
Aplicación móvil para la evaluación ergonómica de riesgos dentro de un área de trabajo

Mobile Application for an Ergonomic Risk Assessment at the Workplace

Recibido el 14 de septiembre de 2018, aceptado el 28 de noviembre de 2018

No. de clasificación JEL: J24; J28; M12

Roberto Limón Ulloa

Instituto Tecnológico
de Sonora
Departamento de Campus
Empalme
rlimon@itson.edu.mx

Luis Enrique Valdez Juárez

Universidad Autónoma
de Chiapas
Instituto Tecnológico
de Sonora
Departamento de Campus
Empalme
levaldez@itson.edum.mx

Luis Héctor Quiñonez Lizárraga

Instituto Tecnológico
de Sonora
Departamento de Campus
Empalme
luis.hector.011@gmail.com

Resumen

La industria de tipo manufacturero es un área de trabajo que es propenso a accidentes en sus empleados, especialmente lesiones de tipo músculo-esquelético, provocando que dichas empresas gasten enormes cantidades de dinero anualmente en seguros médicos para sus trabajadores, sin mencionar los problemas que implican para los afectados, puesto que pueden terminar con incapacidad por lesión, producto de daños a su salud que van desde temporales hasta permanentes, o en el peor de los casos, su muerte. Para evitar lo anterior las empresas utilizan diferentes métodos que evalúan el nivel de riesgo de una tarea, siendo los más comunes REBA (Rapid Entire Body Assessment) y RULA (Rapid Upper Limb Assessment), que tienen como desventajas la posibilidad de generar errores en los cálculos realizados, así como el tiempo que se puede requerir para realizar la evaluación de una tarea. Por ello se propone la creación de una aplicación móvil que realice de manera rápida y eficaz los métodos mencionados, logrando así economizar en los gastos de las organizaciones y proteger la calidad de vida de sus empleados.

Palabras clave: REBA, RULA, industria manufacturera, evaluación ergonómica, aplicación móvil

Abstract

The manufacturing industry is a work field in which employees are prone to accidents; especially to musculoskeletal injuries. This causes manufacturing companies to annually spend huge amounts of money on health insurance for their workers, not to mention the problems caused to the affected parties since they can end up with disabilities due to injury as a result of the damage to their health, which can be temporary, permanent, or in the worst case death. In order to prevent this, companies use different methods that assess the level of risk of a task. The most commonly used are REBA (Rapid Entire Body Assessment) and RULA (Rapid Upper Limb Assessment). These methods have as disadvantages the possibility of making mistakes in the calculations made, as well as the time they require to perform the assessment of a task. Therefore, it is proposed to create a mobile application that performs such methods in a fast and efficient way, thus saving on the expenses of the companies and protecting the quality of life of its employees.

Keywords: REBA, RULA, manufacturing industry, ergonomic assessment, mobile application

1. Introducción

La ergonomía es la disciplina que se encarga del diseño de lugares de trabajo, herramientas y tareas, de modo que coincidan con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del trabajador. Busca la optimización de los tres elementos del sistema (humano-máquina-ambiente), para lo cual elabora métodos de la persona, de la técnica y de la organización. Para esto, utiliza un conjunto de métodos los cuales sirven para evaluar el nivel de riesgo de una tarea, y si bien estos se pueden realizar de manera manual, puede llevar a ciertos problemas debido a la precisión con la que se deben de realizar los cálculos, para lo cual se necesitaría una herramienta que ayude a realizarlos de manera precisa y permita agilizar el tiempo para evitar problemas futuros. A partir de lo anterior, en este trabajo se describen los referentes y pasos desarrollados para diseñar una aplicación móvil que permite la evaluación ergonómica de riesgos dentro de las áreas de trabajo de la industria manufacturera; trabajo que se ha desarrollado en cuatro apartados esenciales que comprenden los referentes teóricos que sustentan el trabajo, los pasos desarrollados, los principales resultados y las conclusiones derivadas de su elaboración.

