeca

En primer lugar, se determinará el grado de flexión de la misma y la puntuación se expone en el cuadro 9.

Cuadro 9: **Puntuación de la muñeca**

Puntos	**Posición**
1	Si está en posición neutra respecto a la flexión
2	Si el hombro está elevado
3	Si el brazo tiene un punto de apoyo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

El total obtenido en muñeca es modificado si existe desviación radial o cubital figura 11. En ese caso se incrementa en una unidad dicha puntuación (cuadro 10)

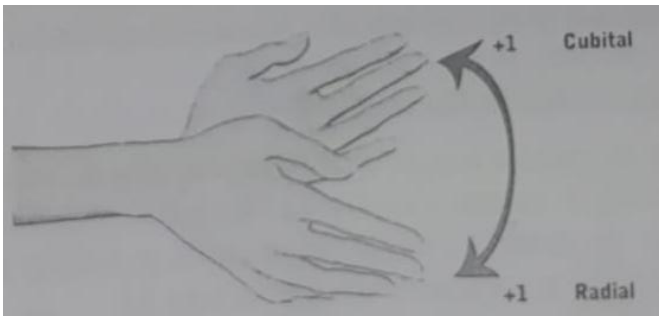


Figura 11: **Modificación de la puntuación de la muñeca, en función de la desviación**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 10: **Puntuación de la desviación de la muñeca**

Puntos	**Posición**
+1	Si está desviada radial o cubitalmente

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Una vez obtenida la puntuación de la muñeca se valorará el giro de la misma como se muestra en la figura 12 y su puntuación (cuadro 11).

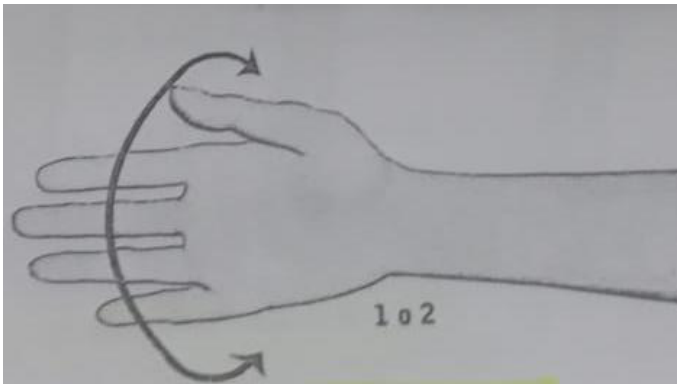


Figura 12: **Giro de la muñeca**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 11: **Puntuación por giro de la muñeca**

Puntos	Posición
+1	Si la proyección vertical del antebrazo se encuentra más allá de la proyección vertical del codo
+1	Si el antebrazo cruza la línea central del cuerpo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Grupo B: Puntuaciones para las piernas, el tronco y el cuello

2.15.3.5 Cuello

Siguiendo un orden natural primero evaluamos las posiciones del cuello mostradas en la figura 13 cuello y su puntuación en el cuadro 12.

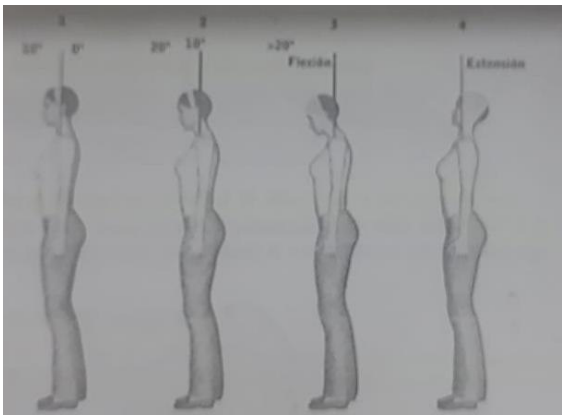


Figura 13: **Posiciones del cuello**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 12: **Puntuación del cuello**

Puntos	Posición
1	Si existe flexión entre 0º y 10º
2	Si está flexionado entre 10º y 20º
3	Para flexión mayor de 20º
4	Si está extendido

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación obtenida para el cuello varía si el individuo inclina o rota su cabeza, tal y como se muestra en la figura 14, con la puntuación indicada en el cuadro 13.

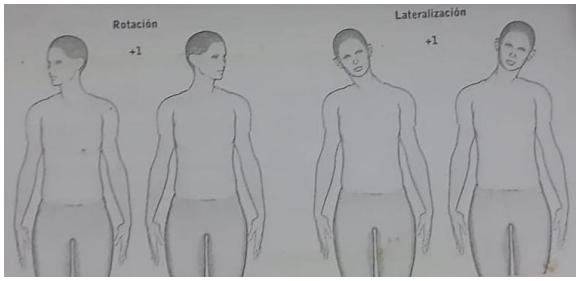


Figura 14: **Posiciones que modifican la puntuación del cuello**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 13: **Modificación de la puntuación del cuello**

Puntos	Posición
+1	Si el cuello está rotado
+1	Si hay inclinación lateral

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.6 Puntuación del tronco

Para ello deberá determinarse si el trabajador realiza la tarea sentada, o la realiza de pie, indicando en este último caso el grado de flexión del tronco, tal como se muestra en la figura 15. La puntuación correspondiente se seleccionará del cuadro 14

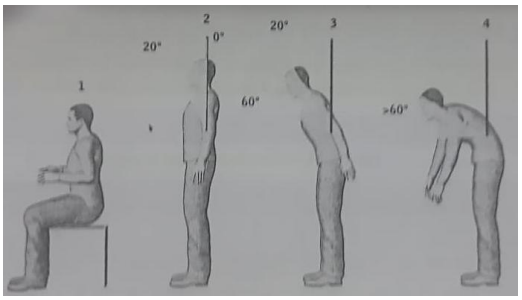


Figura 15: **Posiciones del tronco**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 14: **Puntuación del tronco**

Puntos	Posición
1	Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco – caderas > 90º
2	Si está flexionado entre 0º y 20º
3	Si está flexionado entre 20º y 60º
4	Si está flexionado más de 60º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o lateralización del mismo. Ambas circunstancias no son excluyentes por lo que la puntuación inicial podrá aumentar hasta 2 unidades si ambas circunstancias se dan simultáneamente como se muestra en la figura 16 y su puntuación en el cuadro 15.

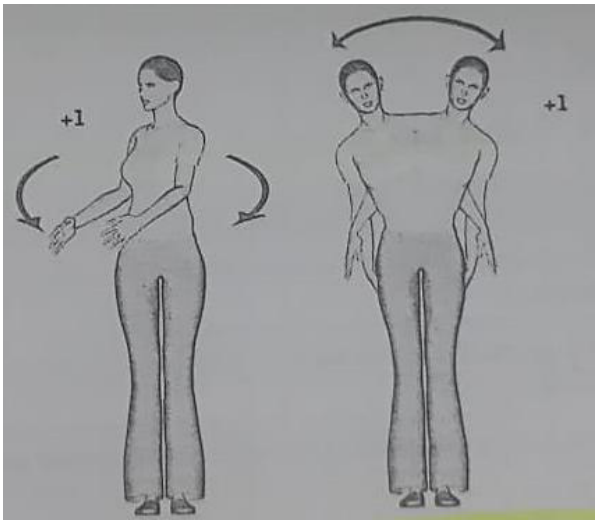


Figura 16: **Posiciones que modifican la puntuación del tronco**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 15: **Modificación de la puntuación del tronco**

Puntos	Posición
+1	Si hay torsión en el tronco
+1	Si hay inclinación lateral en el tronco

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.7 Puntuación global para los miembros del grupo A

Con las puntuaciones de brazo, antebrazo, muñeca y giro de muñeca, se asignará mediante el cuadro 16 una puntuación global para el grupo A.

Cuadro 16: **Puntuación global para el grupo A**

Brazo	Ante brazo	Muñeca							
		1		2		3		4	
		Giro Muñeca		Giro Muñeca		Giro Muñeca		Giro Muñeca	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	8
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.8 Puntuación global para los miembros del grupo B

De la misma manera, se obtendrá una puntuación global para los miembros del grupo B, a partir de la puntuación obtenida para el cuello, el tronco y las piernas, se muestra en el cuadro 17.

Influencia del tipo de actividad muscular desarrollada y la fuerza aplicada

Las puntuaciones globales obtenidas se verán modificadas en función del tipo de actividad muscular desarrollada y de la fuerza aplicada durante la tarea (cuadro 18).

Cuadro 17: **Puntuación global para el grupo B**

Cuello	**Tronco**											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 18: **Puntuación para la actividad muscular**

Puntos	**Posición**
0	Si la actividad se considera dinámica (es ocasional, poco frecuente y de corta duración)
1	Si la actividad es principalmente estática (se mantiene la postura más de un minuto seguido)
1	Si la actividad es repetitiva (se repite más de 4 veces por minuto)

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Además, para considerar las fuerzas ejercidas o la carga manejada, se añadirá a los valores anteriores la puntuación conveniente, según el cuadro 19.

2.15.3.9 Puntuación final

La puntuación obtenida de sumar a la del grupo A la correspondiente a la actividad muscular y la debida a las fuerzas aplicadas pasará a denominarse puntuación C. De la misma manera, la puntuación obtenida de sumar a la del grupo B la debida a la actividad muscular y las fuerzas aplicadas se denominará puntuación D. A partir de las puntuaciones C y D se obtendrá una puntuación final global para la tarea que oscilará entre 1 y 7, siendo mayor cuanto más elevado sea el riesgo de lesión. La puntuación final se extraerá del cuadro 20.

Cuadro 19: **Puntuación para las fuerzas ejercidas o las cargas manejadas**

Puntos	**Posición**
0	Si la carga o fuerza es menor de 2 kg y se realiza intermitentemente
1	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kg y se levanta intermitentemente
2	Si la carga o fuerza está entre 2 y 10 kg y es estática o repetitiva
3	Si la carga o fuerza es intermitente y superior a 10 kg y es estática o repetitiva
4	Si se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 20: **Puntuación final**

	Puntuación D						
Puntuación C	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	5
4	3	3	3	4	4	5	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.3.10 Recomendaciones para puntuación final

Una vez conocida la puntuación final, se determinará el nivel de actuación propuesto por el método RULA. Para ello se empleará el cuadro 21. Así, el evaluador habrá determinado si la tarea resulta aceptable tal y como se encuentra definida, si es necesario un estudio en profundidad del puesto para determinar con mayor concreción las acciones a realizar; si se debe plantear el rediseño del puesto o si, finalmente, existe la necesidad apremiante de introducir cambios en la realización de la tarea.

En definitiva, el uso del método RULA permite priorizar los trabajos que deberían ser investigados.

Cuadro 21: **Niveles de actuación según la puntuación obtenida**

Puntos	Posición
1	Cuando la puntuación final es 1 o 2 la postura es aceptable
2	Cuando la puntuación final es 3 o 4 puede requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
3	La puntuación final es 5 o 6. Se requiere el rediseño de la tarea; es necesario realizar actividades de investigación
4	La puntuación final es 7. Se requieren cambios urgentes en el puesto o tarea

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4 Método REBA:

Evaluación rápida del cuerpo entero, propuesto por (Hignet & McAtemmey, 2000). El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final.

Como lo manifiesta (Asencio, Basante, & Diego, Evaluación ergonómica del puesto de trabajo, 2012), "El método REBA es una herramienta de análisis postura! especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura como consecuencia, normalmente, de la manipulación de cargas inestables o impredecibles. Su aplicación previene al evaluador sobre el riesgo de lesiones asociadas a una postura, principalmente de tipo músculo-esquelético, indicando en cada caso la urgencia con que se deberían aplicar acciones correctivas. Se trata, por tanto, de una herramienta útil para la prevención de riesgos capaz de alertar sobre condiciones de trabajo inadecuadas."

Asencio, Basante, & Diego (2012) sugiere los siguientes sugerencias y pasos previos:

a) Procedimiento perceptible de riesgos TME.
b) Divide el cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente.
c) Estudia la consecuencia de cargas sobre la carga postural.
d) Valora la labor muscular en posturas estáticas, dinámicas.
e) El resultado evalúa el riesgo de sufrir LME, sugiriendo el nivel de gestión requerido y la premura para la interposición.

Pasos previos:

a) Establecer un intervalo de inspección del individuo considerando el periodo de trabajo.
b) Elaboración de una base de datos posturales al realizar su trabajo.
c) Identificar, la postura crítica (peligrosa).
d) Separar lado derecho e izquierdo del cuerpo.

2.15.4.1 La Información requerida por el método es:

a) Posición angular de las diferentes partes del cuerpo respecto a la posición estándar.

b) Estimación de la fuerza ejercida por el trabajador (postura de estudio).
c) Caracterizar la actividad muscular desplegada por él trabajador.

La aplicación del método puede resumirse en los siguientes pasos:

División del cuerpo en dos grupos, siendo el Grupo A el correspondiente al tronco, el cuello y las piernas y el Grupo B el formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca). Obtención de la puntuación individual de los miembros de cada grupo a partir de sus correspondientes tablas.

Modificación de la puntuación asignada al Grupo A en función de la carga o fuerzas aplicadas, en adelante "Puntuación A". Corrección de la puntuación asignada al Grupo B (agarre), en lo sucesivo "Puntuación B". A partir de la "Puntuación A" y la "Puntuación B", y mediante la consulta de la Tabla C, se obtiene una nueva puntuación denominada "Puntuación C". Modificación de la "Puntuación C", según el tipo de actividad muscular desarrollada, para la obtención de la puntuación final del método. Consulta del nivel de acción, riesgo y urgencia de la actuación correspondientes al valor final calculado.

2.15.4.2 Puntuación del tronco

El primer miembro a evaluar del Grupo A es el tronco, ver figura 17. Se deberá determinar si la tarea es realizada con espalda erguida, indicando en este último caso el grado de flexión o extensión observado. Se seleccionará la puntuación adecuada del cuadro 22.

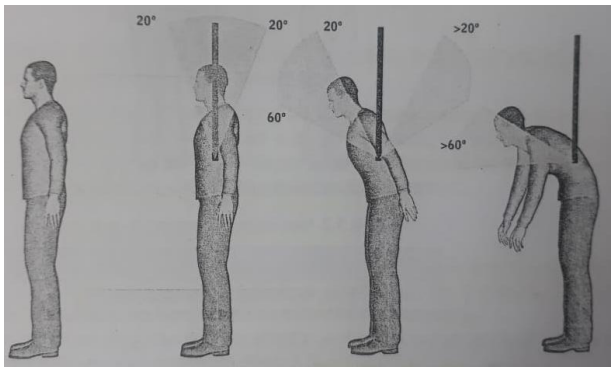


Figura 17: **Posturas Tronco**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 22: **Puntuación del tronco**

Puntos	**Posición**
1	El tronco está erguido
2	El tronco está entre 0 y 20º de flexión o 0 y 20º de extensión
3	El tronco está entre 20 y 60º de flexión o más de 20º de extensión
4	El tronco está flexionado más de 60º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o inclinación lateral del tronco, como se muestra en la figura 18 y los valores para la modificación se muestran en el cuadro 23.

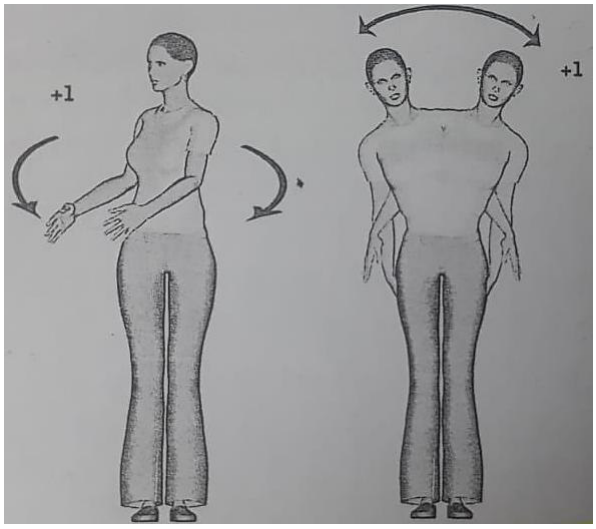


Figura 18: **Posiciones que modifican la puntuación del tronco**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 23: **Modificación de la puntuación del tronco**

Puntos	**Posición**
+1	Si hay torsión o movimiento lateral espalda

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.3 Puntuación del cuello

En segundo lugar, se evaluará la posición del cuello. El método considera dos posibles posiciones del cuello, mostradas en la figura 19; en la primera, el cuello está flexionado entre 0 y 20 grados, y en la segunda existe flexión o extensión de más de 20 grados, la puntuación se expresa en el cuadro 24.

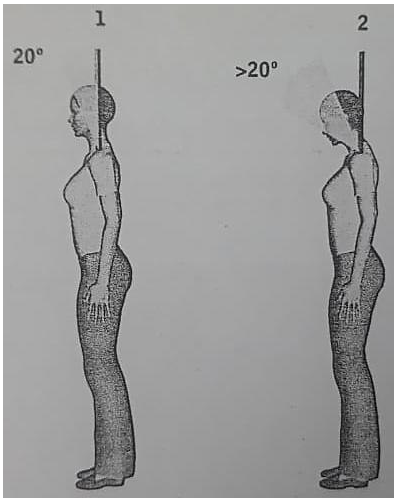


Figura 19: **Posiciones del cuello**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 24: **Puntuación del cuello**

Puntos	**Posición - flexión**
1	0º - 20º
2	más de 20º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación calculada para el cuello varía si hay movimiento de la cabeza, tal y como muestra la figura 20, con la puntuación indicada en cuadro 25.

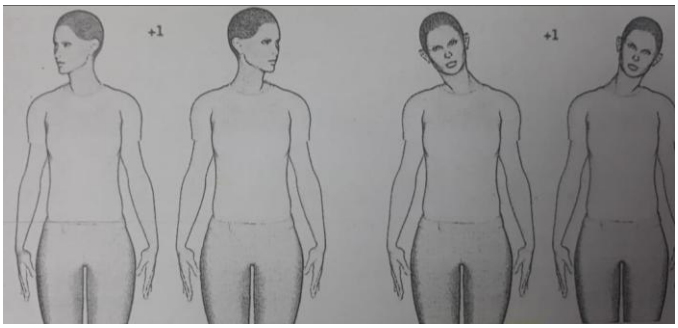


Figura 20: **Posiciones que modifican la puntuación del cuello**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 25: **Modificación de la puntuación del cuello**

Puntos	**Posición**
+1	Movimiento de la cabeza

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.4 Grupo B: puntuaciones de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca)

Finalizada la evaluación de los miembros del Grupo A se procederá a la valoración de cada miembro del Grupo B, formado por el brazo, el antebrazo y la muñeca. Cabe recordar que el método analiza una única parte del cuerpo, lado derecho o izquierdo, por lo que se puntuará un único brazo, antebrazo y muñeca, para cada postura.

2.15.4.5 Puntuación del brazo

Para determinar la puntuación a asignar al brazo, se deberá medir su ángulo de flexión, la figura 21 muestra las diferentes posturas consideradas por el método y su puntuación (cuadro 26).

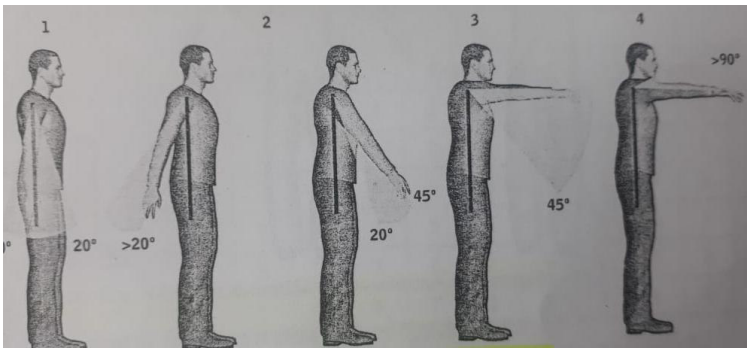


Figura 21: **Posiciones del brazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 26: **Puntuación del brazo**

Puntos	**Posición**
1	El brazo está entre 0 y 20º de flexión o 0 y 20º de extensión
2	El brazo está entre 21 y 45º de flexión o más de 20º de extensión
3	El brazo está entre 46 y 90º de flexión
4	El brazo está flexionado más de 90º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación asignada al brazo podrá verse incrementada si el trabajador tiene el brazo abducido o rotado o si el hombro está elevado como lo muestra en la figura 22 y su puntuación se expresa en el cuadro 27.

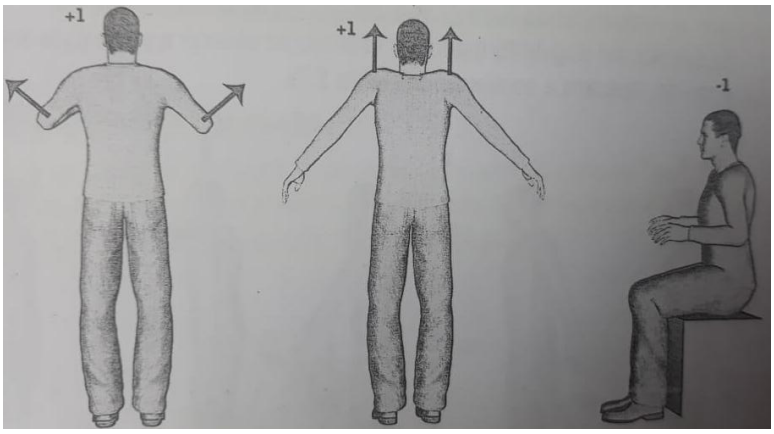


Figura 22: **Posiciones que modifican la puntuación del brazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 27: **Modificaciones sobre la puntuación del brazo**

Puntos	Posición
+1	El brazo esta abducido o rotado
+1	El hombro está elevado
-1	Existe apoyo o postura a favor de la gravedad

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.6 Puntuación del antebrazo

La consulta del cuadro 28 proporcionará la puntuación del antebrazo en función de su ángulo de flexión, mostrado en la figura 23. En este caso el método no añade condiciones adicionales de modificación de la puntuación asignada.

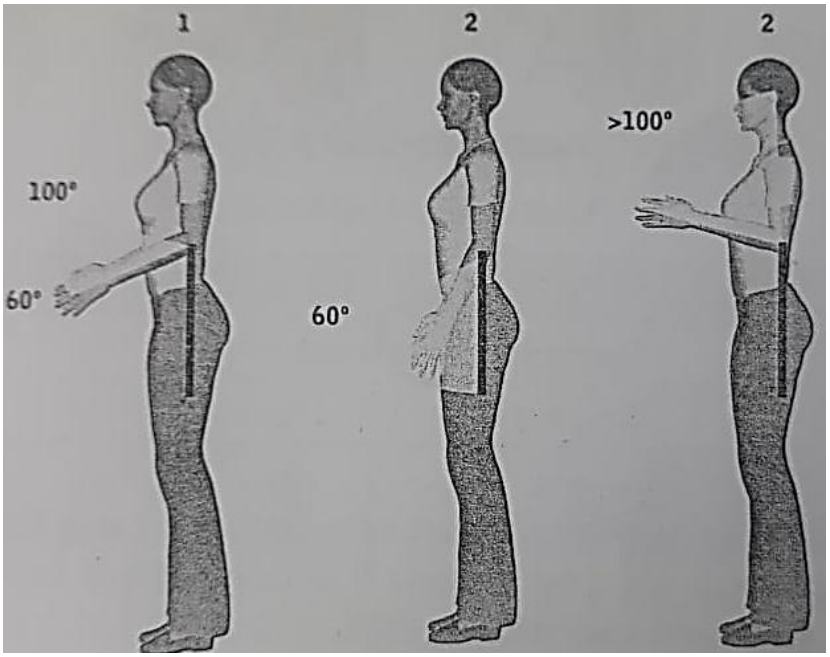


Figura 23: **Posiciones del antebrazo**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 28: **Puntuación del antebrazo**

Puntos	Posición - flexión
1	60º - 100º
2	< 60º o > 100º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

En caso de que el tronco se encuentre flexionado, los ángulos deben medirse desde el eje del tronco.

2.15.4.7 Puntuación de la muñeca

Se estudia la flexión de la muñeca y se usa los valores ponderados en el cuadro 29:

Cuadro 29: **Puntuación de la muñeca**

Puntos	**Posición - flexión**
1	0º - 15º
2	> 15º

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

El valor cambiará en uno si en la muñeca presenta hay torsión o desviación lateral ver figura 24 y su puntuación (cuadro 30)

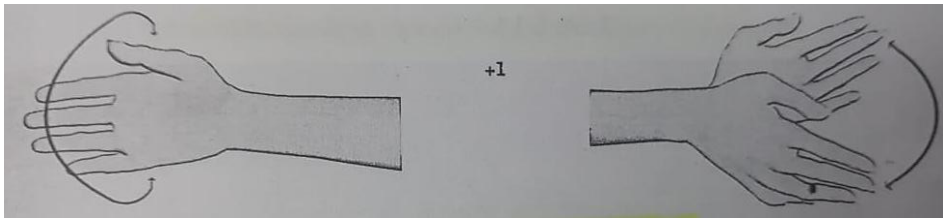


Figura 24: **Torsión o desviación de la muñeca**
Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 30: **Modificación de la puntuación de la muñeca**

Puntos	**Posición**
+1	Existe torsión o movimiento lateral

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.8 Puntuaciones de los grupos A y B:

Para el Grupo A las puntuaciones calculadas permitirán obtener una primera puntuación de dicho grupo mediante la consulta del cuadro 31 (tabla A) mostrada a continuación:

Cuadro 31: **Puntuación inicial para el Grupo A**

Tabla A												
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

La puntuación inicial para el Grupo B se obtendrá a partir de la puntuación del brazo, el antebrazo y la muñeca, consultando cuadro 32 (tabla B):

Cuadro 32: **Puntuación inicial para el Grupo B**

Tabla B						
Brazo	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	4
2	1	2	4	2	3	4
3	3	4	5	4	5	5
4	4	5	5	5	6	7
5	6	7	8	7	8	8
6	7	8	8	8	9	9

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.9 Puntuación de la carga o fuerza:

Para el Grupo A habrá modificación dependiendo la fuerza manejada excepto sí la carga no supera los 5 kg de peso; en tal caso no se incrementará la puntuación. El cuadro 33 muestra el incremento que se debe asignar en función del peso de la carga. Además, si la fuerza se aplica bruscamente se deberá añadir una unidad más (cuadro 33). En adelante, la puntuación del Grupo A debidamente incrementada por la carga o fuerza se denominará "Puntuación A".

Cuadro 33: **Puntuación para la carga o fuerzas**

Puntos	**Posición**
0	La carga o fuerza es menor a 5 kg
+1	La carga o fuerza está entre 5 y 10 kg
+2	La carga o fuerza es mayor a 10 kg

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 34: **Modificación de la puntuación para la carga o fuerzas**

Puntos	Posición
+1	La fuerza se aplica bruscamente

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.10 Puntuación del tipo de agarre

Para el Grupo B hay variación en la calificación debido al efecto del agarre, excepto en el caso de considerarse que el tipo de agarre es bueno. El cuadro 35 muestra los incrementos a aplicar según el tipo de agarre.

Cuadro 35: **Puntuación del tipo de agarre**

Puntos	Posición
0	Agarre bueno. El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio
+1	Agarre regular. El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo
+2	Agarre malo. El agarre es posible pero no aceptable
+3	Agarre inaceptable. El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

2.15.4.11 Puntuación C

Con Puntuación A y Puntuación B obtenemos "Puntuación C" (puntuación media). El cuadro 36, muestra los valores para la "Puntuación C".

Cuadro 36: **Puntuación C en función de las puntuaciones A y B.**

Tabla C												
Puntuación A	Puntuación B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, Evaluación ergonómica del puesto de trabajo, 2012)

2.15.4.12 Puntuación final

Para obtener la Puntuación Final se sumar a la "Puntuación C" el aumento por la actividad muscular. Los tres tipos de actividad considerados por el método no son excluyentes y por tanto podrían incrementar el valor de la "Puntuación C" (3 unidades) (cuadro 37).

En el cuadro 38 se especifica los rangos de riesgo, valores máximos y acciones a tomar.

Cuadro 37: **Puntuación del tipo de la actividad muscular**

Puntos	Actividad
+1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto
+1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo, más de 4 veces Por minuto (excluyendo caminar)
+1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables

Fuente: (Asencio, Basante, & Diego, 2012)

Cuadro 38: **Niveles de actuación según la Puntuación Final obtenida**

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

Fuente: (EPM, 2008)

2.15.5 El método OCRA

2.15.5.1 Evaluación de la repetitividad

El método OCRA (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002) (Colombini, 1998), permite, valorar el riesgo causado por movimientos repetitivos de brazos y hombros. Este método nos alerta de posibles TME, que son los principales causantes de enfermedades profesionales, como la tendinitis en hombro, muñeca (síndrome del túnel carpiano), considerados como TME muy frecuentes producidos por movimientos repetitivos (Bernard, 1997). Sujetándose a la calificación conseguida se clasifica el

riesgo en: "Óptimo", "Aceptable", "Muy Ligero", "Ligero", "Medio" o "Alto". En ejercicio del grado de riesgo, OCRA propone gestiones menores en el puesto de trabajo, salvo en caso de riesgo "Óptimo" o "Aceptable" en los que se considera que no son necesarias actuaciones sobre el puesto.

2.15.5.2 Características del método check list OCRA

OCRA valora el riesgo tomando en cuenta:

a) Duración del movimiento repetitivo.
b) Descanso.
c) Fuerza aplicada.
d) La postura tronco y brazos.
e) El método evalúa el puesto de trabajo en un máximo de máximo de 8 horas
f) El INSHT de España apunta además las siguientes limitaciones (Rojas & Ledesma de Miguel, 2008):
g) No considera pausas en el trabajo.
h) El método no evalúa cargas ligeras.
i) Valora todos los agarres con el mismo riesgo.

2.15.5.3 Evaluación del riesgo intrínseco de un único puesto

La fórmula presentada por (Asencio, Basante, & Diego, 2012) muestra como calcular el índice OCRA, con la ecuación 1, de un puesto:

Ecuación 1: **Índice OCRA**

$$ICLK_{OCRA}=(FR + FFr + FF + FP + FA).MD$$

Dónde:

i. $ICKL_{ocra}$ es el índice Check List OCRA.
ii. FR es el Factor de Recuperación.
iii. FFr es el Factor de Frecuencia.
iv. FF es el Factor de Fuerza.
v. FP es el Factor de Postura.
vi. FA son los Factores Adicionales.
vii. MD es el Multiplicador de Duración.

Evaluación de la duración neta del movimiento repetitivo y de la duración neta del ciclo. Para evaluar la permanencia real del movimiento repetitivo y cuánto dura el ciclo de trabajo, se plantea un estudio previo. Si es necesario se corrige el periodo de movimiento tomando en cuenta: fuerza, postura, recuperación y frecuencia (cuadro 39). Con la referencia proporcionada en el cuadro 39 se establece la duración neta del movimiento, con la ecuación 2:

Ecuación 2: **Duración neta del movimiento**

$$DNTR = DTM - (PAO - OPA - PAL - TNR)$$

Dónde:

i. DNTR es la duración de la/s tarea/s repetitivas, en minutos.
ii. DTM es la duración total del movimiento, en minutos.
iii. PAO son las pausas oficiales, en minutos.
iv. OPA son otras pausas, en minutos.
v. PAL es la pausa para el almuerzo, en minutos.
vi. TNR es la duración, en minutos, de las tares no repetitivas.

Cuadro 39: **Para la evaluación de la duración neta de la tarea repetitiva y del ciclo**

Descripción		**Minutos**
Duración total del movimiento	oficial	
	real	
Pausas oficiales	Contractual	
Otras pausas		
Almuerzo	oficial	
	real	
Tareas no repetitivas	oficial	
	real	
Duración neta de la/s tarea/s repetitivas		
Nº de unidades (o ciclos)	Previstos	
	Reales	
Duración neta del ciclo (seg.)		
Duración del ciclo observado		

Fuente: (EPM, 2008)

La duración neta la calculamos con la ecuación 3:

Ecuación 3: **Duración neta**

$$DNTC = \frac{DNTR \times 60}{NC}$$

Dónde:

i. DNTC es la duración neta del ciclo, en segundos.
ii. NC es el número de unidades o ciclos.
iii. DNTR es la duración neta de las tareas repetitivas, en segundos.
iv. Factor de Recuperación

Este factor incorpora el riesgo incorporado en la repartición inapropiada de las fases de recuperación. La frecuencia de los periodos de recuperación, su duración y distribución en la tarea repetitiva, determinarán el riesgo debido a la falta de reposo y

por consecuencia al aumento de la fatiga. Se supone como entorno recomendable en el que tiene una para entre 8 a 10 minutos/hora.

El cuadro 40 muestra las puntuaciones para el Factor de Recuperación según las pausas y/o descansos existentes durante la duración total del movimiento, pudiéndose seleccionar una única de las opciones propuestas.

Cuadro 40: **puntuación del Factor de Recuperación**

Factor de recuperación	Puntos
Existe una interrupción de al menos 8 – 10 minutos cada hora (contando el descanso del almuerzo o del periodo de recuperación está incluido en el ciclo.	0
Existen dos interrupciones por la mañana y dos por la tarde (además del descanso del almuerzo) de al menos 7 – 10 minutos para un movimiento de 7 – 8 horas; o bien existen cuatro interrupciones del movimiento (además del descanso del almuerzo); o cuatro interrupciones de 8 – 10 minutos en un movimiento de 7 – 8 horas; o bien cuatro interrupciones por movimiento (además del descanso del almuerzo); o bien cuatro interrupciones de 8 – 10 minutos en un movimiento de 6 horas	2
Existen dos pausas, de al menos 8 – 10 minutos cada una para un movimiento de 6 horas (sin descanso para el almuerzo); o bien existen 3 pausas, además del descanso para el almuerzo, en un movimiento de 7 – 8 horas	3
Existen dos pausas, además del descanso para el almuerzo, de entre 8 – 10 minutos cada una en un movimiento de 7 – 8 horas (o 3 pausas sin descanso para el almuerzo); o 1 pausa de al menos 8 – 10 minutos en un movimiento de 6 horas.	4
Existe una única pausa, de al menos 10 minutos, en un movimiento de 7 horas sin descanso para el almuerzo; o en 8 horas solo existe el descanso para el almuerzo (el descanso para el almuerzo se incluye en las horas de trabajo)	6
No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7 – 8 horas de movimiento	10

Fuente: (EPM, 2008)

2.15.5.4 Factor de Frecuencia

El método describe la frecuencia de trabajo en términos de acciones técnicas realizadas por minuto. Movimientos precisos para cumplir un ejercicio implicando una o varias articulaciones de brazos.

Para la obtención de la puntuación del Factor de Frecuencia se procederá de la siguiente forma:

> Si solo son significativas las acciones dinámicas, la puntuación del Factor de Frecuencia será igual a la puntuación de la opción seleccionada en la tabla de acciones técnicas dinámicas (cuadro 41). Si es posible seleccionar una opción de la tabla de acciones técnicas dinámicas y de la tabla de acciones estáticas (cuadro 42), la puntuación final del Factor.

Cuadro 41: **Tabla de puntuación del Factor de Frecuencia para acciones técnicas dinámicas**

Acciones técnicas dinámicas	Puntos
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Solo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Solo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten bajo ningún concepto pausas.	10

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 42: **Puntuación del Factor de Frecuencia para acciones técnicas estáticas**

Acciones técnicas estáticas	Puntos
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación)	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación)	4,5

Fuente: (EPM, 2008)

2.15.5.5 Factor de Fuerza

La fuerza como variable solo se considera si esta es ejercida por miembros superiores, por lo menos en una ocasión por ciclo y debe hallarse vigente en todo el movimiento, varios ejemplos se detallan en el cuadro 43.

Cuadro 43: **Ejemplos de acciones técnicas**

Acciones
Es necesario empujar o tirar de palancas
Es necesario pulsar botones
Es necesario cerrar o abrir
Es necesario manejar o apretar componentes
Es necesario utilizar herramientas
Es necesario elevar o sujetar objetos

Fuente: (EPM, 2008)

El método clasifica la fuerza en tres niveles según la intensidad del esfuerzo requerido. Para obtener la puntuación del Factor de Fuerza se deberán seguir los siguientes pasos y utilizar los valores del cuadro 44:

1. Selección de una o varias acciones de entre las descritas en el cuadro 42.
2. Determinación de la intensidad del esfuerzo según el cuadro 43.

3. En función de la intensidad del esfuerzo, obtener la puntuación de las siguientes tablas: para fuerza moderada (3-4 puntos en la escala CR-10 de Borg), para fuerza intensa (5 a 7 puntos en la escala CR-10 de Borg); y para fuerza máxima (8 o más puntos en la escala CR-10 de Borg).
4. Suma de las puntuaciones obtenidas para las acciones y duraciones seleccionadas.

Cuadro 44: **Escala CR-10 de Borg**

Intensidad del esfuerzo	Escala de Borg CR-10
Ligero	<=2
Un poco duro	3
Duro	4 – 5
Muy duro	6 – 7
Cercano al máximo	>7

Fuente: (Borg, 1998)

A continuación, se muestran las tablas de puntuación del Factor de Fuerza (cuadro 45) según la intensidad del esfuerzo (cuadro 46):

Cuadro 45: **Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza moderada**

Fuerza moderada (3 – 4 puntos en la escala de Borg CR-10)		
Duración		Puntos
1/3 del tiempo		2
Más o menos la mitad del tiempo	⇨	4
Más de la mitad del tiempo		6
Casi todo el tiempo		8

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 46: **Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza intensa**

Fuerza intensa (5 – 6 – 7 puntos en la escala de Borg CR-10)		
Duración		Puntos
2 segundos cada 10 minutos		4
1% del tiempo	⇨	8
5% del tiempo		16
Más del 10% del tiempo		24

Fuente: (EPM, 2008)

Cuadro 47: **Puntuación del Factor de Fuerza con fuerza máxima**

Fuerza casi máxima (8 o más puntos en la escala de Borg CR-10)		
Duración		Puntos
2 segundos cada 10 minutos		6
1% del tiempo	⇨	12
5% del tiempo		24
Más del 10% del tiempo		32

Fuente: (EPM, 2008)

2.15.5.6 Factor de Postura

La valoración del riesgo asociado a la adopción de posturas forzadas se ejecuta valorando la colocación de miembros superiores. El método incrementa el riesgo debido a la postura si existen movimientos estereotipados o bien todas las acciones implican a los miembros superiores y la duración del ciclo es corta.

Para la obtención del Factor de Postura se deberán seguir los siguientes pasos:

1° Selección de una única opción para cada grupo corporal: hombro, codo, muñeca y manos.

2° Puntuación de la opción seleccionada para cada grupo: puntuación del hombro, codo, muñeca y manos.

3° Obtención del valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.

4° Si existen movimientos estereotipados: selección de la opción correspondiente y suma de su puntuación al valor máximo de las puntuaciones del hombro, codo, muñeca y manos.

La siguiente expresión resume el cálculo del Factor de Postura:

Ecuación 4: **Factor de postura**

$$FP = \max(ph, pc, pñ, pm) + pmv$$

Donde:

i. ph es la puntuación del hombro
ii. pc es la puntuación del codo
iii. pñ es la puntuación de la muñeca
iv. pm es la puntuación de las manos
v. pmve es la puntuación por movimientos estereotipados

Cuadro 48: **Puntuación del Factor de Postura para el hombro**

Hombro	Puntos
Si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza se duplicaran las puntuaciones	
El/los brazo/s no posee/n apoyo y permanece/n ligeramente elevados algo más de la mitad del tiempo	1
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura forzada) más o menos el 10% del tiempo	2
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura forzada) más o menos 1/3 del tiempo	6
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
Los brazos se mantienen a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

Para interpretar la existencia de postura forzada en el cuadro 49 pueden considerarse los siguientes rangos: posición del brazo con más de 80° de flexión o más de 20° de extensión, o elevación lateral abducción/aducción superior a 45° y para la muñeca se utiliza el cuadro 50.

Cuadro 49: **Puntuación del Factor de Postura para codo**

Codo	Puntos
El codo realiza movimientos repentinos (flexión – extensión o prono – supinación extrema, tirones, golpes, al menos un tercio del tiempo	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión – extensión o prono – supinación extrema, tirones, golpes, al menos la mitad del tiempo	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión – extensión o prono – supinación extrema, tirones, golpes, casi todo el tiempo	8

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 50: **Puntuación del Factor de Postura para la muñeca**

Muñeca	Puntos
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión – extensión o desviación lateral), al menos 1/3 del tiempo	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión – extensión o desviación lateral), más de la mitad del tiempo	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema todo el tiempo	8

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

Si se realizan agarres de objetos de cualquiera de los tipos indicados se asignará la puntuación en función de la duración del agarre (cuadro 51). La puntuación a asignar se indica en el cuadro 52.

Cuadro 51: **Tipos de agarre**

Agarre
Los dedos están apretados (agarre en pinza o pellizco)
La mano está caso abierta (agarre con la palma de la mano)
Los dedos están en forma de gancho (agarre en gancho)

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 52: **Puntuación del Factor de Postura para el agarre**

Duración		Puntos
Alrededor de 1/3 del tiempo		2
Más de la mitad del tiempo	⇨	4
Casi todo el tiempo		8

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

El cuadro 53 muestra la puntuación a sumar si existen movimientos estereotipados (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 53: **Puntuación de los movimientos estereotipados**

Movimientos estereotipados	Puntos
Repetición de los movimientos idénticos al hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos al menos 2/3 del tiempo (o si el tiempo del ciclo está entre 8 y 15 segundos y todas las acciones técnicas se realizan con los miembros superiores. Las acciones pueden ser diferentes entre sí).	1,5
Repetición de los movimientos idénticos al hombro y/o codo, y/o muñeca, y/o dedos casi todo el tiempo (o si el tiempo del ciclo es inferior a 8 segundos y todas las acciones técnicas se realizan con los miembros superiores. Las acciones pueden ser diferentes entre sí).	3

Fuente: (Colombini, Occchipinti, & Grieco, 2002)

2.15.5.7 Factores Adicionales

Se toma en cuenta también Factores Adicionales (cuadro 54) que son los debidos a varias circunstancias aumentan el riesgo. Estos son: uso de protección en manos, uso de dispositivos vibrantes, ritmo de trabajo impuesto por la máquina, etc. Tomando en cuenta también el ritmo de trabajo (cuadro 55)

Para obtener la puntuación debida a los Factores Adicionales se deberá:

1° Seleccionar una única opción de las descritas para Factores Adicionales y consultar su puntuación.

2° Sumar a la puntuación de la opción seleccionada 1 punto si el ritmo está parcialmente impuesto por la máquina y hasta 2 puntos si este está totalmente determinado por la máquina.

Cuadro 54: **Puntuación de los Factores Adicionales**

Factores adicionales	Puntos
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren con la destreza de sujeción requerida por la tarea, más de la mitad del tiempo)	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más	2
Existe exposición al frío (a menos de 0 grados centígrados), más de la mitad del tiempo	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm)	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo	3

Fuente: (Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002)

Cuadro 55: **Puntuación del ritmo de trabajo**

Ritmo de trabajo	Puntos
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo pueden disminuirse o acelerarse	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina	2

Fuente: (EPM, 2008)

2.15.5.8 Multiplicador correspondiente a la Duración neta del movimiento repetitivo

Es un importe que transpone el dominio de la permanencia del movimiento repetitivo a la evaluación del riesgo. El método plantea la corrección de la puntuación obtenida por la suma de los factores de riesgo evaluados, en función de la permanencia neta del movimiento repetitivo (cuadro 56).

Cuadro 56: **Puntuación para el Multiplicador de Duración neta del movimiento repetitivo**

Duración del movimiento	Multiplicador de duración
60 – 120 minutos	0,5
121 – 180 minutos	0,65
181 – 240 minutos	0,75
241 – 300 minutos	0,85
301 – 360 minutos	0,925
361 – 420 minutos	0,95
421 – 480 minutos	1
>480 minutos	1,5

Fuente: (EPM, 2008)

2.15.5.9 Obtención de la Puntuación Final

En este punto será posible la consecución final de la clasificación OCRA mediante la suma de las puntuaciones de los diferentes factores rectificada por el

multiplicador de duración. Finalmente, la consulta de la tabla de clasificación de resultados (cuadro 57) permitirá describir el peligro incorporado al valor del índice OCRA obtenido y las acciones correctivas sugeridas por el método.

El método propone un código de colores para identificar visualmente los diferentes niveles de riesgo. La escala de colores va desde el verde para el riesgo Óptimo o Aceptable, pasando por el amarillo para indicar el riesgo Muy ligero y finalmente el rojo para identificar el riesgo Ligero, Medio y Alto

Cuadro 57: **Clasificación del índice OCRA**

Índice Check List OCRA	Riesgo	Acción sugerida
Menor o igual a 5	Optimo	No se requiere
Entre 5,1 y 7,5	Aceptable	No se requiere
Entre 7,6 y 11	Muy ligero	Se recomienda un nuevo análisis o mejora del puesto
Entre 11,1 y 14	Ligero	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
Entre 14,1 y 22,5	Medio	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento
Más de 22,5	Alto	Se recomienda mejora del puesto, supervisión médica y entrenamiento

Fuente: (EPM, 2008)

2.16 Lateralidad

Es esencial hacer un análisis de lateralidad antes de asignar un puesto de trabajo o la operación de una máquina herramienta. En sí, el término lateralidad deriva del latín y quiere decir “lado”. Por lateralidad se entiende, en general, la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo. (Sassano, 2015)

Como lo manifiesta (Fernandez de Juan, 2001) “Si presenta usted la mano izquierda dominante, automáticamente será conocido/a como un/a zurdo/a. Se calcula que algo menos del 10% de la población está comprendida en este grupo, aunque con

el de cursar de los años la cifra suele ir decreciendo, pues por la presión social aún existente aprenden a usar la otra mano, pasándose al mundo de los diestros."

Por otra parte (Pellicer C. , 2000) "Poseemos un cerebro dividido en dos mitades relacionadas íntimamente por el cuerpo calloso. Éste es un hecho por lo que se han realizado numerosas investigaciones orientadas a conocer la organización cerebral y su funcionamiento. Ante la división en dos partes que presenta el cerebro y con un reparto de funciones diferente para ambos lados, las probabilidades de distintos tipos de organización son extremadamente altas. Está probada la localización de funciones en ciertas áreas y comprobado que siempre hay un hemisferio que toma la iniciativa ante la detección de un estímulo. La toma de iniciativa depende de la función que se realice, por lo que no necesariamente es siempre el mismo lado quien ostenta la primacía."

La lateralidad es una compleja función derivada de la distribución de dos elementos de nuestro sistema nervioso (Tipan & Zhingri, 2010). Pero para llegar a determinar la lateralidad de una persona se requiere un test de evaluación y este se lo hace en los primeros años de vida.

Históricamente se han desarrollado diversas teorías para explicar la preferencia por usar una mano o la otra, y algunas se han denominado de acuerdo con las razones que el sujeto tenga para hacerlo. (Cuencas, Von Seggern, Toledo, & Harrel, 1990)

2.16.1 Uso de la mano

El uso de la mano está controlado por el hemisferio colateral del cerebro, pero ambas manos no son capaces de hacer tareas iguales con la misma eficiencia, por lo que es cierto un alto porcentaje de la población son de lateralidad derecha. (Brusasca, Mabel, & Portellano, 2007).

Como lo expresa (Amunts, Jancke, Mihlberg, Steinmetz, & Zilles, 2000) "de manera general podemos asegurar que aproximadamente un 10% de la población

mundial utiliza la mano izquierda como miembro preferente, teniendo variaciones dependiendo del método de análisis que se utilice.

Rigal (1992) postula que la lateralidad no tiene una relación estrecha con las habilidades laborales, pero si con las que solicitan alto control motor. Existen varios tipos de lateralidad, así como lo menciona (Cañizares & Carbonero, 2016) y la resume en el cuadro 58:

2.16.2 Tipos de lateralidad

Bejarano & Naranjo (2014) manifiesta que: "La lateralidad puede ser podal, ocular, auditiva, manual, incluso un hombro o una cadera podrían poseer su propia lateralidad. Además, al existir distintas coordinaciones entre los distintos segmentos corporales y extremidades, las lateralidades pueden variar según qué actividad realicemos, dando lugar a un concepto que puede resultar más complejo de lo que se había pensado hasta ahora". Una breve clasificación se expresa en el cuadro 58.

Cuadro 58: **Tipos de lateralidad**

Tipos de lateralidad			
Según el predominio oído – mano – pie – ojo	Según los gestos que utiliza en los aprendizajes instrumentales	Según su intensidad	Según su naturaleza
Homogéneo Ambidiestro Invertido Cruzado	Utilización Inclinación	Zurdo Diestro Ambidiestro	Normal Patológica (lesión)

Fuente: (Cañizares & Carbonero, 2016)

2.16.3 Cuestionarios de lateralidad:

Como lo manifiesta (Sassano, 2015) “Los cuestionarios son muy variados tanto por el número de preguntas como por las características de las mismas. Abarcan un gran número de actividades y las respuestas pueden ser orales o escritas, y el sujeto debe señalar con qué mano ejecuta habitualmente cada una de las actividades enumeradas. La cuantificación consiste en contar el número de respuestas que se refieren a la mano derecha (D) y a la izquierda (I), con el fin de establecer con base en estos datos un cociente de lateralidad (CL).”

Un test sencillo y fácil de administrar fue desarrollado por (Oldfield, 1971) denominado el Inventario de Edimburgo (IE) (Anexo1), es un cuestionario, y sirve para evaluar la preferencia manual como cocientes de lateralidad (CL) los mismos que pueden transformarse en deciles, dándole un valor numérico a la lateralidad cerebral periférica. Otro test fácil de aplicar y que nos brinda excelentes resultados es el denominado test de Harris. Para esta investigación utilizaremos, la definición cuantitativa y cualitativa de Harris: la lateralidad es la preferente utilización y la superior aptitud de un lado del cuerpo frente al otro (Harris, 1961).

2.16.4 Influencia de la lateralidad en las maquinas

Su influencia es demasiada importante pues determina si una persona es apta para maniobrar una máquina que no esté diseñada para su dominio. Se evidencia que en investigaciones anteriores, el efecto de la mano preferente en el uso de máquinas no ha tomado importancia, pero si, efectos en miembros superiores, tronco y cuello a nivel postural. (Martínez-Acosta, Martel-Estrada, Hernandez-Arellano, & Balderrama-Armendariz, 2013).

Como lo manifiestan (Pernía, Orille, Martínez, Martín, & Canal, 2006), los zurdos presentan dificultades al operar máquinas con controles para diestros, tratando

de adaptarse posturalmente, ocasionando en el individuo dolores en tronco y cuello. Aproximadamente el 53% de zurdos que usan una máquina tienen un grado medio de dificultad. Las personas zurdas tienen problemas para adecuarse a una máquina para diestros, reportan dolores físicos como dolor de espalda y cuello. Algunos incluso reportaron represión social por su forma de utilizarlas. Los resultados mostraron que el 13% de las personas encuestadas son zurdas y que el 53% al utilizar una máquina para diestros tienen un grado medio de dificultad.

2.17 Dirección anatómica, planos y movimientos:

Para (García & Hurlé, 2013) "el estudio adecuado del cuerpo humano es imprescindible establecer unas normas básicas de descripción de las formas y estructuras que lo componen. Estas normas constituyen un lenguaje común, una terminología anatómica, aceptado por todos los anatomistas. La terminología anatómica considera cuatro aspectos fundamentales: posición anatómica, planos anatómicos, direcciones que permiten establecer la relación entre estructuras y nomenclatura."

Como lo manifiesta (Staugaard-Jones, 2014) "La posición anatómica ofrece un punto de referencia estándar del ser humano, donde el cuerpo aparece erguido, con la cabeza, ojos y dedos de los pies mirando hacia adelante, y con los brazos y manos junto a los costados, con las palmas abiertas y mirando hacia adelante"

También (Staugaard-Jones, 2014) describe los términos para describir la dirección (cuadro 59)

Para Marieb (2008) describir con exactitud las partes del cuerpo su posición debemos disponer de un punto de referencia y utilizar términos de dirección. Para

evitar la confusión, se tendrá en cuenta que el cuerpo siempre está en su posición anatómica (postura normal).

Cuadro 59: **términos para describir la dirección de los miembros del cuerpo**

Anterior:	**Situado o que se dirige hacia el frente del cuerpo (ventral), cualquier término prefijado con antero significa 'anterior'.**
Posterior:	Situado o que se dirige hacia el dorso del cuerpo (dorsal), postero es un prefijo que denota relación con la porción posterior.
Inferior:	Situado debajo, o que se dirige hacia abajo, que se aleja de la cabeza.
Superior:	Situado arriba, próximo a la cabeza.
Lateral:	Hacia el costado del cuerpo, o lejos de la línea media del cuerpo o de un órgano.
Medial:	Hacia la línea media del cuerpo o de un órgano.
Periférico:	Hacia la superficie externa del cuerpo u órgano.
Proximal:	Cercano a cualquier punto de origen de una estructura
Distal:	Distante, remoto; lejos del punto de origen de una estructura.
Decúbito prono:	Posición del cuerpo en la que la superficie anterior mira hacia abajo
Decúbito supino	Posición del cuerpo en la que la superficie anterior mira hacia arriba

Fuente: (Staugaard-Jones, 2014)

2.18 Planos y secciones del cuerpo

Según Marieb (2008), cualquier línea imaginaria que atraviesa uno o varios órganos, se la conoce como plano. Ya que el cuerpo humano se encuentra en el espacio podemos referenciarlo a los 3 ejes coordenados.

El plano que corta al cuerpo a lo largo del eje longitudinal y corta en dos secciones izquierda y derecha se llama Plano Sagital, un plano horizontal que corta al cuerpo por la cintura se llama Plano transversal y un plano que corta al cuerpo o un órgano en dos secciones anterior y posterior, se llama Plano Frontal (coronal), como se lo puede observar en la figura 25.

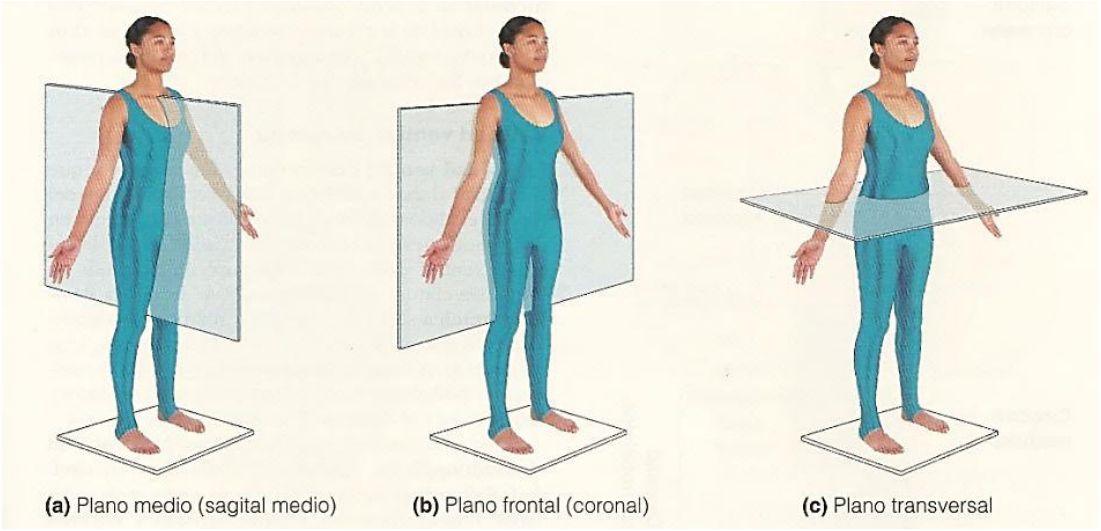


Figura 25: **Posiciones y planos anatómicos del cuerpo**
Fuente: (Marieb, 2008)

2.18.1 Articulaciones vistas como elementos mecánicos:

Igualmente, como el motor de un auto transforma la energía química de la gasolina en energía mecánica, el cuerpo humano también transforma la energía química de los alimentos en movimiento, esta es la función del aparato locomotor que puede ser estudiado como una máquina y sus elementos como elementos mecánicos.