2. Referentes

Antecedentes

En la antigüedad se observaba la relación entre ciertas formas de enfermar y de trabajar de manera paralela a los avances y descubrimientos científicos que se realizaban en dicha época, en los cuales, las condiciones de trabajo se fueron haciendo menos duras y se otorgaron derechos a los hombres que venían obligados a cumplir con la jurisdicción bíblica “ganarás el pan con el sudor de tu frente”. En ese entonces era cuando empezaba a surgir lo que algún día se convertiría en la Medicina y el Derecho del trabajo. El italiano Bernardino de Ramazzini, en 1701, fue quien escribió la obra fundamental sobre la patología del trabajo, consiguiendo sistematizar la práctica total de los conocimientos habidos hasta la fecha en esta disciplina. La ergonomía como tal fue definida en el año 1961, en la Revista Internacional del Trabajo, como “la aplicación conjunta de algunas ciencias biológicas y ciencias de la ingeniería para asegurar entre el hombre y el trabajo una óptima adaptación mutua con el fin de incrementar el rendimiento del trabajador y contribuir a su bienestar”.

Los avances de la ciencia en los distintos campos han contribuido, en buena manera, a mejorar el rendimiento del trabajador e intentando aumentar su satisfacción e integración óptima en el medio laboral. Según la Asociación Española de Ergonomía, “la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar” (2017). Es esta disciplina la que a través de la aplicación de estos conocimientos ha creado y diseñado métodos de evaluación de riesgo de tareas para con ello prevenir estos trastornos. Se entiende como factor de riesgo a cualquier característica presente en el ambiente laboral, que al actuar sobre el trabajador puede producir una respuesta, en la forma de incomodidad, dolor o lesión. (Ministerio del Trabajo y Previsión Social. Gobierno de Chile, 2008) Un empleado sea cual sea la tarea que desempeñe se ve expuesto a estos riesgos principalmente ergonómicos dando lugar a Trastornos Músculo Esqueléticos (TME).

De acuerdo con la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo los trastornos músculo esqueléticos normalmente afectan a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, aunque también pueden afectar a las extremidades inferiores. Comprenden cualquier daño o trastorno de las articulaciones y otros tejidos (2017). Por lo mencionado anteriormente esta clase de trastornos pueden provocar una discapacidad provocando que el individuo tenga que retirarse del trabajo.

Además, la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (2016) sostiene que los dos grupos principales de TME son los dolores y las lesiones de espalda y los trastornos laborales de las extremidades superiores (que se conocen comúnmente como «lesiones por movimientos repetitivos»). Estos trastornos pueden tener lugar gracias a diversos factores como la carga física, el entorno y ritmo de trabajo, así como la edad y género del individuo que lo ejecuta.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2014) presenta información estadística sobre accidentes y enfermedades de trabajo recolectadas por el Instituto Mexicano del Seguro Social en busca de su prevención (Ver figura 1).

Figura 1: Incapacidades permanentes por riesgos de trabajo según naturaleza de la lesión

Naturaleza de la Lesión	2012		2013		2014	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Tumores (neoplasias) malignos	47	54	65	29	67	50
Dorsopatías	47	41	62	50	56	37
Diabetes mellitus	57	13	47	9	53	20
Insuficiencia renal	29	14	43	15	55	15
Artropatías	28	27	21	34	29	36
Enfermedades isquémicas del corazón	27	4	39	4	41	7
Enfermedades cerebrovasculares	26	10	37	6	31	10
Otras formas de enfermedad del corazón	20	1	20	4	13	3
Enfermedades del hígado	8	2	10	1	11	2
Osteopatías y condropatías	4	2	15	6	8	5
Alteraciones de la visión y ceguera	6	2	8	2	11	0

Fuente: STPS (2014)

Conforme ha ido evolucionando la tecnología tanto en hardware como en software, hemos pasado de la conexión estática de una computadora con cables a algo dinámico y móvil sin necesidad de cables o conexiones sumamente evidentes; hemos pasado al cómputo ubicuo. Es por ello que en este capítulo abordaremos los sistemas de información y los dispositivos móviles como interfaces de estos, así como la evaluación de prácticas ergonómicas en las empresas.

Los sistemas de información

Antes de sumergirnos por completo en las funciones de un sistema de información es necesario abordar primero los conceptos que lo componen, así como aproximaciones más detalladas de los mismos. A continuación, se expondrán los términos sobre sistema e información.

Alarcón (2006) sostiene que un sistema de información es un conjunto de partes que interactúan entre sí para lograr un objetivo común.