Huesos como palancas, articulaciones como juntas, músculos como motores, tendones y ligamentos como cables, son un ejemplo de la similitud del cuerpo humano con un sistema mecánico. La figura 26 ejemplifica lo antes mencionado:

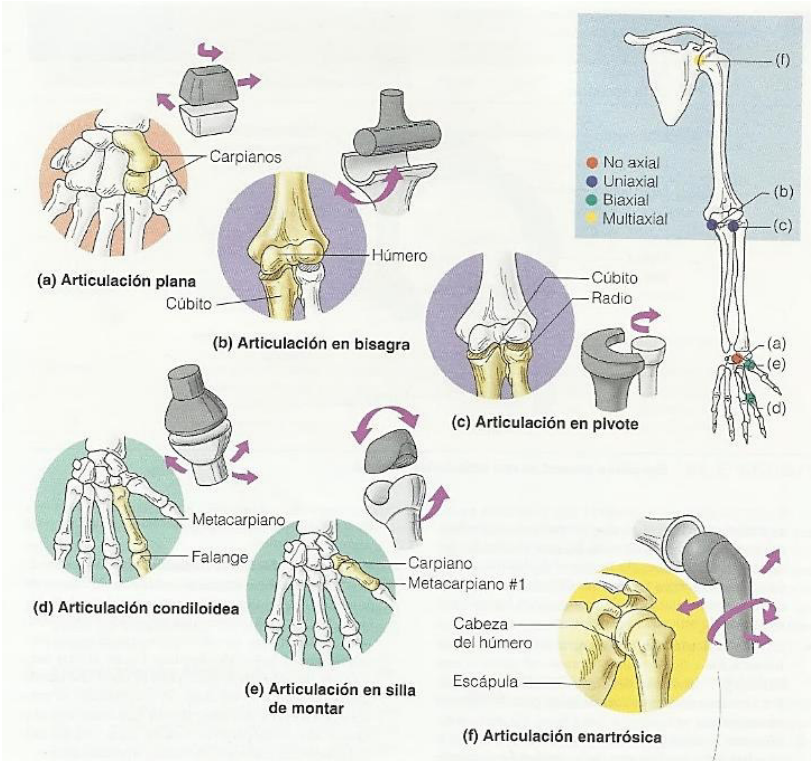


Figura 26: **Tipos de articulaciones sinoviales**
Fuente: (Marieb, 2008)

2.19 Movimientos de miembro superior

2.19.1 El Hombro:

Es la articulación dotada de mayor movimiento del cuerpo humano, mostrada en la figura 27, los movimientos de esta articulación se realizan en 3 sentidos, es decir posee tres grados de libertad, lo que permite orientar al brazo (miembro superior) en relación con los tres planos en el espacio. (González-Maestre, 2008), (Suárez-Sanabria & Osorio-Patiño, 2013).

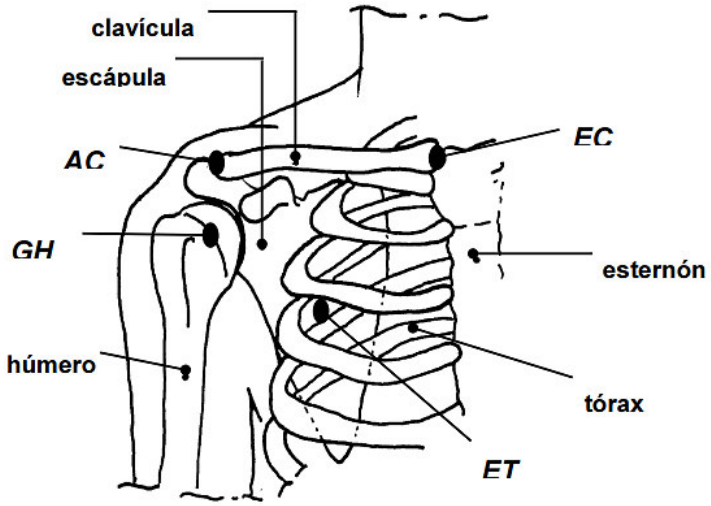


Figura 27: **Articulación del hombro**
Fuente: (González-Maestre, 2008)

Como lo manifiesta (Barrientos, Quiroz, & Saenz, 2002) "En los sistemas músculo – esqueléticos que conforman el cuerpo humano, el mecanismo del hombro es el más complejo. El hombro humano está compuesto por tres huesos: la escápula, la clavícula y el húmero relacionados entre sí con el esternón y el tórax mediante cuatro articulaciones: la articulación estrno – clavicular (EC), que conecta el extremo de la clavícula con el esternón; la articulación acromio – clavicular (AC), que conecta la escápula por medio del acromio con la clavícula; la articulación escápulo – toráxica (ET), que permite el deslizamiento de la escápula sobre el tórax y la articulación gleno – humeral (GH), la cual conecta la cabeza del húmero con la fosa glenoidea de la escápula (Figura 27).

El hombro, fisiológicamente se lo llama articulación proximal del brazo (miembro superior), por sus tres grados de libertad (figura 28) es la más móvil de todas las articulaciones del cuerpo. Los tres grados de libertad permiten orientar el miembro superior respecto a los tres planos principales: frontal, sagital y horizontal:

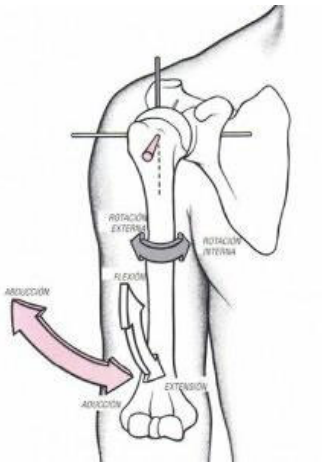


Figura 28: **Grados de libertad del hombro**
Fuente: https://mundoentrenamiento.com/complejo-articular-del-hombro/

2.19.2 Movimientos del hombro

Los movimientos del miembro superior respecto basados en el hombro, es un resumen de lo expuesto por (Gowitzke & Milner, 2014) (Clarkson, 2003) (Navarro & Alegre de Miguel, 2001) (Pérez, Sainz de Murieta, & Varas, 2004):

Flexión: considerando como posición de partida, posición anatómica (brazo paralelo al cuerpo), la flexión consiste en levantar el brazo hacia adelante, es un movimiento de gran amplitud, con un rango [0° - 180º], como se ve en la figura 29.

Extensión: partiendo de la posición anatómica, movemos el brazo hacia atrás, es un movimiento de poca amplitud [45° - 50°], como se muestra en la figura 29.

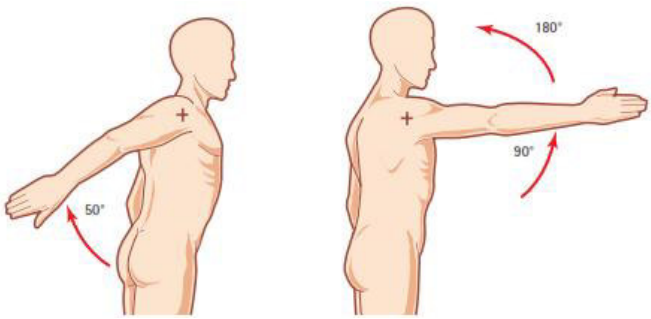


Figura 29: **Movimientos de Flexión y Extensión**
Fuente: (Kapandji, 2006)

Abducción: partiendo de la posición anatómica, el movimiento consiste en separar el brazo elevándolo en el plano frontal, figura 31, su amplitud está en [0° - 180°]

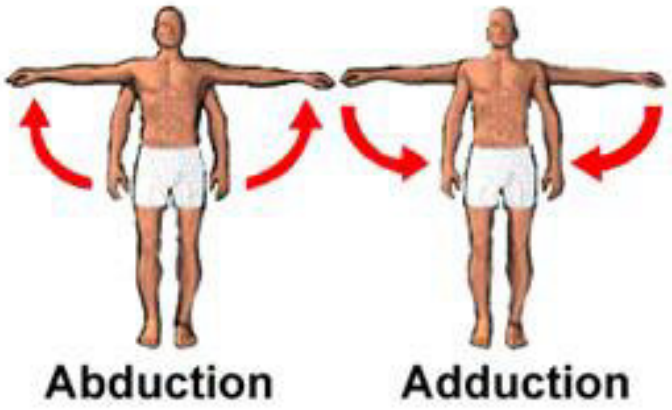


Figura 30: **Movimiento de Abducción**
Fuente: (Kapandji, 2006)

Aducción: movimiento contrario al anterior, siempre que partamos de una posición de abducción. Los movimientos de aducción (figura 30) se llevan a cabo desde la posición anatómica (máxima aducción) en el plano frontal, pero son mecánicamente imposibles debido a la presencia del tronco. Desde la posición anatómica, la aducción no es factible si no se asocia con: Una extensión (Fig. 31 a): aducción muy leve; una flexión (Fig. 31 b): la aducción alcanza entre 30 y 45º.

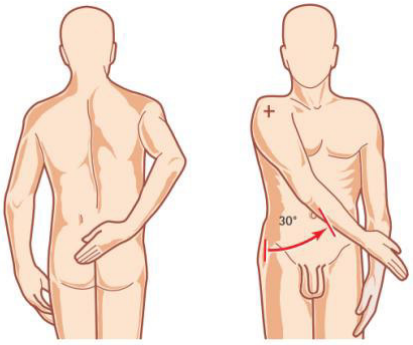


Figura 31: **Movimientos de Aducción**
Fuente: (Kapandji, 2006)

2.19.2.1 *La rotación del brazo sobre su eje longitudinal***:**

La rotación del brazo sobre su eje longitudinal puede realizarse en cualquier posición del hombro. Se trata de la rotación voluntaria o adjunta de las articulaciones con tres ejes y tres grados de libertad. Generalmente, esta rotación se mide en la posición anatómica del brazo que pende verticalmente a lo largo del cuerpo (Figs. 32-11, 32-12 y 32-13: visión superior).

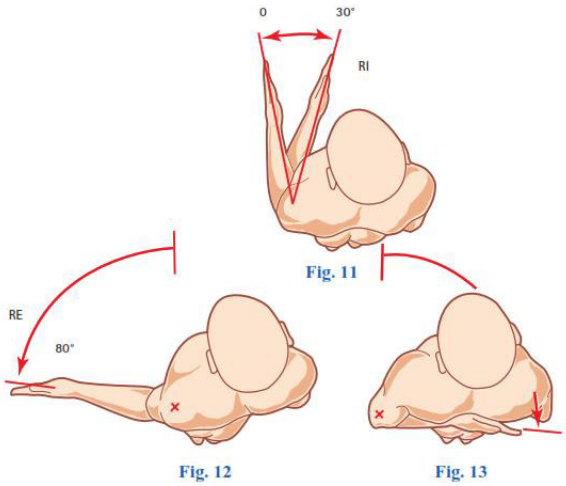


Figura 32: **Rotación del brazo sobre su eje longitudinal**
Fuente: (Kapandji, 2006)

Rotación externa su amplitud es de 80º, jamás alcanza los 90º. Ésta amplitud total de 80º no se utiliza habitualmente en esta posición, con el brazo vertical a lo largo del cuerpo. Por el contrario, la rotación externa más empleada y por lo tanto la más importante desde el punto de vista funcional, es el sector comprendido entre la posición anatómica fisiológica (rotación interna 30º) y la posición anatómica clásica (rotación 0º). Rotación interna su amplitud es de 100 a 110º. Para alcanzarla, se requiere necesariamente que el antebrazo pase por detrás del tronco, lo que asocia cierto grado de extensión al hombro. La libertad de este movimiento es indispensable para que la mano pueda alcanzar la espalda.

*Circunducción***:** es el resultado de los movimientos anteriores, obteniendo un movimiento circular de la porción distal del brazo. (figura 33)

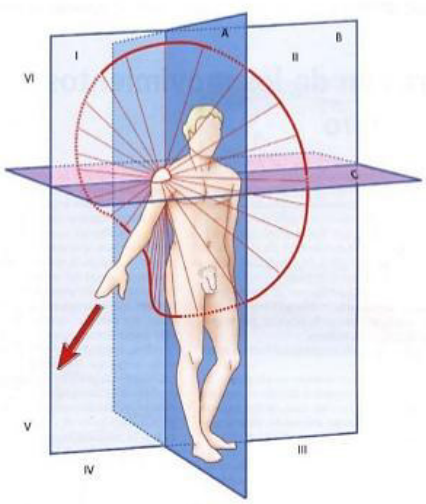


Figura 33: **Movimiento de Circunducción**
Fuente: (Kapandji, 2006)

2.20 Marco Conceptual

A continuación, se caracterizan y explica definiciones empleados en la presente investigación, con la intención de homogeneizar la terminología indicada en el estudio.

En la figura 34 se resume los conceptos más relevantes usados en la investigación:

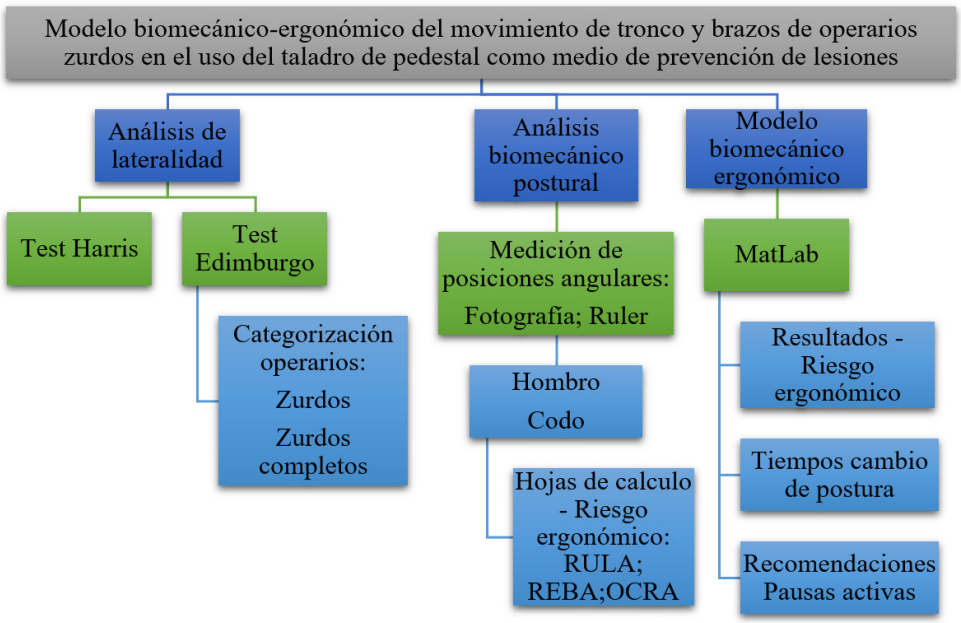


Figura 34: **Camino de Investigación**
Fuente: Propia

2.20.1 Glosario de términos:

Lateralidad: Es la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo

Test Edimburgo: El Inventario de Lateralidad Manual de Edimburgo es un test de lateralidad que evalúa la dominancia manual, tomando en cuenta ciertas actividades tales como escribir, dibujar, lanzar un objeto, usar la tijera, cepillarse los dientes, utilizar el cuchillo, utilizar la cuchara, escobar, encender una cerilla, abrir una caja.

Test Harris: o test de dominancia lateral de Harris evalúa el favoritismo de usar con más frecuencia el lado derecho o izquierdo de su cuerpo.

Diestro: persona que utiliza con preferencia la mano, pie y ojo derechos para hacer sus actividades cotidianas

Zurdo: persona que utiliza con preferencia la mano, pie y ojo derechos para hacer sus actividades cotidianas

Fotogrametría: es la técnica cuyo objeto es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto.

RULER: Herramienta on line que sirve para medir ángulos en fotografías e imágenes.

Posturas: posición relativa que adoptan las distintas partes del cuerpo

RULA: Método de análisis ergonómico que evalúa la exposición de los trabajadores a factores de riesgo los que pueden causar trastornos músculo – esqueléticos (TME) en los miembros superiores del cuerpo.

REBA: El método de análisis ergonómico que permite examinar en conjunto las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas.

OCRA: El método abreviado Check List OCRA permite, obtener un resultado básico de valoración del riesgo por movimientos repetitivos de los miembros superiores.

Pausas activas: son períodos de descanso en los cuales las personas realizan una serie de actividades y acciones que les permiten a diferentes partes del cuerpo un cambio en su rutina habitual, con el fin de prevenir la aparición de problemas o desórdenes en diferentes grupos musculares y articulares, además de reactivar o mejorar la atención y la producción en las diferentes tareas

Ergonomía: Al hablar de ergonomía primeramente nos referimos a sus raíces griegas que indican que ergonomía = norma de trabajo, varios autores, como (Jouvencel, 1994); (Obregón, 2016) (González D. , 2006) (Rivas, Ergonomía en el diseño y producción indistroal, 2007) (Mondelo, Gregori, & Barrau, 2013) .

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

La presente investigación se ha realizado en dos partes: la primera concierne a una investigación cualitativa, la misma que, comenzando con un estudio de caso en los talleres de metalmecánica de la U. P. S Quito - Ecuador, dicho estudio ha permitido identificar los factores que generan malestar en los estudiantes con lateralidad izquierda, al momento de operar un taladro de pedestal; la segunda corresponde a un estudio cuantitativo, en el que se valida el Modelo Biomecánico – Ergonómico, se prueba la hipótesis y se hace un análisis de influencias de las variables

3.1 Hipótesis y Variables

3.1.1 Hipótesis General

Es posible diseñar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones.

3.1.2 Hipótesis especificas

1. Mediante el uso de las herramientas de análisis de lateralidad test de Harris y test de Edimburgo se categorizará a los usuarios del taladro de pedestal.

2. Identificando las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, se podrá establecer una base de datos para un análisis de riesgo ergonómico.

3. Mediante la aplicación de los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operador del taladro de pedestal se diseña un modelo de prevención de lesiones.

3.2 Identificación de las variables

A continuación, se presentan los tipos de variables que intervienen en las Hipótesis General y Específicas:

3.2.1 Variable Dependiente:

- VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal
- VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético

3.2.2 Variables Independientes:

- VI-1: Lateralidad izquierda del operario

3.3 Matriz de consistencia

TITULO DE LA TESIS: MODELO BIOMECÁNICO-ERGONÓMICO DEL MOVIMIENTO DE TRONCO Y BRAZOS DE OPERARIOS ZURDOS EN EL USO DEL TALADRO DE PEDESTAL COMO MEDIO DE PREVENCIÓN DE LESIONES						
OBJETO DE CONOCIMIENTO	OBJETIVO	MARCO TEÒRICO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
PROBLEMA: ¿Es factible desarrollar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones?	GENERAL: Diseñar un modelo biomecánico ergonómico de miembros superiores, tomando en cuenta los efectos de la lateralidad en el uso del taladro de pedestal en los talleres de la U.P.S, campus sur, utilizando los métodos de análisis postural RULA, REBA y OCRA.	Lateralidad Métodos de medición de la lateralidad	GENERAL: Es posible diseñar un modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones	VI: lateralidad izquierda del operario VD: VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético	Grado de lateralidad izquierda del operador Posturas ergonómicamente inadecuadas Riesgo de LME	Fotometría Test de lateralidad Modelos de análisis ergonómico RULA, REBA, OCRA
ESPECIFICOS:	ESPECIFICOS:		ESPECIFICAS:			
¿Cómo se categoriza la lateralidad de los operarios zurdos, en el uso del taladro de pedestal?	Categorizar a los usuarios del taladro de pedestal, mediante un análisis de lateralidad utilizando las herramientas, Test de Harris y protocolo de Edimburgo.	Grado de lateralidad	Mediante el uso de las herramientas de análisis de lateralidad test de Harris y test de Edimburgo se categorizará a los usuarios del taladro de pedestal	Lateralidad izquierda del operario	Grado de lateralidad izquierda del operador	Test de lateralidad
¿Se podrá caracterizar los movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos en un operador zurdo en el manejo de un taladro de pedestal y determinar los parámetros para una análisis ergonómico - postural?	Identificar en un operador zurdo las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, en el manejo de un taladro de pedestal.	Ergonomía	Identificando las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, se podrá establecer una base de datos para un análisis de riesgo ergonómico.	Parámetros de análisis para modelar el movimiento, validada por expertos traumatólogos y fisioterapistas.	Posturas ergonómicamente inadecuadas	Fotometría
¿Cómo se construye un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario?	Diseñar un modelo basado en un análisis ergonómico postural de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operario	Modelos RULA, REBA y OCRA,	Mediante la aplicación de los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operador del taladro de pedestal se diseña un modelo de prevención de lesiones	Modelo biomecánico del movimiento de tronco y brazos, comprobado mediante software.	Riesgo de LME	Modelos de análisis ergonómico RULA, REBA, OCRA

3.4 Operacionalización de Variables

3.4.1 Definición Conceptual de Variables

3.4.1.1 Variable Dependiente:

VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal

La postura (Manera de tener dispuesto el cuerpo o las partes del cuerpo una persona) correcta es aquella que permite un estado de equilibrio esquelético y muscular, que protege a las estructuras corporales de sostén frente a lesiones o deformaciones progresivas, independientemente de la posición en la que estas estructuras se encuentran en reposo o en movimiento". (DePedro & Castro, 2017).

VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético

Riesgo de lesión se conoce como la consecuencia de la interacción de condiciones de adaptación al realizar alguna acción con su cuerpo.

3.4.2 Variable Independiente:

VI-1: Lateralidad izquierda del operario

Por lateralidad es la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo. (Sassano, 2015)

3.4.3 Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Naturaleza
VI-1: Lateralidad izquierda del operario	Por lateralidad es la preferencia que el hombre manifiesta por el uso del lado derecho o izquierdo de su cuerpo. (Sassano, 2015)	Se refiere a que con brazo el operario realiza una labor en el taladro de pedestal.	Cuantitativa
VD-1: Posturas ergonómicas al operar el taladro de pedestal	La posición correcta del cuerpo es la que admite permanecer en equilibrio y evita lesiones o deformaciones progresivas. (DePedro & Castro, 2017)	Se refiere a como el operador se estaciona frente al taladro de pedestal para una operación optima sin que, al transcurrir el tiempo, no llegue a un estado de fatiga o dolor en tronco y/o miembros superiores	Cuantitativa
VD-2: Riesgo de lesión musculo esquelético	Riesgo de lesión se conoce como la consecuencia de la interacción de condiciones de adaptación al realizar alguna acción con su cuerpo	Se refiere a las consecuencias que puede tener un desorden en la postura.	Cuantitativa

Fuente: Autor

3.5 Tipo y diseño de la Investigación

3.5.1 Tipo de investigación:

Para establecer el estándar de exploración se toma como referencia a varios autores quienes mencionan:

Spector (1993) describe como *diseño experimental* como una composición de ideas “constancia”, “comparación”, “aleatorización” y “control”. Aquí varias variables se

cotejan unas con otras, permaneciendo sin variación algunas, es decir son controladas, pero también otras están expuestas al azar. El diseño experimental típico se aplica en el laboratorio hay dos particularidades básicas: (1) control de variables independientes y (2) asignación de situaciones diferentes. (Lasa & Vergara, 2002).

Mediante un análisis biomecánico – ergonómico de las posturas de un operador zurdo, en el uso del taladro de pedestal, se podrá prevenir lesiones musculo – esqueléticos.

Unos estudios de las mediciones antropométricas proporcionarán los datos que van a dar las características distintivas de cada persona con el que se podrá elaborar el mapeo necesario manipulando la información obteniendo.

Estudios exploratorios o formulativos se destacan por ser los primeros estudios en una investigación mediante exploración, su razón principal es enunciar un problema y en consecuencia obtener hipótesis. (Vasquez, 2015).

Estudios descriptivos explican cómo se está desarrollando el fenómeno. Tiene significativa cuantía que el exploratorio y delimita los sucesos del problema de investigación. (Vasquez, 2015).

Los estudios explicativos el objetivo de este tipo de estudio es buscar y encontrar argumentos que ocasionan los fenómenos en estudio y explicar el porqué del fenómeno, es decir tratan de explicar la hipótesis. (Vasquez, 2015).

3.6 Diseño de la investigación

Con estos antecedentes la investigación será experimental, explicativa, descriptiva y se la describe a continuación:

Fase 1: En la primera fase se categorizará a un operador por su grado de lateralidad, usando los test de Edimburgo y test de Harris, como base para esta identificación se realizará la selección de los individuos de prueba estudiantes zurdos U.P.S - Quito, a los cuales se realizará un estudio antropométrico previo, destacando miembros superiores.

Fase 2: En esta fase ya categorizados los operarios, por su grado de lateralidad, se realiza un estudio biomecánico del movimiento de miembros superiores en una jornada de taladrado, mediante fotogrametría y apoyados del software RULER se miden los principales ángulos del movimiento de miembros superiores (abducción, aducción, flexión, extensión, rotación plano horizontal), estableciendo posturas reales del operario, con lo que se obtendrá una base de datos para aplicar los modelos de evaluación de riesgo ergonómico (RULA, REBA y OCRA).

Fase 3: Se diseñará el modelo biomecánico ergonómico, usando los resultados obtenidos en las fases anteriores y planteando un método de pausas activas como medio de prevención de lesiones.

3.6.1 Determinación del método de Investigación Cualitativa

La investigación de tipo cualitativo en su enfoque rechaza la pretensión racional de solo cuantificar la realidad humana, en cambio da importancia al contexto, a la función y al significado de los actos humanos, valora la realidad como es vivida y percibida, con las ideas, sentimientos y motivaciones de sus actores. "La cuantificación y medición de procesos tales como opiniones, creencias, actitudes, valores, hábitos, comportamientos y otros se ha presentado como uno de los avances más importantes, y se ha convertido en el principal indicador y criterio de desarrollo científico" (Iñiguez Rueda, 1999, 108).

La investigación cualitativa posee un conjunto de particularidades que la identifica como tal, pero actualmente se representa fragmentada (Hammersley, 2004) (Atkinson, 2005), mostrando diferencias tanto entre las diversas tradiciones que abarca como en el interior de estas.

Hernández y Mendoza (2008), definen a los estudios de casos como "estudios que al utilizar los procesos de investigación, cuantitativa, cualitativa o mixta, utilizan profundamente una unidad para responder al planteamiento del problema, probar hipótesis y desarrollar alguna teoría".

3.6.2 Identificación de los Instrumentos a emplear

Según criterios de selección de instrumentos de Hernández et al (2010), la recopilación de información es preferible obtenerla en un contexto habitual y usual de los individuos de prueba o variable que se está analizando. En la investigación cualitativa existen una gran variedad de fuentes para recopilar datos entre las más comunes podemos mencionar: entrevistas, registros, documentos, etc. Con el propósito de verificar y comparar la información obtenida en diferentes momentos, para conferir al estudio rigor,

se han triangulado los datos a partir del estudio de caso como metodología de investigación cualitativa y diferentes técnicas e instrumentos de recolección de datos, tales como documentación, entrevistas y observación, las mismas que se muestran en el Cuadro 3.2, (Hernández et al. 2010).

Dichos instrumentos se han utilizado en base a los siguientes criterios:

Observación: La observación investigativa implica no solo el uso de la vista, sino todos los sentidos; el objetivo es explorar ambientes, actividades que se desarrollan, las personas que participan, comprender procesos, eventos que suceden, patrones que se forman, identificar problemas, hipótesis, los contextos de trabajo, sociales y culturales (Hernández etal.,2010). La metodología aplicada en esta primera fase es la siguiente: a) determinación del modelo de investigación cualitativa, b) selección de casos, c) identificación de instrumentos a emplear, d) análisis de casos, e) modelo.

3.6.3 Metodología de la Investigación Cuantitativa

La metodología aplicada en esta investigación cuantitativa es un estudio descriptivo que buscan detallar las características de un grupo de personas con lateralidad izquierda (zurdos), los mismos que operan una máquina herramienta (taladro de pedestal), cuyos mandos principales se encuentran en el lado derecho de la máquina, lo que provoca inconvenientes en la operación y por lo tanto en la calidad del trabajo. Este estudio descriptivo busca explicar la relación existente entre el grado de lateralidad y el riesgo ergonómico de sufrir una lesión musculo esquelética en miembros superiores, figura 35. Es decir, se evalúa la mala posición que adopta el operario zurdo, la que genera una posible LME.