Las partes que componen un sistema son formadas por elementos de entrada y salida, habiendo un mecanismo de transformación y objetivos entre estos dos. Es así como el recurso de entrada es transformado bajo las directivas del mismo sistema y después de este proceso arroja un producto de salida.

La información es un conjunto de mecanismos que permiten al individuo retomar los datos de su ambiente y estructurarlos de una manera determinada de modo que le sirvan de guía como su acción (Paoli, 1989, citado por Rosano, 2017). Con base en esta definición podemos afirmar que la información siempre implica que el individuo tenga que discriminar entre diferentes alternativas, la que le suponga una mejor opción entre las demás. Esto nos ayuda a intuir que la información, en sí, implica una toma de decisiones.

Según nos explica Youlianov (2002), quien aborda la importancia e impacto de los sistemas de información, así como la gestión de la información, las características que posee un sistema de información son variadas y entre ellas destacan: disponibilidad de la información al alcance y al momento, pertinencia que la información sea suministrada de manera selectiva evitando datos irrelevantes, eficacia generalmente relacionada al tiempo de respuesta que tiene que ver con una petición y el tiempo que transcurre en realizarse, flexibilidad para adaptarse a nuevas necesidades, fiabilidad de que el sistema opere correctamente durante su uso, seguridad que hay ante la pérdida y uso no autorizado de los recursos del sistema.

Para recapitular los sistemas de información según Alarcón (2006) se pueden considerar como un conjunto de componentes que trabajan en conjunto para satisfacer las necesidades de información de una organización, en donde los componentes del sistema colaboran para procesar la información de entrada y transformarla. Es así como los sistemas de información funcionan como una parte importante dentro de una organización ya que se encargan de procesar los datos y presentarlos como información con más pertinencia al individuo ya que esta no significa nada si carece de un contexto al cual aplicarse.

La función de los sistemas de información

El flujo constante de información dentro de una organización demanda un procesamiento eficiente de la misma. Las necesidades de una empresa en cuando a información requiere una administración eficiente y pertinente de la misma. A continuación, se presenta una explicación sobre la influencia de los sistemas de información en la organización.

Una definición más estricta y detallada según Andreu, Ricart y Valor (1991) sobre sistema de información es: “un conjunto formal de procesos que, operando sobre una colección de datos estructurada de acuerdo a las

necesidades de la empresa, recopila, elabora y distribuyen selectivamente la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, apoyando, al menos en parte, los procesos de toma de decisiones necesarios para desempeñar funciones de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia”. El conjunto de procesos se encarga de administrar la información dentro de una empresa misma que se puede clasificar en tres flujos: ambiental, interno y corporativo. Según Youlianov (2002), la información ambiental es aquella que proviene de afuera de la empresa, la interna es la que circula dentro y la corporativa representa la que es emitida hacia el exterior.

El mismo autor explica que en la economía es posible apreciar dos tipos de activos: aquellos que son tangibles y pueden ser representados por capital, hardware, productos, que son necesarios para el funcionamiento de la organización, y aquellos intangibles los cuales nombra como habilidad tecnológica, por ejemplo, la imagen de la marca, los conocimientos del mercado; es decir, aquellos que tienen que ver con la información y su manejo. También sostiene Itami (1989) citado por Youlianov (2002) que “cuanto mayor sea la habilidad de la organización para manejar estos flujos de información más poderosos serán los activos intangibles y por lo tanto el éxito de la organización”.

Según las definiciones antes mencionadas sobre sistema de información la convención es que debe proporcionar tres funciones principales a la organización según Alarcón (2006), la primera de ellas se encarga de coordinar las acciones operativas que se realizan de manera rutinaria a lo largo de la organización; la segunda, como expone, se encarga de ejercer control para identificar aquellas acciones que van en contra de los objetivos de la organización, es decir identificar anomalías a fin de corregirlas y la tercera es proporcionar información para tomar decisiones a nivel operativo, directivo y estratégico. Dado que la información es un recurso, como ya se ha mencionado, se debe planificar, gestionar y controlar a fin de que sea más efectiva para la organización, es por ello que nos apoyamos del recurso tecnológico que nos representa un sistema de información.

Los sistemas de información orientados a la toma de decisiones

Un sistema de información permite a la empresa tomar decisiones en pro de la mejora de sus funciones muchas veces acrecentando la cadena de valor y permitiéndole entregar a sus clientes beneficios que se ven reflejados en su ventaja competitiva. Como mencionábamos anteriormente los sistemas de información orientan a tomar decisiones a distintos niveles específicamente en el nivel operativo que es en el cual se enfoca el presente estudio.

Un sistema de ayuda a la toma de decisiones conocido como (DSS) se define como un sistema de información basado en computadora que combina modelos y datos en una tentativa para resolver problemas semiestructurados con un involucramiento pleno del usuario (McLean y Wetherbe, 2002). Debe de ser sencillo para el individuo que lo empleará, mostrarle la información acorde al contexto de este y evitar sobrecargarlo con la información que se le presenta. En pocas palabras, proveerle una mejor experiencia al presentarle los datos para que facilite la decisión que va a tomar.

Generalmente esta clase de sistemas son alimentados con grandes cantidades de información y proveen estadísticas y reportes. Algunos casos de éxito son por ejemplo el de la empresa bancaria Citibank durante la década de los setenta que surgió como el número uno en banca personal, desarrolló los cajeros automáticos y las tarjetas de crédito bancario, ubicó un cajero automático dondequiera que un cliente pudiera encontrar tiempo para usarlos y llegó a ser el banco más grande de los Estados Unidos.

Optimización de procesos con sistemas de información

Los procesos dentro de una empresa pueden ser mejorados a través de la gestión de la información como ya se ha mencionado anteriormente. Esto es posible gracias a la gran cantidad de artilugios y beneficios de valor agregado que proveen. En términos económicos podría decirse que la utilidad que aportan es de gran valor a la empresa. La implementación de un sistema que permita automatizar procesos a fin de mejorarlos y permitir que los trabajadores se centren en otras actividades dejando de lado, en muchos casos, papeleo engorroso y captura de datos larga y repetitiva es algo que se valora mucho. Es así como los beneficios que nos presumen los sistemas de información son apreciados en la mejora de procesos de negocio facilitando así las tareas que se llevan a cabo. El estudio se enfocó en la implementación de un DSS a nivel operativo, directamente en el proceso de producción que es el nivel más importante de la empresa pues sin él no habría producto que la empresa pudiera ofrecer al cliente.

Interfaces móviles de los sistemas de información

Los teléfonos móviles con el avance de la tecnología son capaces de ofrecernos distintas funcionalidades gracias a sus sensores, cámara, pantalla y demás aditamentos que incluyen. Los teléfonos móviles considerados como inteligentes representan un aspecto importante del cómputo móvil pues muchas tareas que se realizaban comúnmente en la computadora pueden realizarse a través de un dispositivo móvil. Según un estudio realizado por Qualcomm e IDC el 57 por ciento de la población en México cuenta con un teléfono inteligente esto sin incluir los dispositivos móviles denominados

como wearables o dispositivos que se portan en el cuerpo como por ejemplo relojes inteligentes (Ordaz, 2016). Dada la capacidad de procesamiento que presentan los teléfonos móviles y su alcance en la vida de las personas, son considerados interfaces de los sistemas de información pues pueden llevar a cabo tareas simples y otras más o menos complejas en cualquier lugar que se encuentre el individuo que los usa.

Aplicaciones móviles

Una aplicación móvil o *app* (en inglés) es un sistema de *software* desarrollado específicamente para su ejecución en *smartphones* (teléfonos inteligentes), tabletas y otros dispositivos móviles como el *smartwatch*, y en menor medida, *smart tv* y consolas de videojuegos. Estas le permiten al usuario realizar tareas concretas, yendo desde servicios, educación, ocio, nivel profesional, etc., facilitando así las actividades a realizar.

Generalmente se pueden encontrar en plataformas de distribución, las cuales son operadas por compañías que desarrollan los sistemas operativos móviles actuales en el mercado como vendrían a ser iOS y Android, siendo estos los más populares y de mayor difusión en el mercado, y en menor medida sistemas operativos como Windows 10 mobile (sucesor de Windows Phone) y el casi extinto, pero aún vigente, BlackBerry OS. Las aplicaciones se dividen en dos tipos, las aplicaciones de paga, y las que son gratis, donde en las de pago un promedio del 20-30% del costo de la aplicación se destina al distribuidor y el resto para el desarrollador (Términos de servicio Google Play Store, 2017). El termino *app* se volvió popular rápidamente, tanto que en 2010 fue listada como *Word of the Year* (palabra del año) por la *American Dialect Society*.