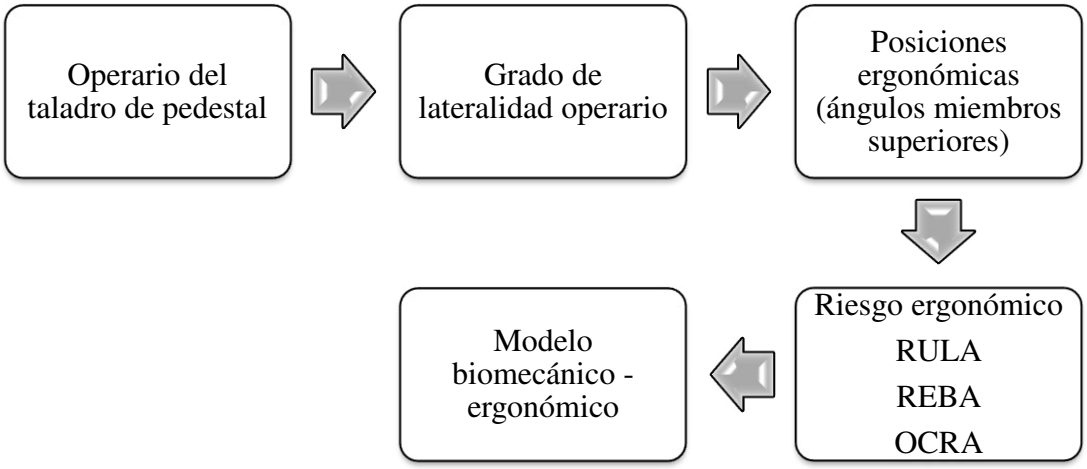


Figura 35: **Ruta de investigación**
Fuente: Autor

3.6.4 Fiabilidad y validez de la recolección de datos

Para analizar la fiabilidad de las escalas de medida, es decir el grado en que el instrumento de medición produce resultados coherentes y consistentes, se utiliza el estadístico correlación de Pearson que un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

4. CAPITULO IV: RESULTADOS Y VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.1 Análisis Biomecánico – Postural:

Un paso previo al análisis postural, se realizó un estudio de la lateralidad de los 10 operarios.

4.1.1 Medición del grado de lateralidad

Se aplicó a diez personas, mayores de edad, que manifestaron por su propia voluntad tener lateralidad izquierda definida y que sabían operar el taladro, los test de medición de lateralidad: el test de Edimburgo (cuantitativo) y el test de Harris (cualitativo). El producto de la aplicación de los test se muestra en el cuadro 60:

Cuadro 60: **Resultados Test Edimburgo**

Operario	Test Edimburgo		Test Harris	
	Puntaje	Lateralidad	Puntaje	Lateralidad
1	44	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
2	46	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
3	42	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
4	46	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
5	46	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
6	48	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
7	43	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
8	48	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
9	45	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo
10	49	Consistentemente zurdo	I.I.I.I	Zurdo completo

Fuente: Autor

Para test de Edimburgo el valor más alto es 50 puntos y se categoriza a la persona como “Consistentemente zurdo” el valor más bajo que se puede obtener es de 10 puntos y la persona se categoriza como “Consistentemente diestro”.

El test de Harris nos indica que para un puntaje I.I.I.I, el individuo se categoriza como "*zurdo completo"* y obteniendo D.D.D.D, el individuo se categoriza como "*diestro completo".*

Con datos obtenidos del test de Harris que valora también la influencia del ojo y pie dominante, se planteó una matriz de correlación, cuyo resultado se expone en el cuadro 61:

Cuadro 61: **Matriz de correlación Pearson ojo - pierna preferente**

Correlación de Pearson			
	Edimburgo	pierna - pref	ojo - ref.
Edimburgo	1	0,75	0,73
pierna - pref		1	0,94
ojo - ref.			1

Fuente: Autor

Como se puede observar los resultados de la correlación de Pearson hay una relación entre la lateralidad (preferencia de mano) con el uso de la pierna preferente y el ojo preferente.

4.1.2 Análisis Postural

La aplicación de muchos métodos de evaluación ergonómica requiere la medición sobre el trabajador de determinadas dimensiones. El estudio biomecánico postural, con referencia a las posiciones angulares relativas de miembros superiores se las puede realizar

directamente en el individuo o con el apoyo de dispositivos como goniómetros electrónicos, transportadores angulares y un método no muy costoso y fácil de usar es la fotografía del operario acogiendo la postura a estudiar y medir los ángulos en las fotos. (Ergonautas, 2018). Mediante el software libre RULER (Medición de ángulos en fotografías), se procedió a medir posición angular de tronco y brazos de diez operarios zurdos con diferentes grados de lateralidad.

4.1.3 Caracterización de Posturas usadas en el taladro de pedestal – postura más adecuada

Una posición adecuada es el primer paso para operar un taladro de pedestal, es decir que no causen molestias (Roh, 2003), se pueda realizar un trabajo eficiente y con el tiempo no causen lesiones.

Para realizar un análisis ergonómico postural se debe considerar los diferentes segmentos corporales y sus ángulos de giro: tronco (inclinación y torsión), brazo, cabeza, cuello (ángulo de visión), antebrazo, mano, muñeca, como los propone (Estrada-Muñoz, 2015) y se resumen en el cuadro 62,los ángulos de confort para un operador zurdo:

Cuadro 62: **Ángulos de confort - operario diestro**

Tronco: flexión y extensión			
Rango	Postura estática	Movimiento	
		Baja frecuencia (≤2 mov/min)	Alta frecuencia (>2 mov/min)
Flexión 0° a 20°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Flexión de 20° a 60°	Condicionalmente aceptable (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
Flexión >de 60°	No aceptable	Condicionalmente aceptable (B)	No aceptable
Extensión	No aceptable	Condicionalmente aceptable (B)	No aceptable
Inclinación lateral y torsión de tronco			
≤10°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
>10°	No aceptable	Condicionalmente aceptable (A)	No aceptable
Brazo y hombro: flexión o abducción			
0° a 20°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
20° a 60°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
> 60°	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
< 0°	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
Cuello – cabeza: flexión, extensión			
0° a 10°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
10° a 20°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
> 20°	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
< 0°	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
Cabeza y cuello teniendo en cuenta la visión			
-40° a 0° (B)	Aceptable	Aceptable	Aceptable
>0° y <-40°	No aceptable	Condicionalmente aceptable (A)	No aceptable

Antebrazo – muñeca			
Postura neutra 0°; postura de antebrazo entre 60° y 100°	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Flexión o extensión de muñeca hasta 15°; flexión de brazo >100° o menor de 60°	Aceptable con condición (A)	Aceptable	Aceptable con condición (C)
Flexión o extensión de muñeca > 15°	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable
Flexión o extensión con desviación radial o cubital o con pronación o supinación	No aceptable	Aceptable con condición (B)	No aceptable

Fuente: (Estrada-Muñoz, 2015)

4.1.4 Verificación de ángulos – posición óptima

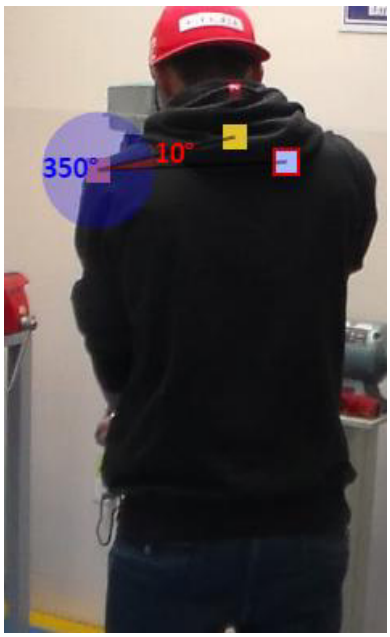


Figura 36: **Verificación ángulos de confort in situ**
Fuente: Autor

4.1.5 Resultados y Mediciones

Para la parte experimental se trabajó con placas de acero ASTM A36 con un espesor de 12 milímetros y acero SAE 1055 de 22 milímetros de espesor. La evaluación de la posición angular de miembros superiores se la hizo por intervalos de tiempo, fotografiando al individuo cuando se producía un cambio de posición (figuras 37 y 38), para ASTM A36 [180 – 185] segundos y para SAE 1055 [120 – 130] segundos.

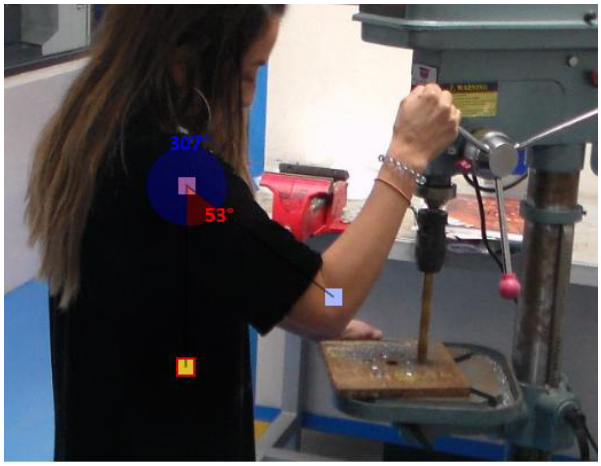


Figura 37: **Posición inicial - RULER**
Fuente: Autor

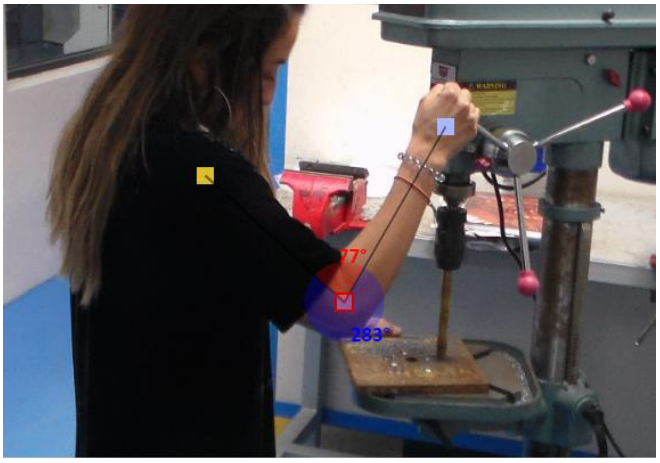


Figura 38**: Posición final - RULER**
Fuente: Autor

A continuación, se resumen las mediciones de ángulos por cada operario en los cuadros 63 al 82:

4.1.5.1 Operario 1:

Cuadro 63: **Operario 1 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	37	35	35	22	29	27	40	22	37
Aducción	8	9	7	6	8	10	10	5	5
Abducción	26	22	26	30	20	28	22	22	22
Rotación - articulación glenohumeral:	12	11	9	7	12	11	10	11	7
Rotación - plano horizontal:	8	13	13	7	15	9	12	15	5
codo - extensión	97	90	94	94	103	105	96	92	101
codo - flexión	110	92	120	108	110	90	103	91	97

Fuente: Autor

Cuadro 64: **Operario 1 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	40	38	26	38	22	38	22	37	20
Aducción	10	8	7	5	9	7	7	9	6
Abducción	22	25	25	28	27	25	23	29	21
Rotación - articulación glenohumeral:	11	12	8	11	7	6	11	7	8
Rotación - plano horizontal:	9	7	11	7	10	10	12	8	6
codo - extensión	105	91	102	97	94	99	105	94	99
codo - flexión	104	91	115	116	112	114	120	96	91

Fuente: Autor

4.1.5.2 Operario 2:

Cuadro 65: **Operario 2 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	57	47	44	44	47	58	40	47	41
Aducción	9	10	13	9	11	12	12	10	13
Abducción	43	43	36	26	38	40	41	34	26
Rotación - articulación glenohumera:	7	8	12	5	13	9	13	7	11
Rotación - plano horizontal:	18	10	16	15	16	24	19	12	23
codo - extensión	109	92	110	98	97	100	105	107	95
codo - flexión	89	91	88	99	99	89	95	88	101

Fuente: Autor

Cuadro 66: **Operario 2 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	9	10	12	9	9	10	12	11	12
Abducción	44	30	45	26	39	37	34	32	39
Rotación - articulación glenohumeral:	8	11	11	8	11	15	15	12	13
Rotación - plano horizontal:	11	11	10	21	10	15	15	24	18
codo - extensión	91	95	98	102	95	94	96	105	109
codo - flexión	90	103	89	105	99	102	87	92	98

Fuente: Autor

4.1.5.3 Operario 3:

Cuadro 67: **Operario 3 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	30	32	31	24	27	27	23	30	23
Aducción	5	10	9	5	6	8	10	9	7
Abducción	29	24	21	21	22	23	22	20	24
Rotación - articulación glenohumeral:	12	6	11	6	5	9	5	9	6
Rotación - plano horizontal:	12	8	12	12	11	10	10	14	13
codo - extensión	92	98	100	92	95	101	100	100	95
codo - flexión	97	117	118	106	117	102	97	104	115

Fuente: Autor

Cuadro 68: **Operario 3 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	22	28	36	40	34	26	23	35	38
Aducción	5	10	5	5	5	5	8	7	9
Abducción	23	22	25	29	21	25	30	27	30
Rotación - articulación glenohumeral:	12	5	11	8	7	10	9	9	7
Rotación - plano horizontal:	14	11	14	8	14	13	9	15	14
codo - extensión	95	102	104	92	94	104	97	103	103
codo - flexión	105	105	103	112	93	115	98	109	108

Fuente: Autor

4.1.5.4 Operario 4:

Cuadro 69: **Operario 4 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	57	47	44	44	47	58	40	47	41
Aducción	8	13	9	12	13	9	9	8	12
Abducción	27	32	34	38	34	28	29	35	27
Rotación - articulación glenohumeral:	13	11	15	8	10	11	15	11	7
Rotación - plano horizontal:	20	13	21	19	16	20	16	16	18
codo - extensión	90	105	106	96	110	102	110	94	109
codo - flexión	98	106	104	94	94	102	88	92	91

Fuente: Autor

Cuadro 70: **Operario 4 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	9	12	9	9	8	9	8	10	13
Abducción	31	27	25	28	30	41	43	42	45
Rotación - articulación glenohumeral:	13	5	6	13	10	12	9	7	9
Rotación - plano horizontal:	13	15	18	16	13	21	18	24	13
codo - extensión	99	109	107	104	97	107	100	100	91
codo - flexión	101	110	101	104	100	95	100	100	92

Fuente: Autor

4.1.5.5 Operario 5:

Cuadro 71: **Operario 5 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	44	40	44	40	40	40	41	48	45
Aducción	10	11	12	10	10	12	8	11	13
Abducción	32	42	32	44	26	44	27	39	38
Rotación - articulación glenohumeral:	10	9	7	10	5	7	15	11	14
Rotación - plano horizontal:	17	17	21	19	11	20	18	18	22
codo - extensión	95	107	102	95	92	96	96	93	94
codo - flexión	107	90	99	93	89	95	90	99	91

Fuente: Autor

Cuadro 72: **Operario 5 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	46	45	48	44	42	41	40	38	38
Aducción	11	8	12	11	9	8	9	12	10
Abducción	28	37	37	30	32	38	39	32	43
Rotación - articulación glenohumeral:	9	5	12	5	6	7	9	15	10
Rotación - plano horizontal:	19	11	24	15	23	11	12	25	12
codo - extensión	102	108	92	97	102	95	99	106	105
codo - flexión	90	88	96	110	96	100	96	101	99

Fuente: Autor

4.1.5.6 Operario 6:

Cuadro 73: **Operario 6 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	59	51	57	30	46	47	42	62	37
Aducción	13	6	8	19	16	19	10	13	19
Abducción	38	33	73	41	78	32	29	83	72
Rotación - articulación glenohumeral:	12	13	6	18	10	19	17	5	24
Rotación - plano horizontal:	71	13	27	68	70	70	63	21	44
codo - extensión	84	62	106	62	82	72	116	103	114
codo - flexión	88	88	93	73	101	106	85	107	91

Fuente: Autor

Cuadro 74: **Operario 6 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	41	37	40	31	50	48	49	30	47
Aducción	19	17	12	17	5	21	8	10	13
Abducción	24	85	34	75	30	65	36	35	39
Rotación - articulación glenohumeral:	14	15	12	25	11	12	11	8	28
Rotación - plano horizontal:	28	20	56	51	48	65	49	55	25
codo - extensión	82	108	85	108	53	59	87	89	53
codo - flexión	66	128	129	72	118	101	96	64	76

Fuente: Autor

4.1.5.7 Operario 7:

Cuadro 75: **Operario 7 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	33	25	32	21	21	30	39	36	34
Aducción	7	5	7	8	5	7	10	10	6
Abducción	24	23	23	29	28	20	22	20	29
Rotación - articulación glenohumeral:	5	11	11	11	9	5	10	7	8
Rotación - plano horizontal:	14	9	10	7	7	14	12	11	15
codo - extensión	97	97	101	100	94	91	95	90	93
codo - flexión	108	98	100	102	105	113	90	99	115

Fuente: Autor

Cuadro 76: **Operario 7 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	32	27	33	23	37	30	23	33	25
Aducción	8	9	7	8	10	6	6	10	10
Abducción	29	30	28	28	25	23	25	29	25
Rotación - articulación glenohumeral:	7	6	9	8	12	9	5	9	9
Rotación - plano horizontal:	9	13	5	9	14	10	7	11	10
codo - extensión	103	100	91	102	95	91	91	100	105
codo - flexión	120	116	100	110	109	105	112	98	113

Fuente: Autor

4.1.5.8 Operario 8:

Cuadro 77: **Operario 8 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	43	42	41	44	44	39	45	41	46
Aducción	14	10	15	7	9	11	10	13	12
Abducción	59	70	84	38	28	33	76	27	63
Rotación - articulación glenohumeral:	23	17	14	16	22	18	16	20	19
Rotación - plano horizontal:	54	48	17	53	28	45	55	16	46
codo - extensión	82	87	102	113	101	109	92	99	114
codo - flexión	116	95	110	98	98	92	123	122	123

Fuente: Autor

Cuadro 78: **Operario 8 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	40	46	44	45	50	44	48	51	51
Aducción	16	18	19	16	16	10	18	15	19
Abducción	36	30	39	76	70	54	66	48	77
Rotación - articulación glenohumeral:	16	22	9	18	13	15	24	9	16
Rotación - plano horizontal:	15	55	24	36	23	50	18	30	35
codo - extensión	90	91	95	100	85	86	105	103	105
codo - flexión	92	121	108	92	120	106	120	90	115

Fuente: Autor

4.1.5.9 Operario 9:

Cuadro 79: **Operario 9- SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	48	38	43	39	39	41	48	47	48
Aducción	11	8	9	10	10	11	9	11	12
Abducción	44	27	41	34	33	36	25	34	39
Rotación - articulación glenohumeral:	12	5	14	7	12	14	8	15	11
Rotación - plano horizontal:	25	12	14	21	14	11	19	19	12
codo - extensión	105	93	99	90	92	102	99	102	108
codo - flexión	102	90	107	95	107	102	105	103	109

Fuente: Autor

Cuadro 80: **Operario 9 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	45	48	45	45	39	38	39	45	42
Aducción	9	12	9	10	9	8	13	9	9
Abducción	36	45	28	41	39	30	40	45	25
Rotación - articulación glenohumeral:	7	14	6	15	14	6	6	13	12
Rotación - plano horizontal:	11	22	18	10	10	24	24	18	12
codo - extensión	104	104	99	105	106	104	95	90	94
codo - flexión	89	110	91	90	104	96	106	91	107

Fuente: Autor

4.1.5.10 Operario 10:

Cuadro 81: **Operario 10 - SAE 1055**

Acero SAE 1055									
Ángulos(°)									
	TIEMPO (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	16	13	12	13	15	11	16	13	18
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	57	47	44	44	47	58	45	47	41
Aducción	8	15	18	13	8	13	20	8	17
Abducción	124	48	57	27	53	70	26	53	38
Rotación - articulación glenohumeral:	5	13	17	27	26	10	11	26	28
Rotación - plano horizontal:	56	41	58	12	16	55	77	16	31
codo - extensión	82	128	51	106	54	66	109	54	112
codo - flexión	98	52	129	74	126	109	69	126	68

Fuente: Autor

Cuadro 82: **Operario 10 - ASTM A36**

Acero ASTM A36									
Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo	14	23	25	23	18	17	36	17	8
Movimiento del hombro									
Flexo - extensión	49	20	56	66	72	26	59	80	64
Aducción	29	14	27	21	23	15	20	16	11
Abducción	72	32	39	39	52	54	45	51	42
Rotación - articulación glenohumeral:	18	34	18	12	16	19	18	11	16
Rotación - plano horizontal:	25	57	19	40	18	43	31	26	16
codo - extensión	107	52	134	97	132	104	129	108	99
codo - flexión	73	124	50	81	48	76	51	72	81

Fuente: Autor

En los cuadros 83 y 84 se resume, para cada operador la media y la desviación estándar de las mediciones de los ángulos:

4.1.5.11 *Resumen de ángulos por operario*

Acero SAE 1055:

Cuadro 83: **Resumen ángulos - SAE 1055**

	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ
Flex	31,56	6,75	47,22	6,36	27,44	3,50	47,22	6,36	42,44	2,92	47,89	10,56	30,11	6,45	42,78	2,22	43,44	4,33	47,78	5,85
Ad	7,56	1,94	11,00	1,58	7,67	2,00	10,33	2,12	10,78	1,48	13,67	4,95	7,22	1,86	11,22	2,54	10,11	1,27	13,33	4,58
Abd	24,22	3,38	36,33	6,58	22,89	2,67	31,56	3,97	36,00	6,98	53,22	22,56	24,22	3,60	53,11	21,91	34,78	6,16	55,11	29,50
R - AG	10,00	1,94	9,44	2,92	7,67	2,65	11,22	2,77	9,78	3,27	13,78	6,28	8,56	2,46	18,33	2,96	10,89	3,48	18,11	8,78
R - PH	10,78	3,63	17,00	4,61	11,33	1,80	17,67	2,60	18,11	3,18	49,67	23,74	11,00	3,00	40,22	15,67	16,33	4,85	40,22	22,89
C-E	96,89	5,11	101,44	6,50	97,00	3,57	102,44	7,45	96,67	4,80	89,00	21,39	95,33	3,77	99,89	11,23	98,89	6,13	84,67	29,67
C-F	102,33	10,48	93,22	5,31	108,11	8,72	96,56	6,27	94,78	5,93	92,44	10,86	103,33	7,84	108,56	12,92	102,22	6,14	94,56	29,53

Fuente: Autor

Acero ASTM A36:

Cuadro 84: **Resumen ángulos - ASTM A36**

	Operario 1		Operario 2		Operario 3		Operario 4		Operario 5		Operario 6		Operario 7		Operario 8		Operario 9		Operario 10	
	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ	ẋ	σ
Flex	31,22	8,45	54,67	20,11	31,33	6,69	54,67	20,11	42,44	3,54	41,44	7,63	29,22	4,97	46,56	3,75	42,89	3,52	54,67	20,11
Ad	7,56	1,59	10,44	1,33	6,56	2,01	9,67	1,73	10,00	1,58	13,56	5,34	8,22	1,64	16,33	2,78	9,78	1,64	19,56	6,09
Abd	25,00	2,69	36,22	6,32	25,78	3,42	34,67	7,92	35,11	4,86	47,00	21,99	26,89	2,42	55,11	17,90	36,56	7,33	47,33	11,70
R - AG	9,00	2,24	11,56	2,55	8,67	2,18	9,33	2,96	8,67	3,35	15,11	6,79	8,22	2,05	15,78	5,14	10,33	3,97	18,00	6,61
R - PH	8,89	2,03	15,00	5,10	12,44	2,51	16,78	3,87	16,89	5,90	44,11	15,77	9,78	2,77	31,78	13,75	16,56	5,94	30,56	13,68
C-E	98,44	4,95	98,33	5,83	99,33	4,80	101,56	5,75	100,67	5,34	80,44	21,28	97,56	5,61	95,56	7,97	100,11	5,82	106,89	25,09
C-F	106,56	11,34	96,11	6,72	105,33	6,80	100,33	5,07	97,33	6,42	94,44	26,22	109,22	7,19	107,11	12,94	98,22	8,45	72,89	23,39

Fuente: Autor

4.2 Aplicación en hojas de cálculo RULA, REBA y OCRA

4.2.1 Hoja RULA:

La medición de los ángulos nos sirve para ingresar los datos en las hojas de cálculo: RULA, REBA y OCRA Check List:, en las figuras 39 - 40- 41 – 42 - 43 - 44, se muestra las hojas de cálculo del método RULA:

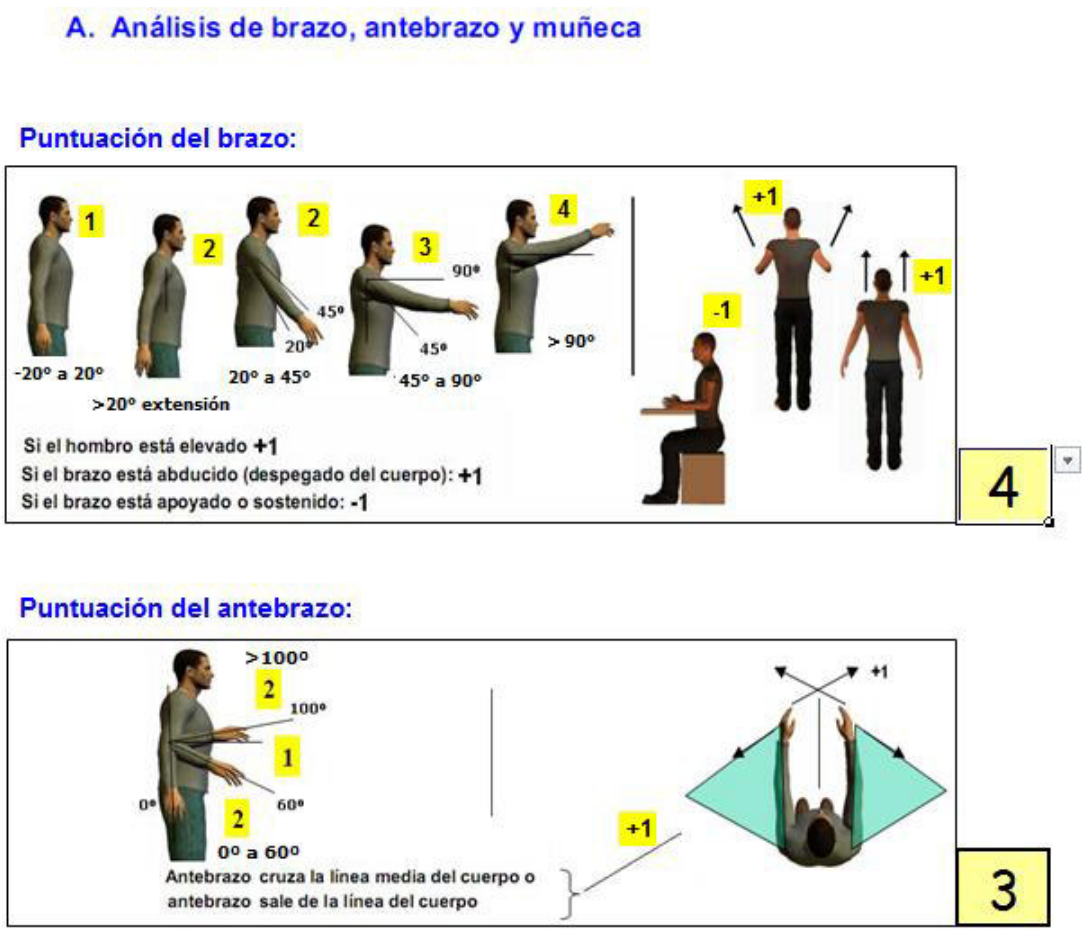


Figura 39: **Hoja RULA - brazo, antebrazo**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