Por ser aplicaciones residentes en un dispositivo móvil, estas se encuentran escritas en un lenguaje de programación compilado, y su funcionamiento está destinado a generar un conjunto de ventajas como acceso más rápido y sencillo a la información sin necesidad de datos de autenticación, almacenamiento de datos personales y mejorar la capacidad de conectividad y disponibilidad de servicios y productos.

Categorías de las aplicaciones móviles

Las aplicaciones móviles se pueden agrupar con base en la relación con los dispositivos móviles y su forma de ejecución, el libro blanco de *apps* (MMA, 2011) propone las que se muestran a continuación.

Aplicaciones nativas

Son creadas con base en un lenguaje de programación el cual se ejecuta principalmente (o en algunos casos, exclusivamente) en un sistema operativo móvil en concreto. Al ser exclusivas de un solo sistema operativo, estas

aplicaciones suelen tener un funcionamiento muy fluido y son capaces de usar las distintas funciones del teléfono, como agenda de contactos, cámara del móvil o el sistema de geolocalización.

Estas pueden presentar una serie de ventajas descritas por Ursino (2013), entre las cuales se encuentra que no necesariamente tienen que estar conectadas a internet para su correcto funcionamiento, la manera en que utilizan los recursos del *hardware* del sistema en el cual están albergadas, pero por otro lado, presentan ciertas desventajas que en ciertos casos pueden hacerlas inferiores con respecto a otros tipos de aplicaciones, puesto que como se mencionó, son exclusivas del dispositivo para el cual se crearon, haciendo que su rango de alcance sea más limitado, y el proceso para ser publicadas en una tienda tiende a ser más extensivo y costoso.

Aplicaciones *móviles web*

Este tipo de aplicaciones, en lugar de ser ejecutadas como una aplicación normal instalada dentro del teléfono, se ejecutan a través del navegador de Internet de este, lo que logra como principal ventaja sobre las aplicaciones nativas, que estas pueden ser ejecutadas desde cualquier dispositivo móvil sin importar el sistema operativo que utilice.

Para su elaboración utilizan lenguajes *web*, o en su defecto, lenguajes con soporte *web*, y si bien presentan una gran ventaja al poder ser utilizadas en cualquier dispositivo, y que el costo de desarrollo de estas suele ser menor al de una aplicación nativa, Ursino (2013) hace gran hincapié en sus dos más grandes defectos, no utilizan de manera óptima los recursos ni el *hardware* del dispositivo en el que se usan, lo cual elimina la posibilidad de usar herramientas como la geo-localización, y el hecho de que no pueden ser vendidas en tiendas virtuales para su distribución.

Aplicaciones híbridas

Como su nombre lo indica, son aplicaciones que tienen características de otros tipos de aplicaciones, más concretamente, son una combinación de las aplicaciones nativas con aplicaciones *móviles web*, puesto que estas son en esencia, una aplicación nativa con código HTML incrustado, dándole las ventajas de cada una, ya que estas son multiplataforma, y utilizan las características y el *hardware* del dispositivo en el que se encuentran a plenitud, sin mencionar que el costo de desarrollo de estas suele ser menor en comparación al de una nativa, y las herramientas de desarrollo son extensas y de uso gratuito (en la mayoría de los casos). El único problema que estas presentan es que la documentación que tienen puede llegar a ser escasa y/o desordenada (Ursino, 2013).

Métodos de evaluación de riesgo

A lo largo de la historia, aun con el gran avance tecnológico que se ha realizado, en muchos sectores industriales se sigue necesitando de la mano del hombre para poder realizar ciertas tareas, lo cual ha provocado una serie de lesiones de tipo músculo esquelético, las cuales no han hecho más que incrementar en número, si bien no ha sido un aumento extremo, si se ha vivido un aumento gradual que con el paso de los años ha hecho que sea más notorio. Para poder solucionar dicho problema, el hombre ha desarrollado distintos métodos de evaluación con los cuales se busca analizar la tarea, y gracias al análisis de las posiciones adoptadas se puede obtener el nivel de riesgo de dicha tarea con base en fórmulas desarrolladas para cada tipo de análisis y tarea.