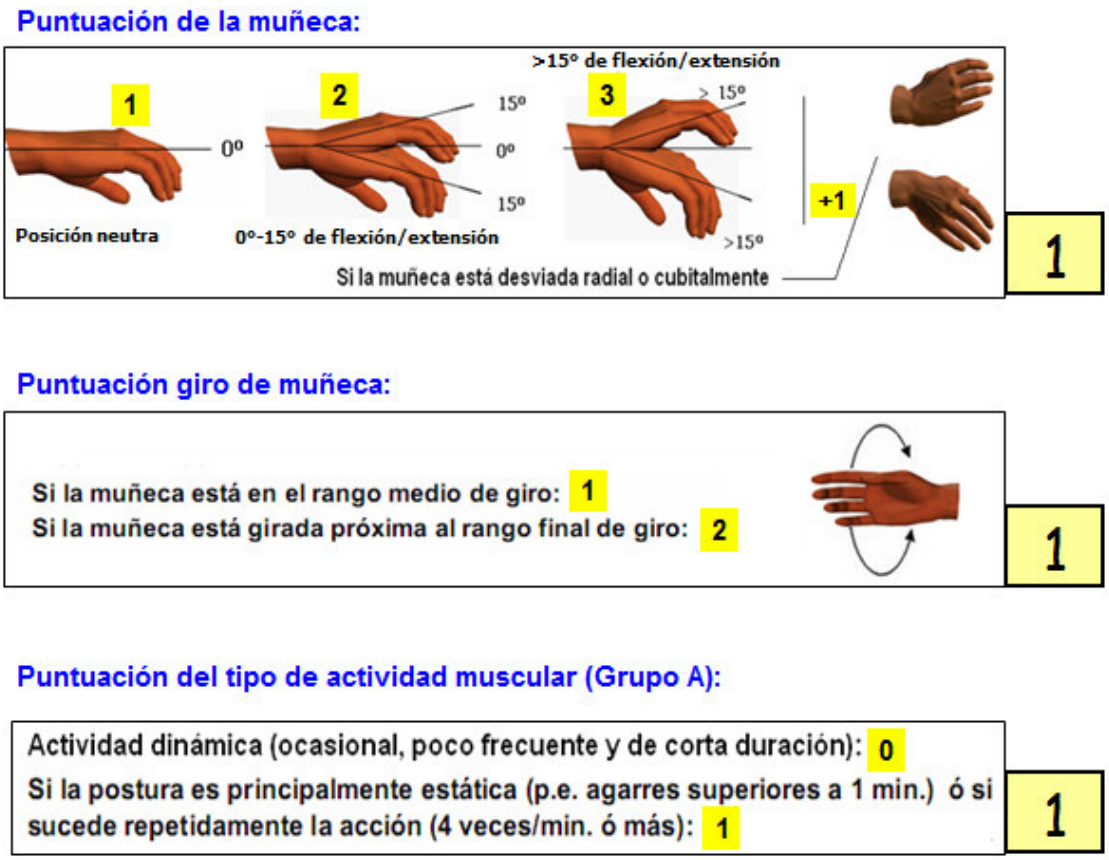


Figura 40: **Hoja RULA - muñeca, actividad muscular Grupo A**
Fuente: (www.carm.es, 2018)



Figura 41: **Hoja RULA: Carga - puntuación cuello**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

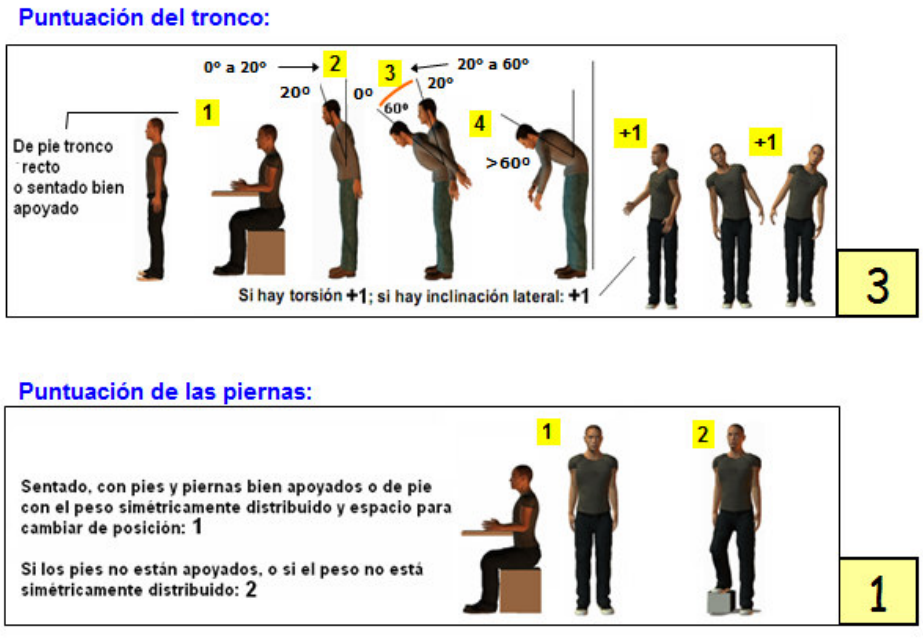


Figura 42: **Hoja RULA puntuación tronco – piernas**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

RESUMEN DE DATOS:

Grupo A: análisis de brazo, antebrazo y muñeca:

Puntuación del brazo (1-6):	4
Puntuación del antebrazo (1-3):	3
Puntuación de la muñeca (1-4):	1
Puntuación giro de muñeca (1-2):	1
Puntuación del tipo de actividad muscular (Grupo A) (0-1):	1
Puntuación de carga / fuerza (Grupo A) (0-3):	2

Grupo B: análisis de cuello, tronco y piernas:

Puntuación del cuello (1-6):	4
Puntuación del tronco (1-6):	3
Puntuación de piernas (1-2):	1

Figura 43: **Hoja RULA resultados**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

NIVELES DE RIESGO Y ACTUACIÓN:

Puntuación final RULA(1-7):	7
Nivel de riesgo(1-4) :	4

Actuación: Se requieren análisis y cambios de manera inmediata.

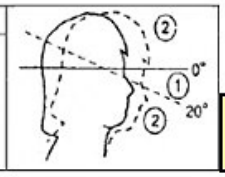
Figura 44: **Hoja RULA niveles de riesgo y actuación**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

Hoja REBA: las hojas de cálculo se muestran en las figuras 45, 46, 47, 48, 49

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

CUELLO

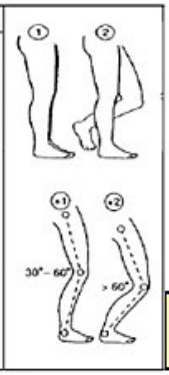
Movimiento	Puntuación	Corrección
0º-20º flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral
>20º flexión o en extensión	2	



3

PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30º y 60º
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60º (salvo postura sedente)

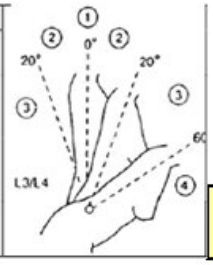


4

Figura 45: **Hoja REBA - puntuación cuello y piernas**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

TRONCO

Movimiento	Puntuación	Corrección
Erguido	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral
0º-20º flexión 0º-20º extensión	2	
20º-60º flexión >20º extensión	3	
> 60º flexión	4	



3

CARGA / FUERZA

0	1	2	+ 1
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca

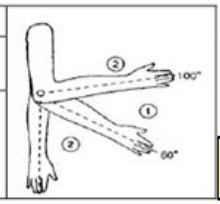
2

Figura 46: **Hoja REBA - puntuación tronco y carga**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

ANTEBRAZOS

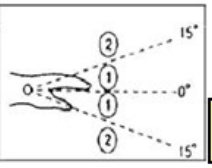
Movimiento	Puntuación
60º-100º flexión	1
flexión <60º o >100º	2



2

MUÑECAS

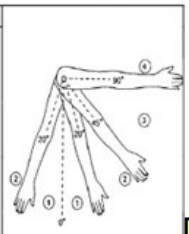
Movimiento	Puntuación	Corrección
0º-15º flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral
>15º flexión/ extensión	2	



3

BRAZOS

Posición	Puntuación	Corrección
0º-20º flexión/ extensión	1	Añadir: + 1si hay abducción o rotación. + 1 si hay elevación del hombro. -1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.
>20º extensión	2	
flexión 20º-45º	2	
flexión 45º-90º	3	
>90º flexión	4	



4

Figura 47: **Hoja REBA - puntuación antebrazo, muñeca y brazos**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

AGARRE

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable
Buen agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manualInaceptable usando otras partes del cuerpo

1

ACTIVIDAD MUSCULAR

¿Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ej. aguantadas más de 1 min. (S/N)?	n
¿Existen movimientos repetitivos, por ej. repetición superior a 4 veces/min. (S/N)?	s
¿Se producen cambios posturales importantes o se adoptan posturas inestables (S/N)?	s

Figura 48: **Hoja REBA - puntuación agarre y actividad muscular**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

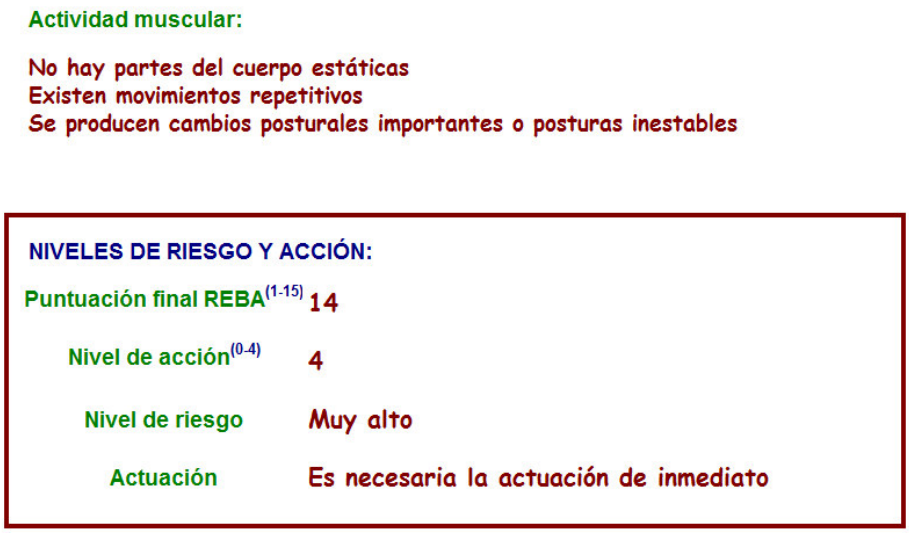


Figura 49: **Hoja REBA - resultados y niveles de acción**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

Hoja OCRA Check List: este método se detalla en las figuras 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57.

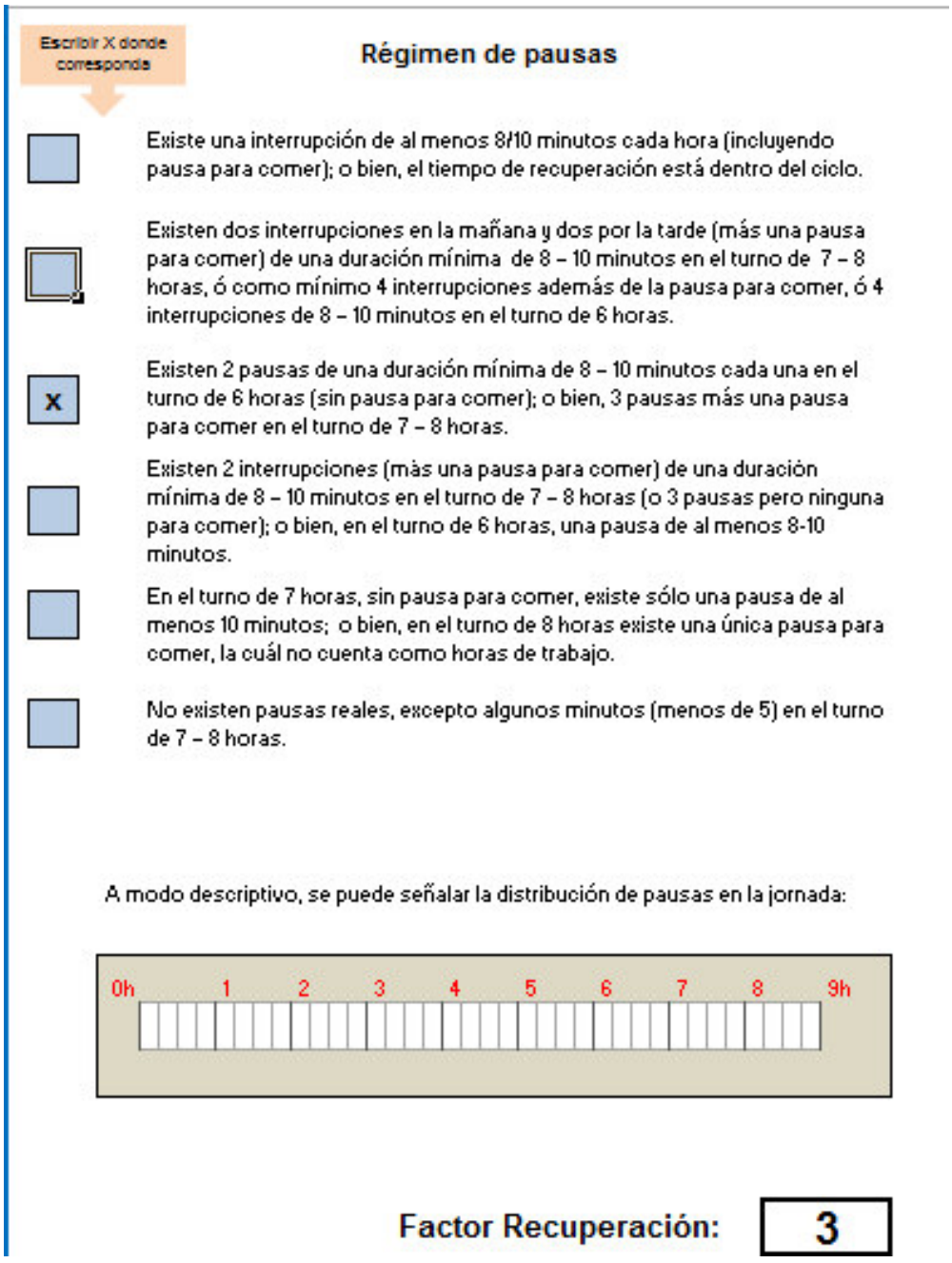


Figura 50: **Hoja OCRA - puntuación factor de recuperación**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

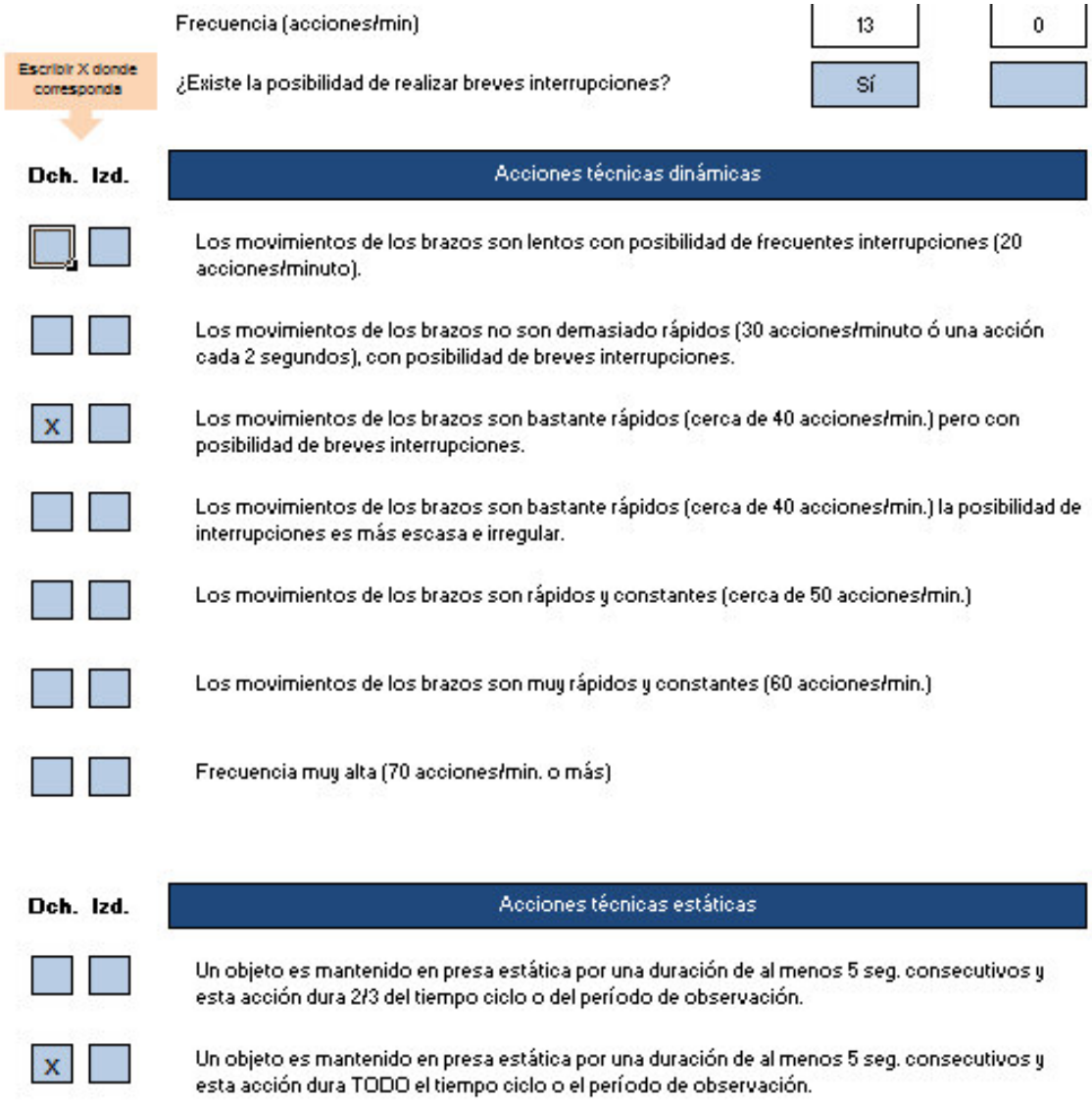


Figura 51: **Hoja OCRA - puntuación frecuencia**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

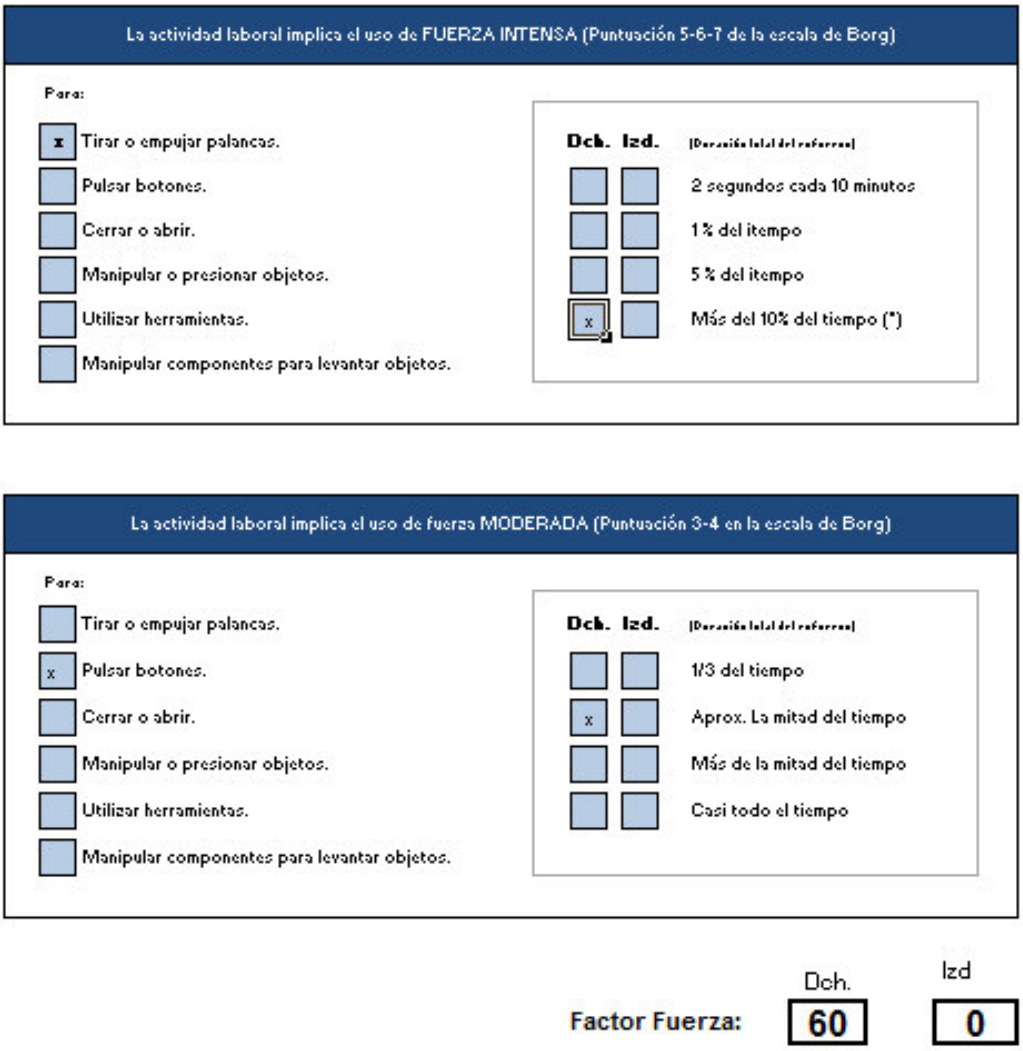


Figura 52: **Hoja OCRA - puntuación actividad laboral (uso fuerza)**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

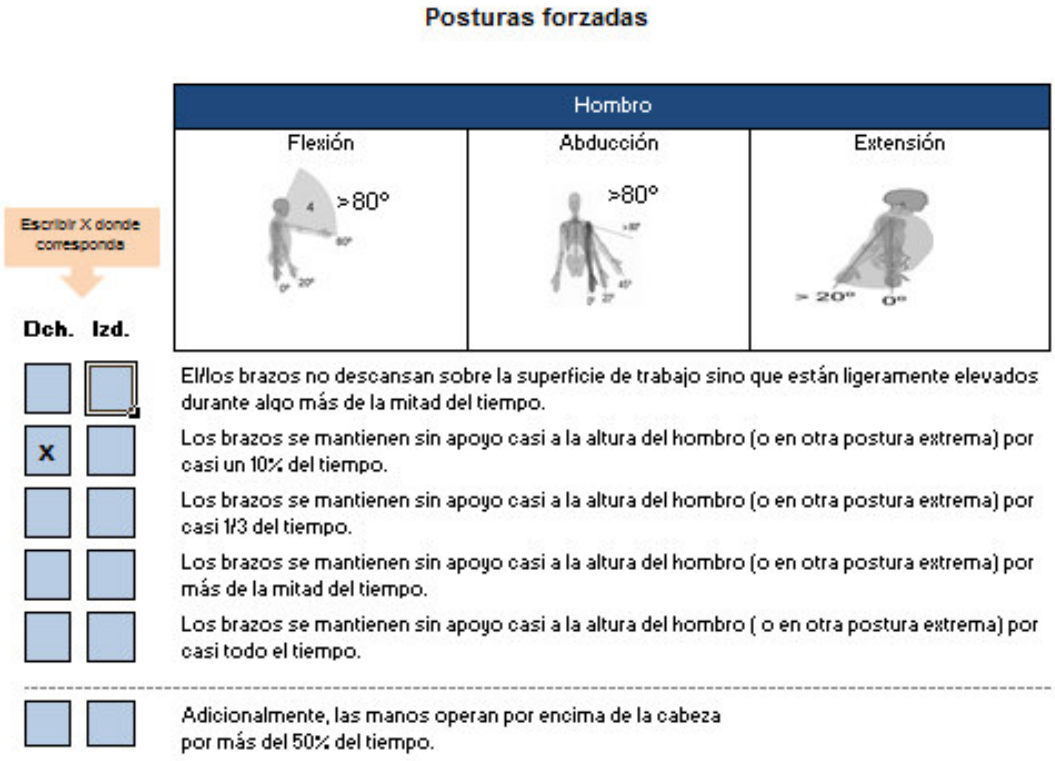


Figura 53: **Hoja OCRA - puntuación posturas forzadas**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

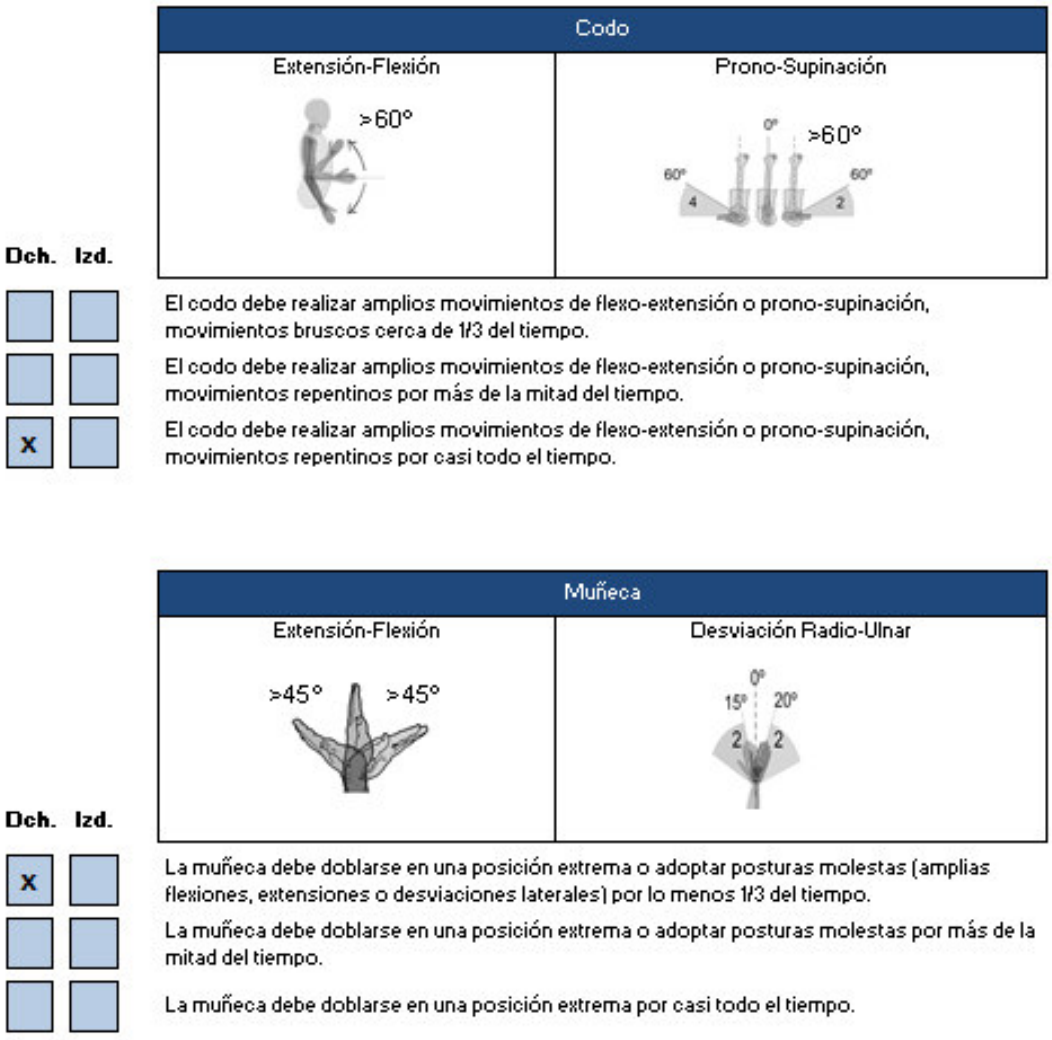


Figura 54: **Hoja OCRA - puntuación codo y muñeca**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

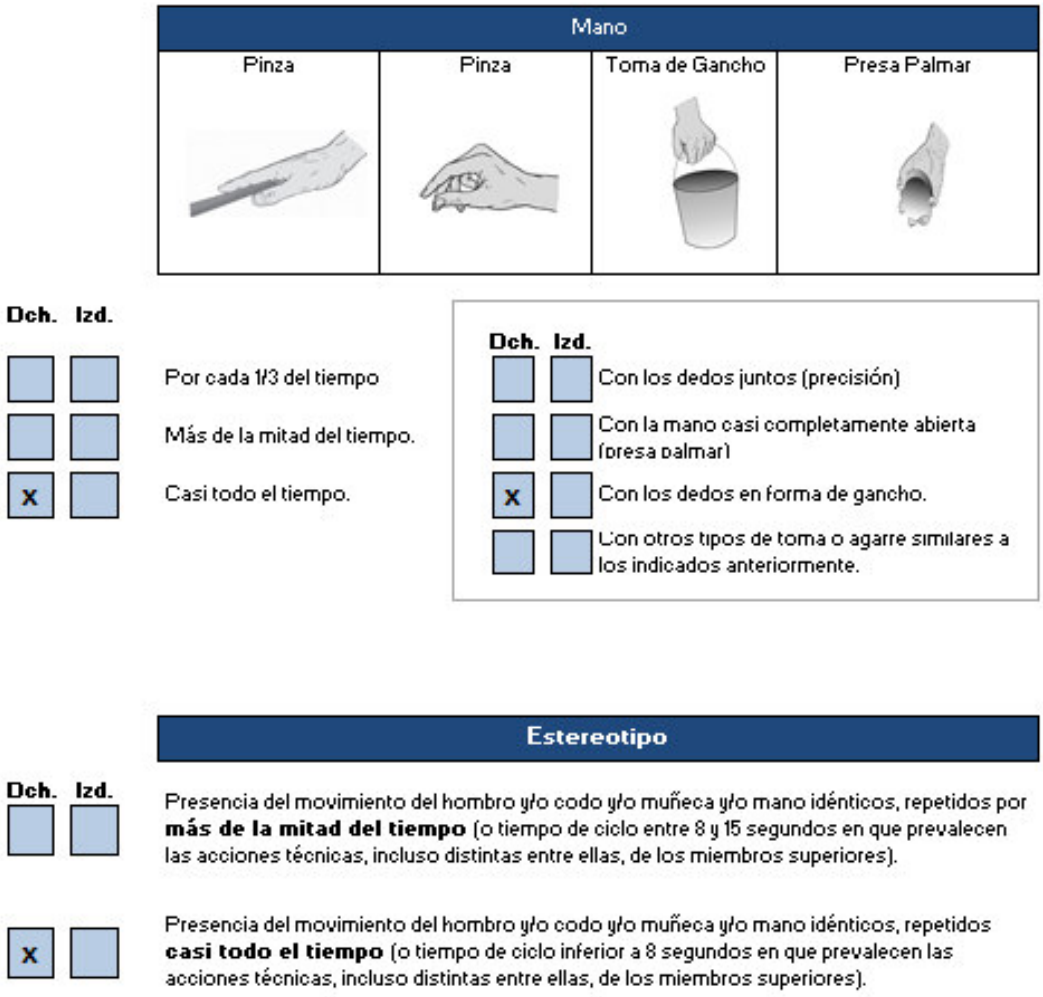


Figura 55: **Hoja OCRA - puntuación mano y estereotipo**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