A continuación, se abordarán algunos de los métodos más populares, útiles y precisos que se han utilizado para el sector industrial manufacturero para aliviar dichos problemas.

Método REBA

Rapid Entire Body Assessment, o por sus siglas REBA, es un método de evaluación de riesgo que fue desarrollado por Sue Hignett y Lynn McAtamney en el año 2000 como una manera de poder estimar el riesgo de lesiones de tipo músculo esquelético en el ámbito laboral; al igual que RULA, se utiliza para evaluar las posiciones de trabajo forzadas o que generen algún tipo de estrés en el cuerpo, este método es aplicable a cualquier sector o ámbito laboral.

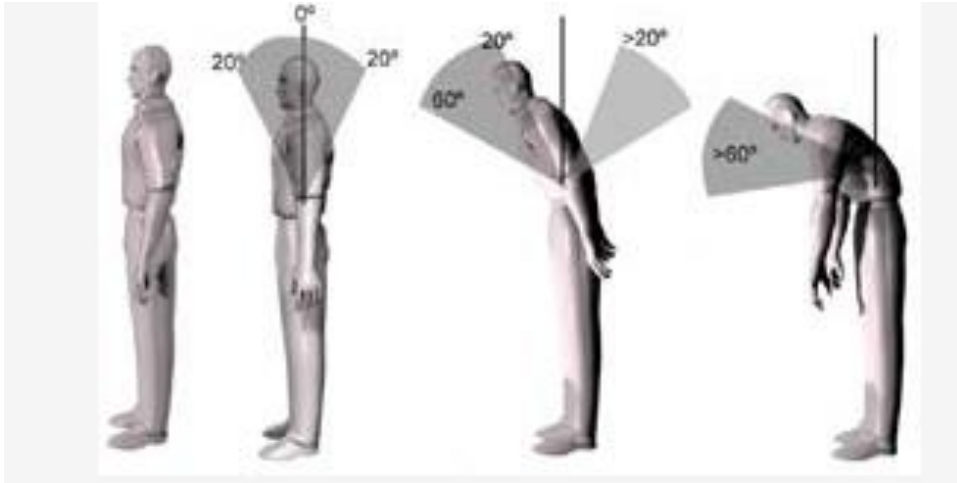
Tiene un gran parecido con RULA, con la diferencia de que REBA es más general en cuanto a posturas y extremidades, además de añadir algunos factores nuevos como la carga postural dinámica y estática, el tipo de agarre que se realiza durante la tarea, además de añadir el concepto de “gravedad asistida”, el cual se enfoca en mantener la postura de las extremidades superiores.

Este método, al igual que su contraparte RULA, divide el cuerpo en dos grupos, siendo estos el grupo A y el grupo B, donde el primero está conformado por las piernas, el tronco y el cuello, mientras que el segundo está conformado por los brazos, antebrazos y las muñecas y durante el análisis se le asigna un valor a cada postura adoptada por el trabajador.

Para comenzar, se inicia con el grupo A y la primera postura evaluada en dicho grupo es la puntuación del tronco, la cual dependerá del ángulo de flexión en el que se encuentre el tronco (Figura 2). Si durante la realización de dicha postura existe una flexión del tronco, ya sea inclinación lateral o algún