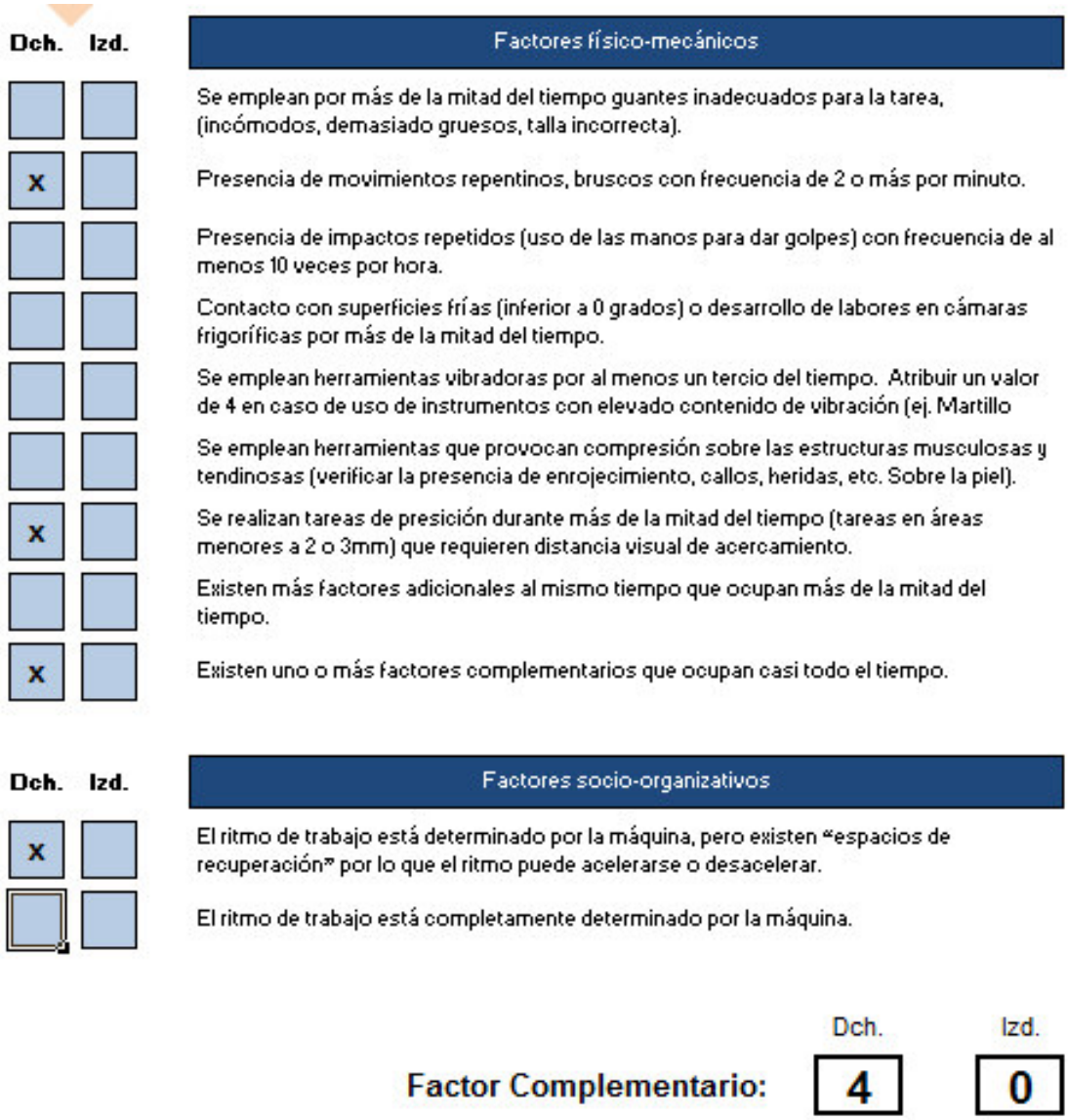


Figura 56: **Hoja OCRA - puntuación factores físicos y socio-organizativos**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

Índice de riesgo y valoración

	Dch.	Izd.
Índice de riesgo:	70,13	2,55
	No aceptable. Nivel alto	**Aceptable**

Escala de valoración del riesgo:

Checklist	Color	Nivel de riesgo
HASTA 7,5	Verde	Aceptable
7,6 - 11	Amarillo	Muy leve o incierto
11,1 - 14	Rojo suave	No aceptable. Nivel leve
14,1 - 22,5	Rojo fuerte	No aceptable. Nivel medio
≥ 22,5	Morado	No aceptable. Nivel alto

Figura 57: **Hoja OCRA - resultados índice de riesgo y valoración**
Fuente: (www.carm.es, 2018)

4.3 Aplicación de métodos de análisis ergonómico

En los cuadros 85 – 86 - 87 se resumen los resultados de la evaluación ergonómica por operador:

Cuadro 85: **Resumen resultados OCRA**

	Riesgo			
Operario	Derecho	Rango	Izquierdo	Rango
1	13.50	leve	2,25	leve
2	36.40	alto	1,30	leve
3	13.50	leve	2,25	leve
4	36.40	alto	1,30	leve
5	36.40	alto	1,30	leve
6	70.13	muy alto	2,25	leve
7	13.50	leve	2,25	leve
8	70.13	muy alto	2,25	leve
9	36.40	alto	1,30	leve
10	70.13	muy alto	2,25	leve

Fuente: Autor

Cuadro 86: **Resumen resultados RULA**

Operario	Puntuación final (1 – 7)	Nivel de riesgo (1 - 4)
1	5	3
2	6	3
3	5	3
4	6	3
5	6	3
6	7	4
7	5	3
8	7	4
9	6	3
10	7	4

Fuente: Autor

Cuadro 87: **Resumen resultados REBA**

Operario	Puntuación final (1 – 15)	Nivel de acción (0 - 4)	Nivel de riesgo
1	3	1	bajo
2	8	3	alto
3	3	1	bajo
4	8	3	alto
5	8	3	alto
6	14	4	muy alto
7	3	1	bajo
8	14	4	muy alto
9	8	3	alto
10	14	4	muy alto

Fuente: Autor

4.4 Análisis de correlación entre variables

Se correlacionó las variables: edad, experiencia, test de Edimburgo, OCRA, RULA, REBA (Cuadro 88)

Cuadro 88: **Variables a correlacionar - edad, experiencia, lateralidad, OCRA, REBA, RULA**

Operador	Edad (años)	Experiencia (meses)	Edimburgo	OCRA	RULA	REBA
1	19	4	44	13,5	5	**3**
2	21	1	46	36,4	6	8
3	21	3	42	13,5	5	3
4	19	2	46	36,4	6	8
5	20	4	46	36,4	6	8
6	21	1	48	70,13	7	14
7	21	1	43	13,5	5	3
8	18	1	48	70,13	7	14
9	20	1	45	36,4	6	8
10	18	1	49	70,13	7	14

Fuente: Autor

Cuadros de resumen sobre el cálculo del coeficiente de correlación, realizado en Excel 2013

Cuadro 89: **Resultados de correlación**

	Edad	**Experiencia**	**Lateralidad**	**OCRA**	**REBA**	**RULA**
Edad	–	-0,014	-0,543	-0,456	-0,450	-0,443
Experiencia	-0,014	–	-0,431	-0,533	-0,532	-0,529
Lateralidad	-0,543	-0,431	–	0.953	0.959	0.962
OCRA	-0,456	-0,533	0.953	–	0,998	0,993
REBA	-0,450	-0,532	0.959	0,998	–	0,998
RULA	-0,443	-0,529	0.962	0,993	0,998	–

Fuente: Autor

Del cuadro 89, podemos concluir que existe una correlación positiva (muy buena correlación) entre: Lateralidad y OCRA ($r = 0.953$; $p<0.05$); Lateralidad y RULA ($r = 0.962$; $p<0.05$); Lateralidad y REBA ($r = 0.959$; $p<0.05$). Por lo que concluimos que mientras más zurdo sea el operador, adopta posturas inadecuadas al operar el taladro de pedestal y por tanto tiene más riesgo tiene de sufrir alguna lesión.

4.5 Estudio de tiempos y calidad de perforación utilizando MSA y SPC:

Con el estudio del análisis del sistema de medición por atributos se observará cada una de las placas de material A-36 con 20mm de espesor, se verificará la perforación dividiendo el material aprobado con el material rechazado, esto se lo realiza por medio de 3 inspectores los cuales analizarán el producto y según su criterio aceptan o rechazan dicho producto, el segundo paso es estimar la distribución de datos de donde el valor 1 es de acuerdo y el valor 0 es desacuerdo, el objetivo de este estudio es unificar criterios entre las personas que operan la máquina y liberan el producto.

Instrucciones para el llenado de la tabla de entrada, mostradas en las figuras 58 y 59:

a). Si la muestra inspeccionada pasa es decir esta OK es "1"

b). Si la muestra inspeccionada no pasa es decir esta No OK es "0".

Indicador Kappa nos indica el grado de acuerdo o desacuerdo de los inspectores.

Regla general del indicador kappa:

kappa = 0.75 o superior indica un buen o excelente acuerdo en la comparación.

kappa ≤ 0.40 indica un pobre acuerdo del sistema de comparación.

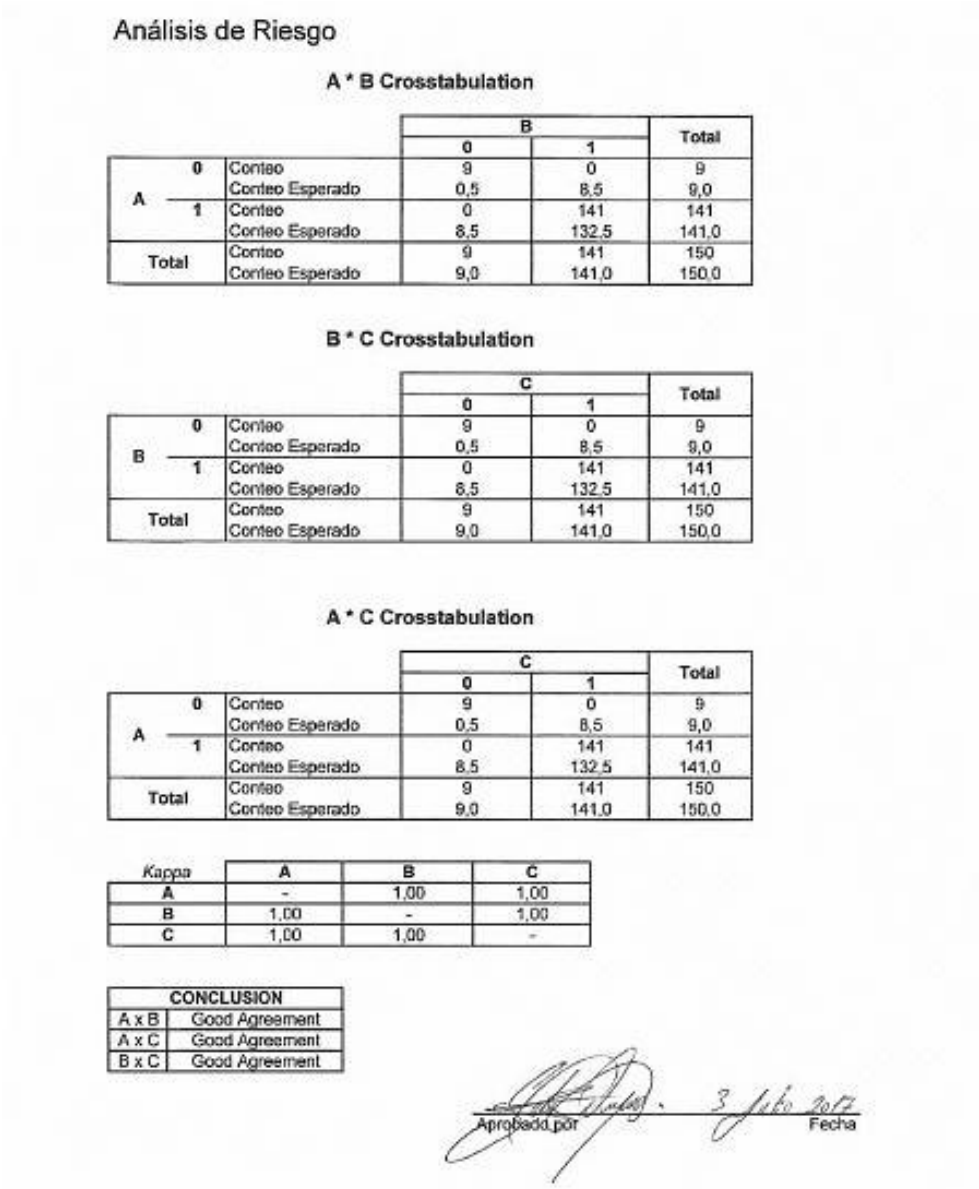
MSA POR ATRIBUTOS

Número de Parte	Nombre de Inpección	Fecha	Inspector A
1	VISUAL	3/7/2017	Jaime Vela
Nombre de la Parte	**Número de Dispositivo**	**Tipo de Método**	**Inspector B**
Placa base	Criterios de inspección	Visual	Galo Duque
Característica	**Límite Superior de esp.**	**Límite Inferior de Esp.**	**Inspector C**
Criterios de apariencia superficie plana	N/A	N/A	Operador

TABLA DE DATOS

PARTE	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	Referencia	Valor Referencial	Código
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		-
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		-
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		-
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		+

Figura 58: **MSA por atributos - tabla de datos**
Fuente: Autor



Análisis de Riesgo

A * B Crosstabulation

			B		Total
			0	1	
A	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
	1	Conteo	0	141	141
		Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0
Total		Conteo	9	141	150
		Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0

B * C Crosstabulation

			C		Total
			0	1	
B	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
	1	Conteo	0	141	141
		Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0
Total		Conteo	9	141	150
		Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0

A * C Crosstabulation

			C		Total
			0	1	
A	0	Conteo	9	0	9
		Conteo Esperado	0,5	8,5	9,0
	1	Conteo	0	141	141
		Conteo Esperado	8,5	132,5	141,0
Total		Conteo	9	141	150
		Conteo Esperado	9,0	141,0	150,0

Kappa	A	B	C
A	-	1,00	1,00
B	1,00	-	1,00
C	1,00	1,00	-

CONCLUSION	
A x B	Good Agreement
A x C	Good Agreement
B x C	Good Agreement

Aprobado por 3 Julio 2017 Fecha

Figura 59: **MSA por atributos - análisis de riesgo y resultados**
Fuente: Autor

4.5.1 Estudio basado en MSA (Análisis de Sistema de Medición)

El estudio que se presenta a continuación se lo realizo para validar el sistema de medición mediante el instrumento calibrador pie de rey, este análisis consiste en tomar diez placas base perforada y considerar tres personas involucradas en el proceso de taladrado, se apreciará en la figura 60. La idea es conseguir repetitividad y reproducibilidad en:

Repetitividad en la persona que realiza las 30 mediciones.

Reproducibilidad: Entre las 3 personas que realizan las mediciones

										Fecha:	10-Jul-17			
Número del Instrumento:		Calibrador			Num. Parte:		1							
Fecha de certificación:		20-Jun-17			Nombre de la parte:		Placa perforada							
Fecha de Prox. Certificación:		20-Jul-17			Característica Medida:		Diámetro							
Operadores:	A	Jaime Vela			B	Galo Duque			C	Operador				
No Operadores:		3			Ancho de Tolerancia:		1							
Número de medidas:		3			Número de Partes a medir:		10							
		Partes												
Operador	Número de Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Promedio	
Jaime Vela	1	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.10	18.04		18.072	
	2	18.11	18.09	18.07	18.05	18.03	18.05	18.04	18.12	18.09	18.04		18.071	
	3	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.10	18.09	18.04		18.069	
	Promedio	18.110	18.090	18.070	18.060	18.030	18.060	18.040	18.113	18.093	18.040	X-bar	18.071	
	Rango	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.010	0.000	R-bar	0.003	
		Partes												
Operador	Número de Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Promedio	
Galo Duque	1	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.09	18.04		18.071	
	2	18.11	18.09	18.09	18.03	18.03	18.06	18.04	18.11	18.09	18.04		18.069	
	3	18.11	18.09	18.07	18.05	18.03	18.02	18.04	18.12	18.09	18.04		18.067	
	Promedio	18.110	18.090	18.063	18.050	18.030	18.047	18.040	18.117	18.090	18.040	X-bar	18.0577	
	Rango	0.000	0.000	0.020	0.030	0.000	0.040	0.000	0.010	0.000	0.000	R-bar	0.010	
		Partes												
Operador	Número de Medidas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Promedio	
Operador	1	18.10	18.09	18.07	18.06	18.03	18.03	18.04	18.12	18.09	18.06		18.071	
	2	18.11	18.09	18.07	18.05	18.05	18.06	18.05	18.09	18.09	18.04		18.070	
	3	18.11	18.09	18.07	18.06	18.03	18.06	18.04	18.12	18.09	18.04		18.071	
	Promedio	18.107	18.090	18.070	18.057	18.037	18.050	18.043	18.110	18.090	18.053	X-bar	18.071	
	Rango	0.010	0.000	0.000	0.010	0.020	0.030	0.010	0.030	0.000	0.040	R-bar	0.015	
	Promedio Partes	18.109	18.090	18.068	18.056	18.032	18.052	18.041	18.113	18.091	18.044	rp	0.0e1	
					R & R	0,03				% Ve	21,2%	re-ear	0.0093	
Variación del Equipo:	0,0286				Part Var:	0,13				% VO	4,6%	x-Dif	0.0030	
Variación del Operador:	0,0062				Total Var:	0,13				% GRR	21,6%	UCLr	0.024	
	0,00663					0,01				% VP	97,6%	LCLr	0.000	
	0,0012					0,03						Max Rango	0.040	
					Criterio <	30%						Estable?	No	
										Pasa/Falla		Aceptable		
										ndc =	6	Aceptable		

Figura 60: **Resultados – repetitividad y reproductividad**
Fuente: Autor

4.5.2 Promedio de piezas

Con el cuadro se puede verificar los valores de los promedios de las piezas:

Cuadro 90: **Promedio de piezas**

Partes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Operador 1	18,11	18,09	18,07	18,06	18,03	18,06	18,03	18,04	18,09	18,04
Operador 2	18,11	18,09	18,06	18,05	18,03	18,05	18,03	18,04	18,09	18,04
Operador 2	18,11	18,09	18,07	18,06	18,04	18,05	18,03	18,04	18,09	18,05

Fuente: Autor

4.5.3 Gráfica de promedios de medición de diámetros

Se puede observar que el operador C no tiene definido la metodología al momento de realizar las mediciones, como se puede apreciar en el punto1, punto 8 y punto 10, este operador no se pone de acuerdo en las mediciones obtenidas por el operador A y B, los mismos que si tienen el mismo dominio con el instrumento y la metodología al momento de medir, se aprecia en la figura 61.

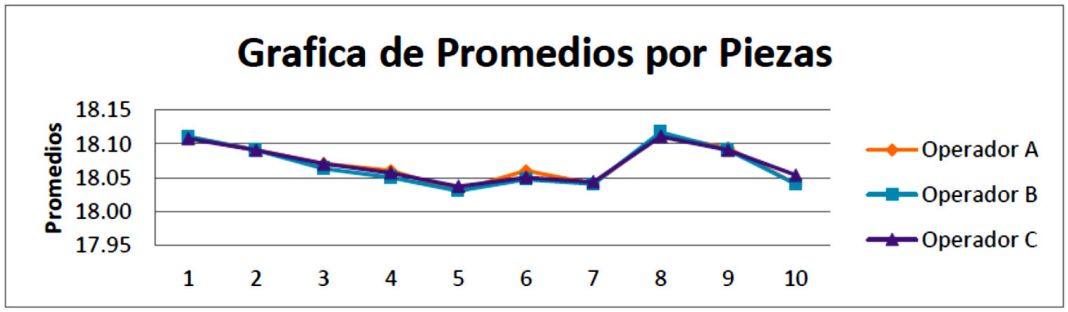


Figura 61:**Promedio por piezas**
Fuente: Autor

4.5.4 Control de calidad promedios y rangos

Se analizó por medio de pesos, cuál será el ideal para perforar la placa de acero A-36 de 20mm de espesor, por medio de la broca guía de ¼, y broca de ⅛ los criterios podemos observar en la figura 62.

TABLA DE VALORACIÓN DE CALIDAD	
#	Criterio
1	Fuera del limite de especificación
2	Especificación en el límite
3	Especificación dentro de los limites de especificación
4	Especificación en el límite de control
5	Especificación dentro de los límites de control y acabado correcto
6	Acabado bueno
7	Acabado aceptable
8	Acabado pobre
9	Pésimo acabado

Figura 62: **Valoración de la calidad**
Fuente: Autor

4.5.4.1 Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 2kg

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 2 kg con una broca guía de ¼, no se cumple la especificación en la longitud, es una perforación pasante, pero con la fuerza de 2 kg no se obtiene el resultado esperado.

El índice de proceso no capaz es por la variación en la especificación ya que los valores obtenidos están por fuera de los límites de control.

Aplicando la fuerza de 2 kg no se puede realizar este proceso.

Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 3kg

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 3kgf, con una broca guía de ¼, no completa su recorrido total, también se puede observar el acabado de la pieza hasta donde ingresa el recorrido.

El índice de proceso no capaz es porque no se logró cumplir con la especificación.

Los límites de control que se ejecutan con la fuerza aplicada están fuera de los límites de control requeridos para esta operación.

Aplicando la fuerza de 3 kg no se puede realizar este proceso.

Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 4kg

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 4kgf, el acabado de la placa es aceptable y está dentro de los límites de control según la tabla de valoración.

El índice de proceso es capaz, porque se obtuvo una mínima variación en el proceso.

Los límites de control que se ejecutan están dentro de los límites de control requeridos para esta operación.

4.5.4.2 Control de promedios y rangos con una broca guía de 1/4 y peso de 5kg

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 5 kg, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

El índice de proceso no capaz, es por la variación de acabado al aplicar la fuerza de 5 kg.

Los límites de control que se ejecutan están fuera de los límites de control para esta operación.

No es recomendable utilizar esta fuerza para el proceso, se observa que la velocidad en el recorrido se incrementa y no se obtiene una perforación aceptable.

4.5.4.3 Control de promedios y rangos con una broca de 18mm y peso de 2kg

Se observa que al realizar el proceso de perforado aplicando una fuerza de 2 kg, el acabado de la placa no es aceptable según la tabla de valoración. Se observan rebabas y mala conformación.

El índice de proceso no capaz es por la variación de acabado al aplicar la fuerza de 2 kg.

Los límites de control que se ejecutan están fuera de los límites de control para esta operación.

Aplicando la fuerza de 2 kg no se puede realizar este proceso.

4.6 Verificación de las Hipótesis:

Hipótesis General

Es posible diseñar un modelo biomecánico – ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones.

4.6.1 Comprobación de la Hipótesis general

Mientras aumenta el grado de lateralidad izquierda del operario del taladro de pedestal crece el riesgo de lesiones musculo esqueléticas en miembros superiores

4.6.1.1 Análisis estadístico:

Se construyó una base de datos con todas las mediciones de la posición angular relativa (ángulos) de miembros superiores, con los que se plantea:

Teniendo la variable independiente “Lateralidad” deseamos saber si está relacionada con la posición relativa (ángulos) de operadores del taladro de pedestal, expresada en el cuadro 91

Planteando las siguientes hipótesis:

Ho: La lateralidad del operario no influye con la posición relativa de miembros superiores en un operador

H1: La lateralidad del operario influye con la posición relativa de miembros superiores en un operador.

Cuadro 91: **Posición angular de miembros superiores según la lateralidad de operario**

Lateralidad	Hombro Flex-Ext	Hombro Abd-Ad	Hombro Rot-A-Gle	Hombro Rot-Pl-Hor	Codo Flex-Ext
zurdo	57	124	5	56	98
zurdo	47	48	13	41	52
zurdo	44	57	17	58	129
zurdo	44	27	27	12	74
zurdo	47	53	26	16	126
zurdo	58	70	10	55	109
zurdo	45	26	11	77	69
zurdo	47	53	26	16	126
zurdo	41	38	28	31	68
zurdo	43	59	23	54	116
zurdo	42	70	17	48	95
zurdo	41	84	14	17	110
zurdo	44	38	16	53	98
zurdo	44	28	22	28	98
zurdo	39	33	18	45	92
zurdo	45	76	16	55	123
zurdo	41	27	20	16	122
zurdo	46	63	19	46	123
zurdo	59	38	12	71	84
zurdo	51	33	13	13	62
zurdo	57	73	6	27	106
zurdo	30	41	18	68	62
zurdo	46	78	10	70	82
zurdo	47	32	19	70	72
zurdo	42	29	17	63	116
zurdo	62	83	5	21	103
zurdo	37	72	24	44	114
zurdo	48	44	12	25	105
zurdo	38	27	5	12	93
zurdo	43	41	14	14	99
zurdo	39	34	7	21	90

zurdo	39	33	12	14	92
zurdo	41	36	14	11	102
zurdo	48	25	8	19	99
zurdo	47	34	15	19	102
zurdo	48	39	11	12	108
zurdo	44	32	10	17	107
zurdo	40	42	9	17	90
zurdo	44	32	7	21	99
zurdo	40	44	10	19	93
zurdo	40	26	5	11	89
zurdo	40	44	7	20	95
zurdo	41	27	15	18	90
zurdo	48	39	11	18	99
zurdo	45	38	14	22	91
zurdo	57	27	13	20	98
zurdo	47	32	11	13	106
zurdo	44	34	15	21	104
zurdo	44	38	8	19	94
zurdo	47	34	10	16	94
zurdo	58	28	11	20	102
zurdo	40	29	15	16	88
zurdo	47	35	11	16	92
zurdo	41	27	7	18	91
zurdo	57	43	7	18	109
zurdo	47	43	8	10	92
zurdo	44	36	12	16	110
zurdo	44	26	5	15	98
zurdo	47	38	13	16	97
zurdo	58	40	9	24	100
zurdo	40	41	13	19	105
zurdo	47	34	7	12	107
zurdo	41	26	11	23	95
zurdo	33	24	5	14	108
zurdo	25	23	11	9	98
zurdo	32	23	11	10	100
zurdo	21	29	11	7	102
zurdo	21	28	9	7	105
zurdo	30	20	5	14	113
zurdo	39	22	10	12	90
zurdo	36	20	7	11	99
zurdo	34	29	8	15	115
zurdo	30	5	12	12	92
zurdo	32	10	6	8	98
zurdo	31	9	11	12	100
zurdo	24	5	6	12	92

zurdo	27	6	5	11	95
zurdo	27	8	9	10	101
zurdo	23	10	5	10	100
zurdo	30	9	9	14	100
zurdo	23	7	6	13	95
zurdo	37	8	12	8	110
zurdo	35	9	11	13	92
zurdo	35	7	9	13	120
zurdo	22	6	7	7	108
zurdo	29	8	12	15	110
zurdo	27	10	11	9	90
zurdo	40	10	10	12	103
zurdo	22	5	11	15	91
zurdo	37	5	7	5	97
diestro	20	12	0	2	90
diestro	20	12	0	3	90
diestro	22	12	2	3	95
diestro	22	10	2	3	95
diestro	22	10	2	2	100
diestro	22	11	3	2	100
diestro	24	10	0	2	100
diestro	24	10	0	1	110
diestro	24	10	1	3	110
diestro	20	10	0	2	92
diestro	20	10	0	3	92
diestro	20	10	2	3	95
diestro	20	10	2	3	95
diestro	25	10	2	2	95
diestro	25	12	3	2	100
diestro	24	10	0	2	110
diestro	25	10	0	1	110
diestro	25	10	1	3	110
diestro	20	12	0	2	95
diestro	20	15	0	3	95
diestro	20	15	2	3	95
diestro	20	15	2	3	90
diestro	20	10	2	2	90
diestro	25	11	3	2	90
diestro	28	10	0	2	90
diestro	28	10	0	1	90
diestro	25	10	1	3	90

Fuente: Autor

4.6.1.2 Prueba de normalidad:

Como primer paso para corroborar o no la hipótesis planteada, analizamos la distribución de la muestra. Analizando los datos en SPSS, y planteando:

Ho: La muestra tiene una distribución normal

H1: La muestra no tiene una distribución normal

Obteniendo como resultados: los mostrados en el cuadro92:

Cuadro 92: **Resultados pruebas de normalidad**

	Kolmogórov - Smirnov			**Shapiro-Wilk**		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Hombro Flex-Ext	0,127	117	0,000	0,935	117	0,000
Hombro Abd-Ad	0,145	117	0,000	0,862	117	0,000
Hombro Rot-A-Gle	0,085	117	0,038	0,949	117	0,000
Hombro Rot-Pl-Hor	0,237	117	0,000	0,781	117	0,000
Codo Flex-Ext	0,164	117	0,000	0,937	117	0,000

Fuente: Autor

Como la muestra es mayor de 30 se usa la prueba de Kolmogórov - Smirnov, observando que $p<0,05$ para todas las variables, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa.

Observamos que la muestra no tiene una distribución normal, se procede a realizar la prueba de contraste de hipótesis, usamos la U de Mann-Whitney como se muestra en los cuadros 93 y 94:

4.6.1.3 Prueba de Mann Whitney:

Rangos:

Cuadro 93: **Rangos de Mann Whitney**

Lateralidad		N	Rango promedio	Suma de rangos
Hombro Flex-Ext	diestro	27	17,89	483,00
	zurdo	90	71,33	6420,00
	Total	117		
Hombro Abd-Ad	diestro	27	30,74	830,00
	zurdo	90	67,48	6073,00
	Total	117		
Hombro Rot-A-Gle	diestro	27	14,00	378,00
	zurdo	90	72,50	6525,00
	Total	117		
Hombro Rot-Pl-Hor	diestro	27	14,00	378,00
	zurdo	90	72,50	6525,00
	Total	117		
Codo Flex-Ext	diestro	27	51,00	1377,00
	zurdo	90	61,40	5526,00
	Total	117		

Fuente: Autor

Cuadro 94: **Estadísticos de prueba Mann - Whitney**

	Hombro Flex-Ext	Hombro Abd-Ad	Hombro Rot-A-Gle	Hombro Rot-Pl-Hor	Codo Flex-Ext
U de Mann-Whitney	105,000	452,000	0,000	0,000	999,000
W de Wilcoxon	483,000	830,000	378,000	378,000	1377,000
Z	-7,193	-4,952	-7,880	-7,873	-1,400
Sig. asintótica (bilateral)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,161

Fuente: Autor

Como se puede observar los resultados: Hombro Flex-Ext ($p<0,05$); Hombro Abd-Ad ($p<0,05$); Hombro Rot-A-Gle ($p<0,05$); Hombro Rot-Pl-Hor ($p<0,05$). Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir "La lateralidad del operario influye con la posición relativa de miembros superiores en un operador"

Para la posición relativa del codo (Codo Flex-Ext), se obtiene $p>0,05$ ($p=0,161$), por lo que se concluye que para este caso se acepta la hipótesis nula "La lateralidad del operario no influye con la posición relativa del codo"

El codo el proceso de análisis no varía su posición relativa, esta se mantiene con un ángulo recto en todo el proceso

4.6.2 Comprobación de Hipótesis especificas

HE-1: Mediante el uso de las herramientas de análisis de lateralidad test de Harris y test de Edimburgo se caracterizará a los usuarios del taladro de pedestal.

Se trabajó con un universo de 10 personas usuarios de los talleres de la U.P.S, quienes operan el taladro de pedestal, quienes aceptaron de forma verbal su colaboración es esta investigación.

Se le aplico a cada uno dos test de evaluación de la lateralidad cualitativo test de Harris y cuantitativo test de Edimburgo (50 puntos Maximino – zurdo neto), dando como resultado el cuadro 60, toda la población se categoriza como consistentemente zurda ($p<0.01$), 30% zurdos netos (Edimburgo $\geq$ 48), 40% zurdos cuasi - netos ($45 \leq$ Edimburgo < 48), 30 % zurdos ($42 \leq$ Edimburgo < 45).

Logrando así una categorización de los operarios de acuerdo a su grado de lateralidad izquierda.

HE-2: Identificadas las posturas ergonómicamente inadecuadas causadas por movimientos no programados y repetitivos de tronco y brazos, se podrá establecer una base de datos para un análisis de riesgo ergonómico.

Mediante fotometría se determinó posiciones angulares de desplazamiento de brazos los mismos que se resumen en los cuadros 83 y 84, logrando identificar por medios fotográficos las posturas ergonómicamente inadecuadas de los operarios del taladro de pedestal.

HE-3: Mediante la aplicación de los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, tomando en cuenta el grado de lateralidad del operador del taladro de pedestal se diseña un modelo de prevención de lesiones

Aplicando los resultados obtenidos de HE-2, en los modelos de análisis ergonómico RULA, REBA y OCRA, cuyos resultados se expresan en el cuadro 95:

Cuadro 95: **Resumen análisis ergonómico**

Operario	Edimburgo	OCRA	RULA	REBA
1	44	13.5	5	3
2	46	36.4	6	8
3	42	13.5	5	3
4	46	36.4	6	8
5	46	36.4	6	8
6	48	70.13	7	14
7	43	13.5	5	3
8	48	70.13	7	14
9	45	36.4	6	8
10	49	70.13	7	14

Fuente: Autor

Obteniendo: 30% riesgo muy alto (OCRA = 70,13; RULA =7; REBA = 14), 40% riesgo alto (OCRA = 36,4; RULA =6; REBA = 8) y 30 % con riesgo leve (OCRA = 36,4; RULA =5; REBA = 3)

4.6.2.1 Análisis de correlación

Se plantea como hipótesis que existe una relación muy marcada entre el grado de lateralidad y el nivel de riesgo RULA, REBA, OCRA. Esto de demuestra con un análisis Correlación de Pearson mediante el software SPSS Stadistics, dando como resultado lo expresado en los cuadros 96, 97, 98:

Cuadro 96: **Correlación Lateralidad - OCRA**

Lateralidad OCRA			
Lateralidad	Correlación de Pearson	1	0.953**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	10	10
OCRA	Correlación de Pearson	0.953**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	10	10
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).			

Fuente: Autor

Cuadro 97: **Correlación Lateralidad - RULA**

Lateralidad RULA			
Lateralidad	Correlación de Pearson	1	0.962**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	10	10
RULA	Correlación de Pearson	0.962**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	10	10
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).			

Fuente: Autor

Cuadro 98: **Correlación Lateralidad - REBA**

Lateralidad REBA			
Lateralidad	Correlación de Pearson	1	0.959**
	Sig. (bilateral)		0.000
	N	10	10
REBA	Correlación de Pearson	0.959**	1
	Sig. (bilateral)	0.000	
	N	10	10
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).			

Fuente: Autor

Lateralidad – OCRA ($r = 0.953$; $p<0.01$); lateralidad – RULA ($r = 0.962$; $p<0.01$); lateralidad – REBA ($r = 0.959$; $p<0.01$), demostrando que existe una estrecha relación entre el grado de lateralidad y el riesgo ergonómico de tener LME en miembros superiores.

4.6.3 Análisis de correlación entre Lateralidad y tiempo de cambio de postura (Tcp)

En el cuadro 99 se expresa, el tiempo que se demora un operario en cambiar de postura al momento de operar el taladro

Cuadro 99: **Lateralidad vs Cambio de postura**

	Edimburgo	Tcp (s)
1	44	40
2	46	26
3	42	48
4	46	26
5	46	25
6	48	20
7	43	38
8	48	19
9	45	30
10	49	16
Media	45.7	28.8
desv est	2.26	10.26

Fuente: Autor

4.6.3.1 Correlación combinada Lateralidad – Riesgo ergonómico – Tiempo cambio de postura

El cuadro 100 resume los valores de lateralidad, resultados obtenidos de la valoración del riesgo ergonómico y el cambio de postura por operario, tomados como base para correlacionarlos entre sí y cuyo resultado se lo expresa en el cuadro 101.

Cuadro 100: **Lateralidad - Riesgo - Cambio de postura**

Edimburgo	OCRA	RULA	REBA	Tcp (s)
44	13.5	5	3	40
46	36.4	6	8	26
42	13.5	5	3	48
46	36.4	6	8	26
46	36.4	6	8	25
48	70.13	7	14	20
43	13.5	5	3	38
48	70.13	7	14	19
45	36.4	6	8	30
49	70.13	7	14	16

Fuente: Autor

Cuadro 101: **Correlación Lateralidad - Riesgo - Cambio de postura**

	Edimburgo	OCRA	RULA	REBA	Tcp (s)
Edimburgo	1				
OCRA	0.9528	1			
RULA	0.9620	0.9928	1		
REBA	0.9594	0.9980	0.9984	1	
Tcp (s)	-0.9741	-0.9141	-0.9416	-0.9302	1

Fuente: Autor

Como $r < 0$ concluimos que hay las variables lateralidad y tiempo de cambio de postura se correlacionan en sentido inverso, es decir a valores altos de lateralidad corresponder valores bajos tiempo de cambio de postura.

4.7 Propuesta de modelo biomecánico-ergonómico del movimiento de tronco y brazos de operarios zurdos en el uso del taladro de pedestal como medio de prevención de lesiones

El modelo biomecánico ergonómico propuesto, tiene la forma que se especifica en la siguiente figura:

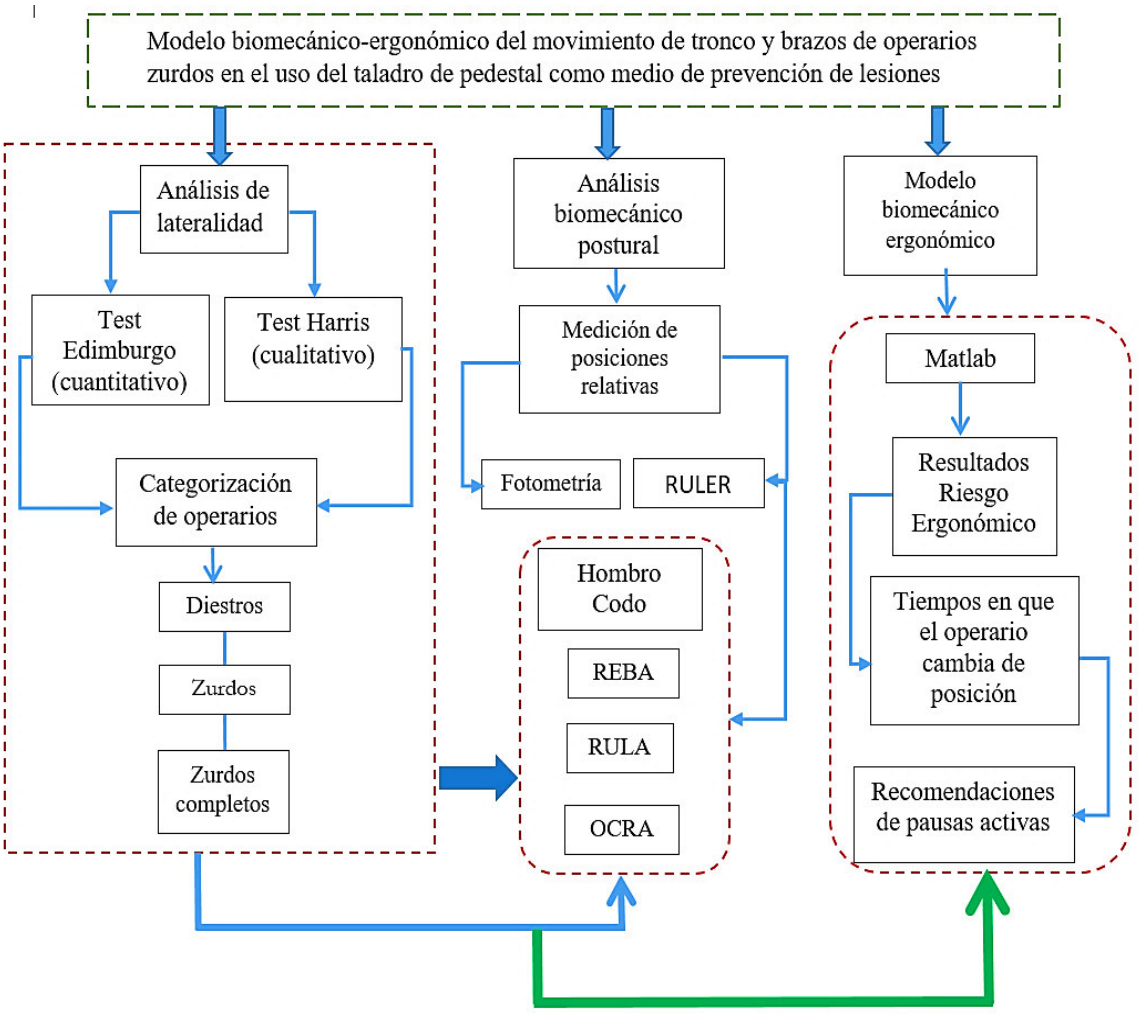


Figura 63: **Esquema Modelo biomecánico – ergonómico**
Fuente: Autor

4.7.1 Análisis previo del puesto de trabajo:

4.7.1.1 Descripción del puesto de trabajo

El desarrollo del modelo se lo realizó en los talleres de máquinas herramientas de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, la máquina herramienta utilizada es un taladro de pedestal 16mm Choque 5/8" 1/2hp Marca Rong Long, con 3 años de uso (ilustración 1). La disposición de la máquina de prueba es óptima con espacio disponible de aproximadamente 2,2 m^2 para que el operario realice los movimientos de trabajo y tenga disponibilidad de cambios de posturas.



Figura 64: **taladro de pedestal utilizado en el estudio**
Fuente: Autor

Se propone una evaluación previa del puesto de trabajo, mediante una serie de preguntas (cuadro 102) que serán respondidas por el operario, antes de comenzar su trabajo. Las mismas que serán tomadas en cuenta para verificar la factibilidad de la operación.

Cuadro 102: **Encuesta de evaluación previa del puesto de trabajo**

Ítems de evaluación previa	**Cumple**	**No cumple**	**Observaciones**
Las herramientas y materiales a ser manipulados están situados de forma que el operario mantiene una postura de trabajo adecuada			
El espacio que posee el operador es apto para que pueda practicar los movimientos que el trabajo exija y alternar posturas con facilidad			
El operario puede manipular y adaptar el taladro a sus necesidades.			
El ambiente de trabajo es óptimo en donde no existen interferencia, excesivo ruido, alta temperatura ambiental, otros.			
Posibilidad de sufrir una lesión repentina (elementos peligrosos cerca de la máquina)			
Conoce el trabajo realizar: incluye planificación, preparación, inspección, producto a obtener, operación de la máquina y materiales, además de la tarea principal.			

Fuente: Autor

4.7.1.2 Pasos usados en la construcción del modelo:

Paso 1: Estudio de la lateralidad:

Se selecciona a los operarios quienes manifestaban tener lateralidad izquierda, para categorizarlos según su grado de lateralidad, se evalúa por escrito mediante: prueba de Harris **Fuente especificada no válida.** (Mayolas, 2014) y test de Edimburgo (Fernández y colaboradores, 2012) (Zurita & colaboradores, 2014)

El protocolo de Edimburgo es un test que evalúa la lateralidad en forma cuantitativa [10, 50] puntos que se los interpreta: 50 punto corresponde a "Consistentemente zurdo*"* y 10 puntos corresponde "Consistentemente diestro*"*.

El test de Harris evalúa la lateralidad la lateralidad en forma cualitativa incluyendo pie - ojo, con resultados D.D.D.D corresponde a diestro completo y I.I.I.I corresponde a zurdo completo.

Ya realizado los dos test, a las personas involucradas se les categoriza dependiendo de su grado de lateralidad. (Cuadro103).

Cuadro 103: **Formato para categorizar a los operarios según su lateralidad**

Operario	Test Edimburgo		Test Harris	
	Puntaje	Lateralidad	Puntaje	Lateralidad
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Fuente: Autor

En las figuras 65 y 66, se detalla el modelo de test de lateralidad utilizado para la evaluación de los operarios, se aclara que los mismo son utilizados para evaluar adultos.

EDINBURGH HANDEDNESS INVENTORY

(Oldfield, 1971; Bryden, 1977)

Nombre: Varón [ ] Mujer [ ]
Fecha: F. nacimiento: Edad:
Estudios/Profesión: Observaciones:

INSTRUCCIONES: *Marque la casilla correspondiente con*

+ *una cruz, si es la mano que utiliza de modo preferente.*
++ *dos cruces, si es la mano que utiliza de modo muy preferente y además le resultaría imposible o muy difícil hacerlo con la otra mano.*
+ *una cruz, en las dos casillas cuando pueda hacerlo tan bien tanto con una mano como con la otra.*

¿QUÉ MANO UTILIZA PARA?	DERECHA	IZQUIERDA	Puntos
1. Escribir			1-2-3-4-5
2. Dibujar			1-2-3-4-5
3. Lanzar un objeto			1-2-3-4-5
4. Limpiarse los dientes			1-2-3-4-5
5. Utilizar un cuchillo (sin tenedor)			1-2-3-4-5
6. Cortar con tijeras			1-2-3-4-5
7. Comer con la cuchara			1-2-3-4-5
8. La mano que coloca en la parte superior de la escoba para barrer			1-2-3-4-5
9. Rascar una cerilla			1-2-3-4-5
10. Levantar la tapa de una caja			1-2-3-4-5

Puntos: 5 si ++ sólo en mano izquierda
4 si + sólo en mano izquierda
3 si + en manos izquierda y derecha
2 si + sólo en mano derecha
1 si ++ sólo en mano derecha

Consistentemente zurdo/a: 50 ptos (Máximo)
Consistententemente diestro/a: 10 ptos (Mínimo)

Figura 65: **Test de Edimburgo**
Fuente: http://www.neuropsicol.org/Protocol/oldfield.pdf

TEST DE HARRIS (OBSERVACIÓN DE LA LATERALIDAD)

Adaptación del "Harris Test of Lateral Dominance"

NOMBRE Y APELLIDOS: .....

DOMINANCIA DE LA MANO	DER.	IZQU.
1.- Tirar una pelota		
2.- Sacar punta a un lapicero		
3.- Clavar un clavo		
4.- Cepillarse los dientes		
5.- Girar el pomo de la puerta		
6.- Sonarse		
7.- Utilizar las tijeras		
8.- Cortar con un cuchillo		
9.- Peinarse		
10.- Escribir		
DOMINANCIA DEL PIE	**DER.**	**IZQU.**
1.- Dar una patada a un balón		
2.- Escribir una letra con el pie		
3.- Saltar a la pata coja unos 10 metros		
4.- Mantener el equilibrio sobre un pie		
5.- Subir un escalón		
6.- Girar sobre un pie		
7.- Sacar un balón de algún rincón o debajo de una silla		
8.- Conducir un balón unos 10 mts.		
9.- Elevar una pierna sobre una mesa o silla.		
10.- Pierna que adelantas al desequilibrarte adelante		
DOMINANCIA DEL OJO	**DER.**	**IZQU.**
1.- Sighting (cartón de 15 x 25 con un agujero en el centro de 0,5 cm diamétro)		
2.- Telescopio (tubo largo de cartón)		
3.- Caleidoscopio - Cámara de fotos		
DOMINANCIA DEL OÍDO	**DER.**	**IZQU.**
1.- Escuchar en la pared		
2.- Coger el teléfono		
3.- Escuchar en el suelo		

VALORACIÓN:

PREFERENCIA DE MANO Y PIE:

D: cuando efectúa las 10 pruebas con la mano o pie derecho
d : 7, 8, ó 9 pruebas con la mano o pie derecho
A o M: todos los demás casos.
I : Idem pero con la mano o pie izquierdo
i : Idem pero con la mano o pie izquierdo

PREFERENCIA DE OJOS Y OÍDOS:

D: si utiliza el derecho en las tres pruebas
d : si lo utiliza en 2 de las 3
I : si ha utilizado el izquierdo en las tres pruebas
i : si lo ha utilizado en 2 de las 3
A o M: todos los demás casos.

CONCLUSIONES:

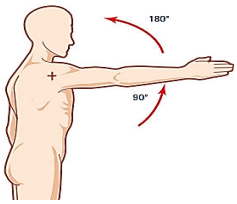
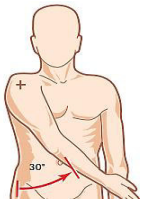
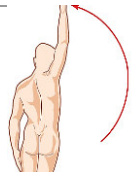
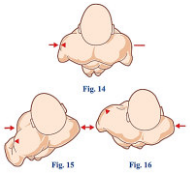
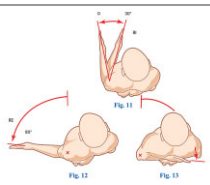
Para un diestro completo: D.D.D.D.
Para un zurdo completo: I.I.I.I.
Para una lateralidad cruzada D.I.D.I.
Para una lateralidad mal afirmada:d.d.D.d
Etc.

Figura 66: **Test de Harris**
Fuente: http://eslaweb.com/verDoc.aspx?id=1856&tipo=2

Paso 2: Obtención de datos para análisis postural:

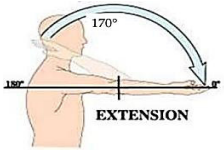
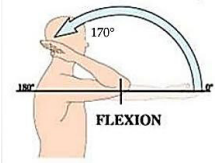
Con fotos de las posturas de los individuos de prueba y el programa de computador RULER, se procede a medir ángulos de brazos, en los cuadros 104 y 105, se detalla la plantilla para recopilar medidas de ángulos en miembros superiores:

Cuadro 104: **Plantilla medida de ángulos - Hombro**

Movimiento del hombro	**Referencia**	θ
Flexión - extensión		
Aducción		
Abducción		
La rotación glenohumeral		
Movimientos del muñón del hombro en el plano horizontal		

Fuente: Autor

Cuadro 105: **Plantilla medida de ángulos - Codo**

Movimiento	**Referencia**	**θ**
Codo		
Codo		

Fuente: Autor

En las ilustraciones se observa ejemplos de mediciones de ángulos en miembros superiores, de operarios de lateralidad 48, usando RULER.

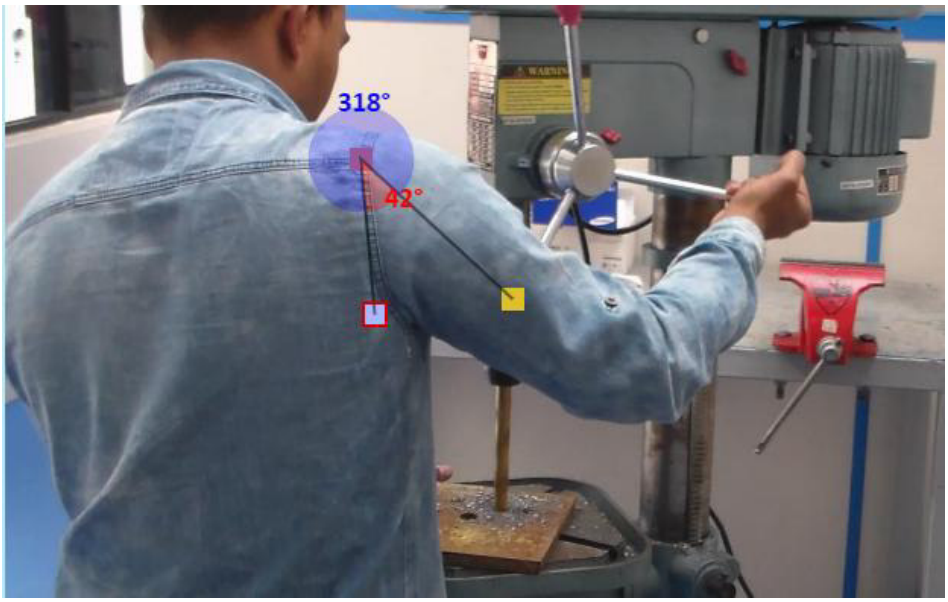


Figura 67: **Ejemplo 1 de medición de ángulos con RULER**
Fuente: Autor



Figura 68: **Ejemplo 2 de medición de ángulos con RULER**
Fuente: Autor

Paso 3: medición del riesgo ergonómico, utilizando los modelos RULA, REBA y OCRA

Con los datos obtenidos en el cuadro 88, construimos una base de datos para la aplicación en hojas de cálculo los modelos REBA, RULA Y OCRA.

Mediante un análisis de correlación de Pearson, planteando las hipótesis:

H_0: las variables Lateralidad y riesgo ergonómico (RULA, REBA, OCRA) son independientes.

H_1: las variables Lateralidad y riesgo ergonómico (RULA, REBA, OCRA) están relacionadas

Si se comprueba H_1 con una correlación directa de lateralidad y riesgo ergonómico (RULA, REBA, OCRA), se continua con el modelo caso contrario, se revisa las mediciones de posturas y recalculo del riesgo ergonómico, y si es necesario se repite el proceso.

Paso 4: Medición del tiempo de cambio de posición:

Para cada operador individualmente se toma el tiempo en el que deja de utilizar una postura para cambiar a otra diferente, esta medición se la realizó con un cronómetro digital Cronómetro Deportivo Digital Profesional marca Leap. Completando la plantilla (cuadro 106) que se ejemplifica:

Cuadro 106: **Plantilla medición de tiempos de cambio de posición**

Ángulos(°)									
	Tiempo (segundos)								
Intervalos:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Duración del intervalo									
Movimiento del miembro superior									
Flexo - extensión									
Aducción									
Abducción									
Rotación - articulación glenohumeral									
Rotación - plano horizontal:									
codo - extensión									
codo - flexión									

Fuente: Autor

Para comprobar si existe relación entre tiempo de cambio de posición y el grado de lateralidad del operario, correlacionamos mediante un análisis de correlación de Pearson, planteando las hipótesis:

H_0: las variables Lateralidad y tiempo de cambio de posición son independientes.

H_1: las variables Lateralidad y tiempo de cambio de posición están relacionadas

Se tiene como expectativa que las dos variables se correlacionen en sentido inverso, es decir a valores altos de lateralidad corresponder valores bajos tiempo de cambio de postura, es decir un zurdo completo cambia más rápido de postura (que es lo que se observó en la parte experimental).

Paso 5: Uso de pausas activas como medio de prevención de lesiones:

4.8 Descripción pausas activas

Según (Casto, y otros, 2011) "Las pausas activas se entienden como aquellos períodos de descanso en los cuales las personas realizan una serie de actividades y acciones que les permiten a diferentes partes del cuerpo un cambio en su rutina habitual, con el fin de prevenir la aparición de problemas o desórdenes en diferentes grupos musculares y articulares, además de reactivar o mejorar la atención y la producción en las diferentes tareas".

Como medio de prevención de malestares y también de enfermedades de los obreros se utilizan las Pausas activas (Díaz, Mardones, Mena, Rebolledo, & Castillo, 2011) (Casto, y otros, 2011).

4.8.1 Propuesta de pausas activas

Para el modelo se propone un programa de pausas activas basado en los tiempos medidos experimentalmente mencionados en el ítem anterior, y se detalla en el cuadro 107:

Cuadro 107: **Pausas activas según el grado de lateralidad de operario**

Lateralidad	Rango de tiempo cambio posición (s)	Recomendación de pausa activa
47 - 50	[15;20]	Descanso mínimo de 45 segundos al sentir molestia + movimientos de relajación
45 - 46	[25;40]	Descanso mínimo de 30 segundos al sentir molestia + movimientos de relajación
41 - 44	[45;70]	Descanso de 15 segundos al sentir molestia
35 – 40	[180;240]	Movimientos de relajación 10 segundos
30 – 34	Tiempo de mecanizado	Ninguna

Fuente: Autor

4.8.2 Programa da apoyo:

Con el apoyo del software Matlab se elaboró un programa en el que recopila todos los ítems propuestos para el modelo y se muestran las capturas de pantalla del programa en las ilustraciones.

4.8.2.1 *Para diestros: 30<lateralidad<35*

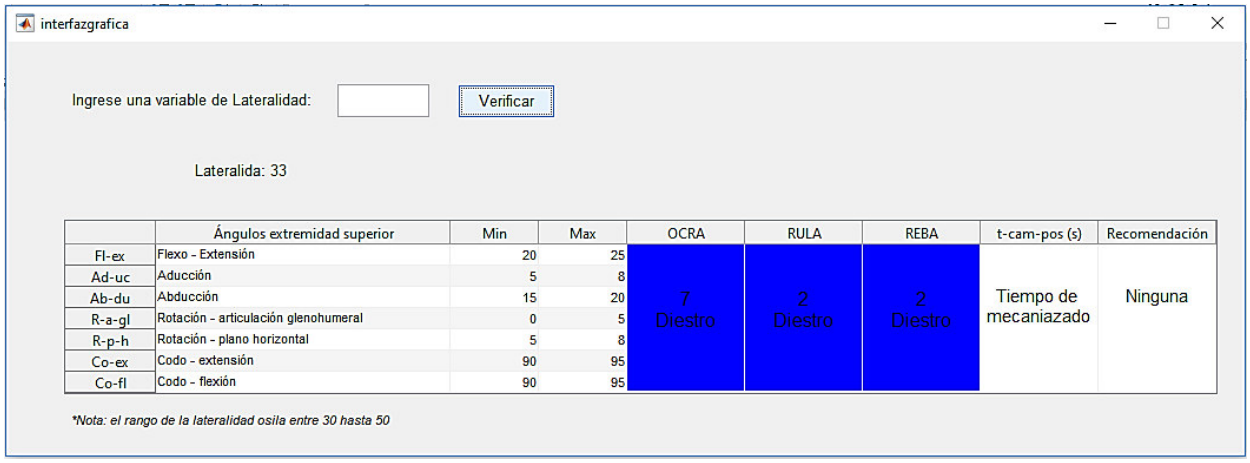


Figura 69: **Resultado del modelo para lateralidad entre [36,40]**
Fuente: Autor

4.8.2.2 <u>Para zurdos: 36<lateralidad<40:</u>

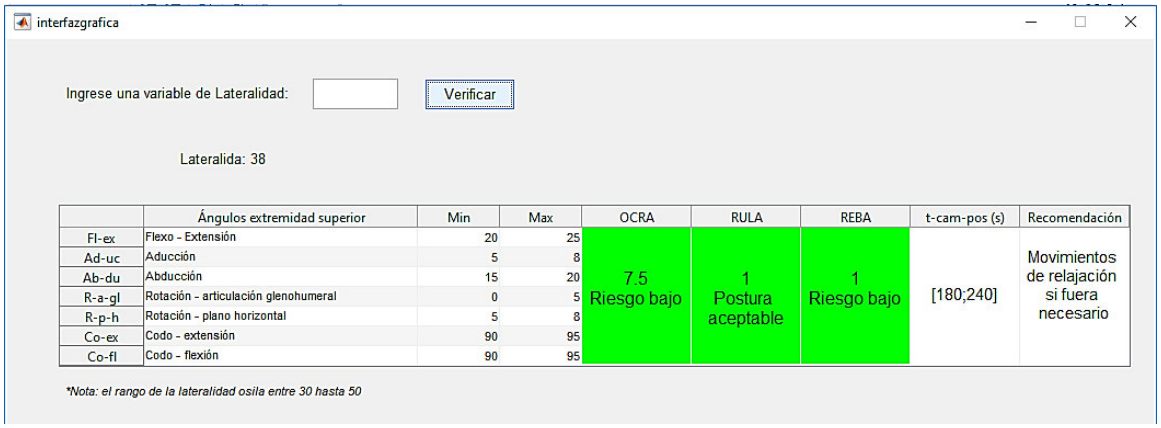


Figura 70: **Resultado del modelo para lateralidad entre [36,40]**
Fuente: Autor

4.8.2.3 <u>Para zurdos: 41<lateralidad<45:</u>

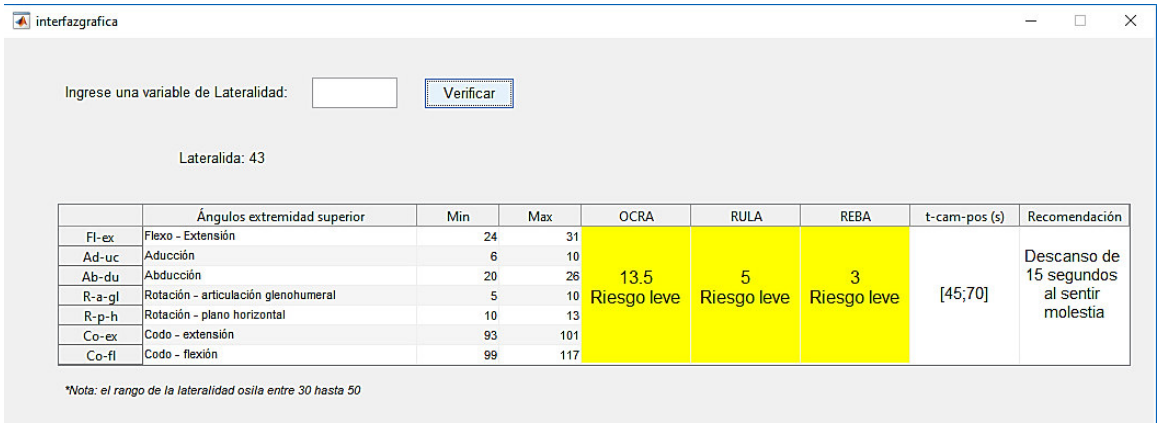


Figura 71: **Resultado del modelo para lateralidad entre [41,45]**
Fuente: Autor

4.8.2.4 <u>Para zurdos completos 46<lateralidad<50:</u>

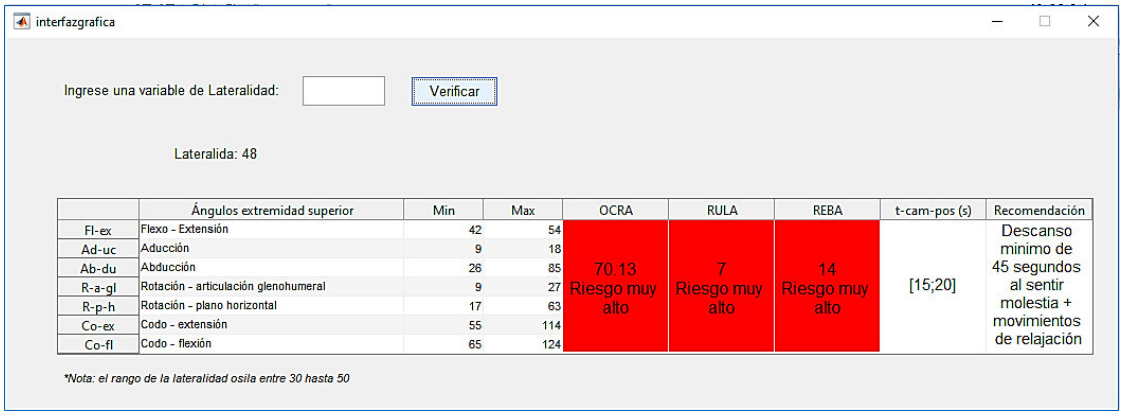


Figura 72: **Resultado del modelo para lateralidad entre [46,50]**
Fuente: Autor

5. CAPÍTULO V: IMPACTOS

El proyecto ejecutado expone que un operario de taladro de pedestal con lateralidad izquierda, por su naturaleza mismo adopta posturas incorrectas, lo que origina un riesgo para contraer LME básicamente en brazos y hombros, respecto a cintura y piernas, estas no contribuyen a la experiencia debido a que su posición no cambió radicalmente de la posición anatómica.

Con una encuesta verbal rápida después de realizar el ejercicio los operarios declararon su desagrado siendo su premisa "*es difícil ya que los controles de la máquina están al lado contrario y la debemos operar con el brazo que no tenemos fuerza"*.

Respecto a las variables: edad del operario y experiencia en el uso del taladro, co relacionándolas con los estudios de riesgo ergonómico (REBA, RULA y OCRA), no se mostró correspondencia estadística significativa entre los resultados, la causa de esto puede ser que tanto REBA, RULA y OCRA Check List son métodos que manejan variables totalmente diferentes a las antes mencionadas.

En toda empresa que tiene máquinas usadas para producción, es muy común que los operarios realicen movimientos repetitivos, provocando demandas físicas que muy a menudo superan los potenciales del trabajador apareciendo fatiga (Mutual, 2001), si no se adquieren los correctores urgentes inclusive se puede conseguir reducir significativamente la calidad de trabajo, incluso causar una incapacidad temporal o permanente en la cumplimiento del trabajo ordenado. (Silverstein & et-al, 1986) (Wikstrom & et-al, 1994)

5.1 Conclusiones

Se categorizó en función de su grado de lateralidad a los operarios del taladro de pedestal mediante el test de Harris (categorización cualitativa) y el test de Edimburgo (categorización cuantitativa). De los operarios analizados el 100% son zurdos completos según Harris y consistentemente zurdos según Edimburgo, para la investigación se tomó en cuenta a los operarios con mayor grado de lateralidad ya que estos son los más predispuestos a cambiar su postura cuando operan el taladro de pedestal.

Se identificó las posturas ergonómicamente inadecuadas mediante fotometría y con el apoyo del software RULER para la medición de los ángulos de movimiento de hombro y codo, generando una base de datos útiles para el uso de los modelos de análisis ergonómico REBA, RULA y OCRA, con los resultados obtenidos se correlacionó con el grado de lateralidad de cada operario dando como resultado que mientras más alto es el grado de lateralidad el riesgo de LME crece.

Se obtuvo un modelo mediante un programa hecho con el software Matlab el mismo que vincula los resultados del riesgo ergonómico REBA, RULA y OCRA con el tiempo de cambio de posición y recomendaciones de pausas activas, todo esto teniendo como variable de entrada la lateralidad del operario del taladro de pedestal.

Bibliografía

AEE. (2016). *http://www.ergonomos.es*. Obtenido de http://www.ergonomos.es/ergonomia.php

Almirall, P., & Alvarado, C. (2004). Evaluación ergonómica. Su aplicación en la industria de San Pedro Sula. *Revista Cubana de Salud y trabajo*, 4-9.

Álvarez, A., & Astasio, P. (2011). Caracterización de los efectos posturales en escolares de 9 a 15 años de la comunidad de Nadrid: análisis de los factores implicados en la desestabilización postural. *Revista de la Universidad Complutense de Madrid*, 187.

Amunts, K., Jancke, L., Mihlberg, H., Steinmetz, H., & Zilles, K. (2000). Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handeness and gender. *Neuropsych*, 304 - 312.

Armstrong, T., & Silverstein, B. (1987). *Upper Extremitypain in workplace - role o usage in causality.* Orlando: Norton Hadler.

Asencio, S., Basante, M., & Diego, J. (2012). *Evaluación ergonómica del puesto de trabajo.* Madrid: Paraninfo.

Asencio, S., Diego, J., & Alcaide, J. (2008). Estudiode la aplicabilidad práctica de los métodos de evaluación de puestos de trabajo. *XII Congreso Intede Proyectosrnacional de Ingeniería.* Zaragoza.

Barrientos, G., Quiroz, L., & Saenz, M. (2002). Simulación Numérica de la Biomecanica del Hombro. *Mecánica Computacional*, 2505 - 2518.

Bejarano, M., & Naranjo, J. (2014). Lateralidad y rendimiento deportivo. *Archivos Mededicos del Deporte*, 200-204.

Bernard, B. (1997). *Musculoskeletal disorder and workplace factors: A critica reviewof epidemiological evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back.* Cincinatti, Ohio: National Institute for Ocupational Safety and Heald (NIOSH).

Betancourt-León, H., Aréchiga-Viramontes, J., & Ramírez-García, C. (2011). Proporcionalidad corporal de estudiantes cubanos de danza clásica, moderna y floclórica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 93 - 102.

Borg, G. (1998). *Borg`s Percived Exertion and Pain Scales.* Chanpaign.

Brusasca, M., Mabel, L., & Portellano, J. (2007). Neuropsicología de la lateralidad:Ealuación de preferncia y desempeño manual. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 500 - 505.

Cañizares, J., & Carbonero, C. (2016). *CAPACIDADES PERCEPTIVO MOTRICES, ESQUEMA CORPORAL Y LATERALIDAD EN LA INFANCIA.* Sevilla: WANCEULEN Editoria Deportiva.

Carazo, M. (2003). *Máquinas Herramientas Apuntes de taller -2* . Barcelona: Edicions UPC.

Carmenate, L., Moncada, F., & Borjas, E. (2014). *Manual de Medidas Antropométricas.* Costa Rica: SALTRA Publicaciones.

Castiblanco, J., Silva, E., Acosta, L., & Campos, A. (2013). Caracterización postural en los pre-adolecentes del colegio Santo Tomás de Aquino en la ciudad de Bogotá. *Movimiento Científico*, 105 - 113.

Castilla, O. (1999). El mundo del zurdo. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 166 -169.

Castilla, O. (1999). El mundo zurdo. *Revsita Colombiana de psiquiatria*, 166-169.

Casto, E., Munera, J., San Martín, M., Valencia-Zuluaga, N., Valencia-Gil, N., & González, E. (2011). Efectos de un programa de pausas activas sobre la percepción de des+órdenes músculo-esqueléticos en trabajadores de la Universidad de Antoquia. *Revista Educación física y deporte*, 389-399.

Chaitow, L., & Delany, W. (2007). *Aplicación clínica de las técnicas neuromusculares: Parte superior del cuerpo.* Barcelona: Paidotribo.

Clarkson, H. (2003). *Proceso evaluativo musculo esquelético.* Barcelona: Paidotribo.

Colombini, D. (1998). An Observational Method for Clasifying Exposure for Repetitive Movements of the Upper Limbs. *Ergonomicas*, 1261 - 1289.

Colombini, D., Occchipinti, E., & Grieco, A. (2002). *Risk asessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs.* Elsevier.

Coren, S., & Halpern, D. (1991). Left handedness: A maker for decreased survival fitness. *Psychological Bulletin*, 90-106.

Coren, S., & Previc, F. (1996). Handness as a predictor of increased risk of knee, elbow or shoulder injury, fractures and brokes bone. *Laterality*, 139-152.

Cuencas, R., Von Seggern, B., Toledo, R., & Harrel, E. (1990). El inventario de Edimburgo: Evaluación de la lateralidad cerebral en una población mexicana. *Salud Mental*, 11 - 17.

Cunha, H. (2001). *Prólogo de Posturología de Gagey et Bernard.* Bogotá: Masson.

Darby, F. (1998). Biomecánica. En W. Laurig, & J. Vedder, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (págs. 35 -38). MTASSG Publicasiones.

DePedro, A., & Castro, J. (2017). *Valoración e Intervención de la Actitud Postural en la Estática en la Población Escolar 10- 13AÑOS.* Sevilla: WANCEULEN S.L.

Díaz, X., Mardones, M., Mena, C., Rebolledo, A., & Castillo, M. (2011). Pausa activa como factor de cambio en actividad fpisica en funcionarios públicos. *Revista Cubana de Salud Pública*.

Diego-Mas, J. (2015). Evaluación del riesgo por movimientos repetitivos mediante el Check List Ocra. . *Ergonautas*.

Diego-Mas, J. (2015). Evaluación postural mediante el método REBA. *Ergonautas*.

Diego-Mas, J. (2015). Evaluación postural mediante el método RULA. *Ergonautas*.

EPM. (enero de 2008). *www.epmresearch.org*. Obtenido de www.epmresearch.org/html/ocra/d-how_to_apply_the_ocra_checklist_OCRA_checklist-methods_criteria.html

ergonautas. (20 de marzo de 2018). *https://www.ergonautas.upv.es*. Obtenido de https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php

Ergonautas. (2018). *https://www.ergonautas.upv.es*. Obtenido de https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php

Estrada-Muñoz, J. (2015). *Ergonomía Básica.* Bogotá: editorial de la U.

Fernandez de Juan, T. (2001). *Zurdos y Derechos: Manual para el estudio de los izquierdos.* México: Plaza y Valdez editores.

Fernández-Sánchez; y colaboradores. (2012). *Apunts. Medicila de l Esports*, 243 - 249.

G.D.C. (2006). *Manual per la identificació i avaluació de riscos laborals.* Catalunya: Generalitat de Catalunya.

Gallo, L. (2006). El ser corporal en el mundocomo punto de partida en la fenomenología de la existencia corpórea. *Pensamiento Educativo*, 46 - 61.

García, J., & Hurlé, J. (2013). *Anatomía humana.* España: McGraw Hill.

Gerling, H. (2006). *Alrededor de las máquinas herramientas.* Barcelona, España: Reverté.

Ginjaume, A., & Torre, F. (2005). *Ejecución de procesos de Mecanizado, Conformado y Montaje.* Madrid - España: Paraninfo.

Gómez-Conesa, A., & Martínez-González, M. (2002). Ergonomía. Historia y ámbitos de aplicación. *Fisioterapia*, 3-10.

González, D. (2006). *Ergonomía y Psicología.* Madrid: Editorial FC.

González, H., Nápoles, A., & Sánchez, A. (2018). Estimación de la maquinabilidad mediante monitorización del taladrado. *DYNA - Ingeniería e Industria*, 663 - 667.

González-Maestre, D. (2008). *Ergonomía y Psicosociología.* Madrid: Editorial FC.

Gowitzke, B., & Milner, M. (2014). *El cuerpo y sus movimientos. Bases cientìficas.* Barcelona: Paidotribo.

Harris, A. J. (1961). *Manuel d'application des tests de latéralité.* París: C.P.A.

Hignet, S., & McAtemmey, L. (2000). Rapid Entire Body Assement (REBA). *Applied Ergonomics*, 201 - 205.

IBV. (1998). *Biomecánica articular y sustituciones potésicas.* Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.

ISO-11226. (2000). Ergonomics - Evaluation of static working postures. ISO.

ISO-7250-1. (2010). Basic human body measurements for technological desig - Part 1: Body measurements definitions and land marks. ISO.

Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y Bases Neuronales de la Actividad Física y el Deporte.* Madrid: Médica Panamericana.

Jourrnet, G. (1984). *La mano y el lenguaje. La dislateralización.* Barcelona: Herder.

Jouvencel, M. (1994). *Ergonomía Básica aplicada a la medicina del trabajo.* Madrid: Diaz de Santos.

Kapandji, A. (2006). *Fisiología Articular, Tomo 1 - El Hombro.* Madrid - España: Panamericana.

Larburu, N. (1997). *MAQUINAS: Prontuario.* Barcelona, España: Paraninfo.

Lasa, N., & Vergara, A. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología.* Madrid: Prentice Hall.

Laurig, W. (1989). Expert systems in ergonomics: Requierements and a approach. *Ergonomics*, 795 - 811.

Lerbert, G. (1949). *La lateralidad ene l niño y en el adolecente: niños diestros y niños zurdos.* París: Marfil.

Li, G., & Buckle, P. (1999). Current techniques for assessing physical exposure to work related musculoskeletalrisk, with emphasis on posture based methods. *Ergonomics*, 674 - 695.

Loredo, J. (2012). *htp://galileoloredo.bolgspot.pe.* Obtenido de htp://galileoloredo.bolgspot.pe

Marcelly, D. (1993). *Psychopaihologie de l`enfant.* Paris: Masson.

Marieb, E. (2008). *Anatomìa y Fisiologìa Humana.* Madrid: Pearson Educatiòn.

Martínez, G., Martel, S., Hernández, J., & Balderrama, C. (2013). Análisis de las necesidades de diseño de productos y herramientas para personas zurdas. *Juarez.AcademiaJournals.com*, 441 - 446.

Martínez-Acosta, G., Martel-Estrada, S., Hernandez-Arellano, S., & Balderrama-Armendariz, C. (2013). Análisis de las necesidades de diseño de productos y herramientas parapersonas zurdas. *Congteso Int. Acad. Journals*, 441 - 446.

Masali, M. (1998). Antropometría. En W. Laurig, & J. Vedder, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo* (pág. 26). Madrid: MTASSG Publicaciones.

Mayolas, C. (2014). Un nuevo test de valoración de la lateralidad para los profesionales de la educación física. *Educación Física y Deportes*, 14-22.

McAtamney, L., & Corlett, E. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 91 - 99.

Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. (2013). *Ergonomía 1 Fundamentos.* Barcelona: Universitat Politécnica de Catalunya.

Mondelo, P., Gregori, J., & Barrau, P. (2013). *Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo.* Barcelona: ProQuest Ebook Central.

Montiel, M., Romero, J., Lubo, A., Quevedo, A., Rojas, L., Chacin, B., & Sanabria, C. (2006). Valoración de la carga postural y riesgo musculoesquelético en trabajadores de una empresa metalmecánica. *Salud de los trabajadores*.

Moore, J., & Grag, A. (1995). The strain index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 443 - 458.

Morales, H. (2002). *Filosofía 10.* Bogotá: Geminis.

Mutual, C. (2001). *Métodos de evaluación de la carga física de trabajo.* Madrid: McGraw Hill.

Nariño, R., Alonso, A., & Hernández, G. (2014). Estudios Antropométricos y la Evaluación y Diseño de Puestos de Trabajo. *Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura.* La Habana: CUJAE.

Nariño-Lescay, R., Alonso-Becerra, A., & Hernández-González, A. (2016). Antropometría. Análisis Comparativo de las Tecnologías para la Captación de las Dimesiones Antropométricas. *Revista EIA*, 47 - 59.

Navarro, A., & Alegre de Miguel, C. (2001). *El Hombro.* Barcelona: Masson.

Nogareda, C. (1989). *http://www.insht.es.* Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_226.pdf

Nogareda, C. (2002). *NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad.* Valencia, España: CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO .

Obregón, M. (2016). *Fundamentos de ergonomía.* México: Grupo editorial Patria.

Ohlsson, K., Hansson, G., Baldogh, I., Strömberg, U., Palsson, B., Nordander, C., . . . Skerfving, S. (1994). Disorders of the Neck and Upper Limbs in Womwn in the Fish Procesing Industry. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 826 - 832.

Ojanguren, S. (2004). Zurdos educación hábitos. *Servicio universal de noticias*.

Oldfield, R. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburg Inventory. *Neuropsychologia*, 97 - 111.

Pastrana, N. (2015). *Modelo de Medición del Capital Intelectual en las Carreras Acreditadas de Ingeniería Industrial del Perú.* Lima: UNMSM.

Pellicer, C. (2000). *Los dibujos de los zurdos: percepción y lateralidad.* Castello : Publicacions de la Universitat Jaume.

Pellicer, C. (2000). *Los Dibujos de los Zurdos: percepción y lateralidad.* Castelo de la Plana: Publicaciones de la Universidad de Jaume.

Pérez, F., & Delgado, J. (2009). *Fundamentos Teóricos de la Eduación.* pilá Teleña.

Pérez, J., Sainz de Murieta, J., & Varas, A. (2004). *Fisioterapia del complejo articular del hombro.* Barcelona: Masson.

Pérez-Aguilera, F. (2011). *Manual de ergonomía: formación para el empleo.* Madrid: CEP.

Pernía, A., Orille, I., Martínez, A., Martín, J., & Canal, J. (2006). Intracorporeal microvalve activation system using a transcutaneus parallel resonat convert without magnetic core. *Conf. Rec. - IAS Annu. Meet.*, 2554 - 2559.

Pinto, C., & López, A. (2001). Problemas posturais em alunos do centro de Ensino. *Revista Efdeportes*, 2-42.

Prieto, A., & Naranjo, S. (2005). El cuerpo en el campo de estudio de la fisioterápia. *Revista Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia*, 57 -71.

Recalde, L. (2016). *El uso e influencia de la tecnología CNC en la producción artística contemporánea del Ecuador (Tesis de Maestría).* Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Rigal, R. (1992). Wich handness: Preference or performance? *Percept Mot Skills*, 851 - 856.

Rivas, R. (2007). *Ergonomía en el diseño y producción indistroal.* Buenos Aires: Nobuko.

Rivas, R. (2009). *Ergonomía en el diseño y la producción industrial.* Buenos Aires: Nobuko.

Roche, A. (2006). Anthropomery and ultrasound. *Human Kinetics publishers*, 167-182.

Rodríguez, H. (2003). La relación conciencia-cuerpo en la fenomenología de Husserl. *Fenomenológica Latinoamericana* (pág. 267 269). Lima: Fondo editorial de la Universidad Católica del Perú.

Roh, Y. (2003). La actual situación de los desordenes músculo esqueléticas en Corea del Sur. *The Global Occupational Health Network*, 1-3.

Rojas, A., & Ledesma de Miguel, J. (Junio de 2008). *www.INSHT.es.* Obtenido de www.INSHT.es/INSHTWeb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/NPT/fich eros/601a700/npt_629.pdf

Sassano, M. (2015). *El cuerpo como origen del tiempo y del espacio. Enfoques desde la motricidad.* Buenos Aires: Miño y Davila Editores.

Silverstein, B., & et-al. (1986). Hand wrist acumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*, 779 - 784.

Smolander, J., & Louhevaara, V. (1998). Trabajo Muscular. En W. Laurig, & J. Vedder, *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.* MTASSG Publicaciones.

Snook, S., & Ciriello, V. (1991). The design of manual handling task - Revised tables of maximunacceptable weights and forces. *Ergonomics*, 1197 - 1213.

Squadrone, R., Gallozzi, C., & Pasquini, G. (1995). Lateralit e bilateralit. *Rivista di cultura Sportiva*, 36-41.

Staugaard-Jones, J. (2014). *Anatomía del ejercicio y el movimiento.* México: Paidotribo.

Suárez-Sanabria, N., & Osorio-Patiño, A. (2013). Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. *Rev CES Med*, 205-217.

Suasti, J. (2006). *Desarrollo de un procedimiento para la rectificación de matrices en tornos CNC utilizando sistemas CAD/CAM y su aplicación para solucionar un problema industrial Tesis de Maestria).* Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Tipan, G., & Zhingri, M. (2010). *La lateralidad zurda asociada a dificultades en el aprendizaje escolar en niños de 6 a 7 años.* Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Torres, T., & Rodríguez, M. (2007). Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo de la Industria Pesquera del Ecuador. *Revista Tecnológica ESPOL*, 139-142.

UNESCO. (1971). *International Council for Sports and Physical Education.*

Urreoja, P., Hodgson, M., & Icaza, M. (2001). Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría eléctrica y pliegues subcutaneos. *Revista Chilena de Pediatría*, 26-33.

Valdivieso, M. (2014). *Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del mdio ambiente de trabajo.* Quito: I.E.S.S.

Vargas, G. (2001). *Pensar sobr nosotros mismos.* Bogotá: San Pablo.

Vasquez, I. (2015). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Gestiopolis*.

Waters, T., Putz-Anderson, V., Grag, A., & Fine, L. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting task. *Ergonomics*, 749 - 776.

Wikstrom, B., & et-al. (1994). Health effects of long-term occupational exposure to wholw-body vibration. *Industrial Journal of Industrial Ergonomics*, 273 - 292.

Winkel, J., & Westgaarrd, R. (1992). Ocupational and individual risk factors for shoulder. *Industrial Ergonómics*, 85 - 104.

Wright, L., Hardie, S., & Wilson, K. (2009). Handedness and behavioural inhibition: Left-handed females show most inhibition as measured by BIS/BAS self-report. *Personality and Individual Differences*, 20 - 24.

www.carm.es. (2018). *https://www.carm.es/.* Obtenido de https://www.carm.es/.../integra.servlets.Blob?...Excel%20MÉTODO%20REBA

Yañez-Mendiola, J. (2009). Antropometría: mediciones a partir de una camara fotográfica. *Ide@s CONCYTEG*, 48 - 49.

Yeadon, M., & Challis, J. (1994). The future of performance-related sports biomechanics research. *Journal of Sports Science*, 12:3-32.

Zurita-Ortega, & colaboradores, y. (2014). Factores predictores de escoliosis en la población escolar. *Gaceta Médica de México*, 533 - 539.