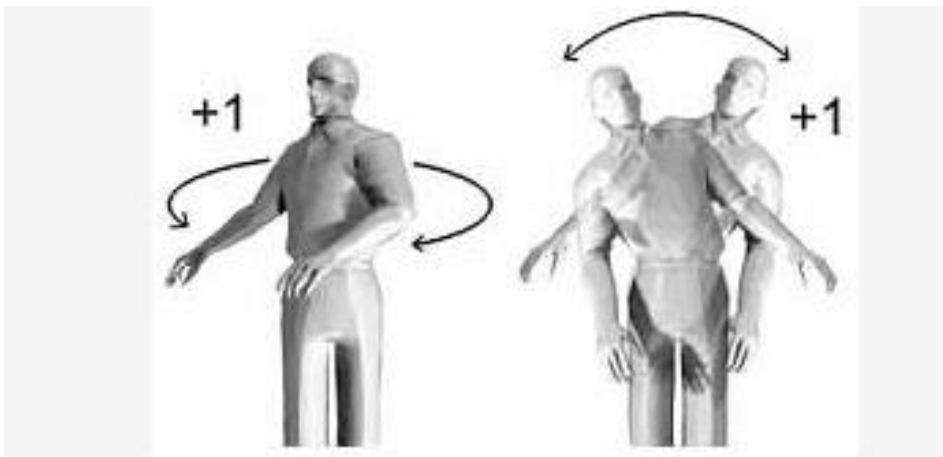
tipo de rotación, se le añadirá un punto más a la posición, en caso de no haber ninguna de las dos acciones mencionadas, no se añadirá ningún punto extra (Figura 3).

Figura 2: Posiciones del tronco



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

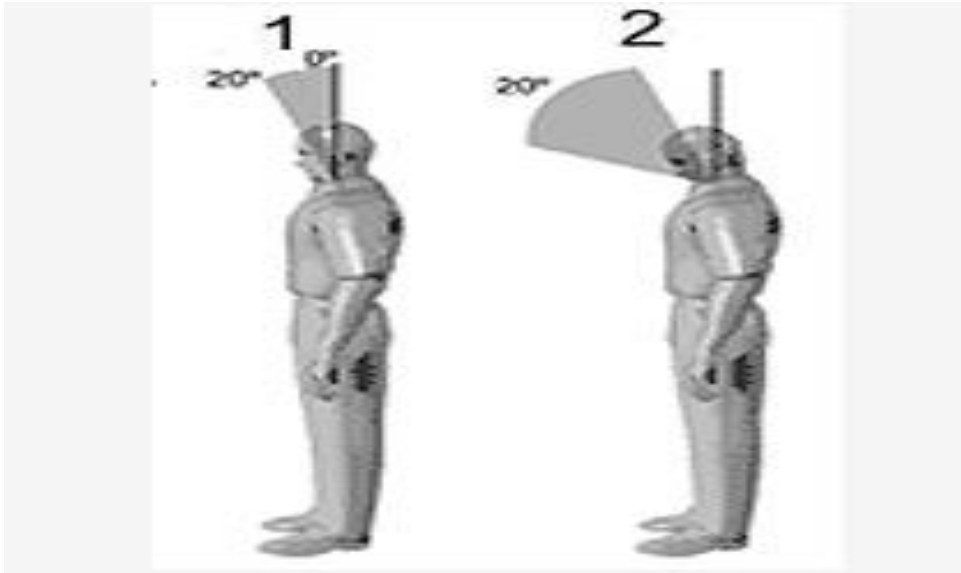
Figura 3: Posiciones que modifican la puntuación del tronco



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

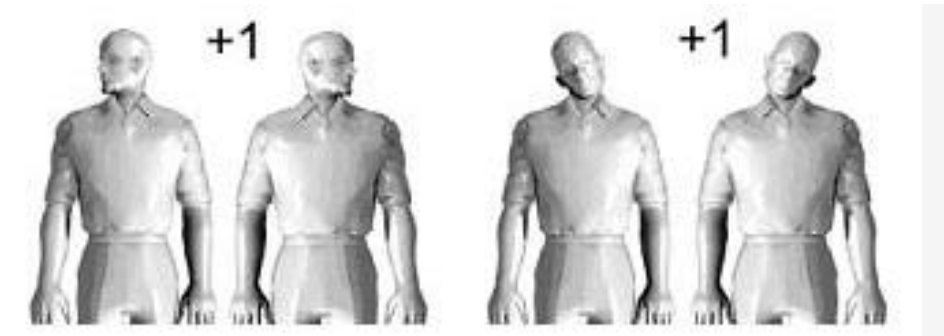
La segunda posición a evaluar es la puntuación del cuello la cual se obtendrá con el ángulo formado por la flexión del cuello (Figura 4), y de haber algún tipo de rotación o inclinación lateral de la cabeza, a dicha puntuación se le añadirá un punto más (Figura 5).

Figura 4: Posición del cuello



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

Figura 5: Posiciones que modifican la puntuación del cuello

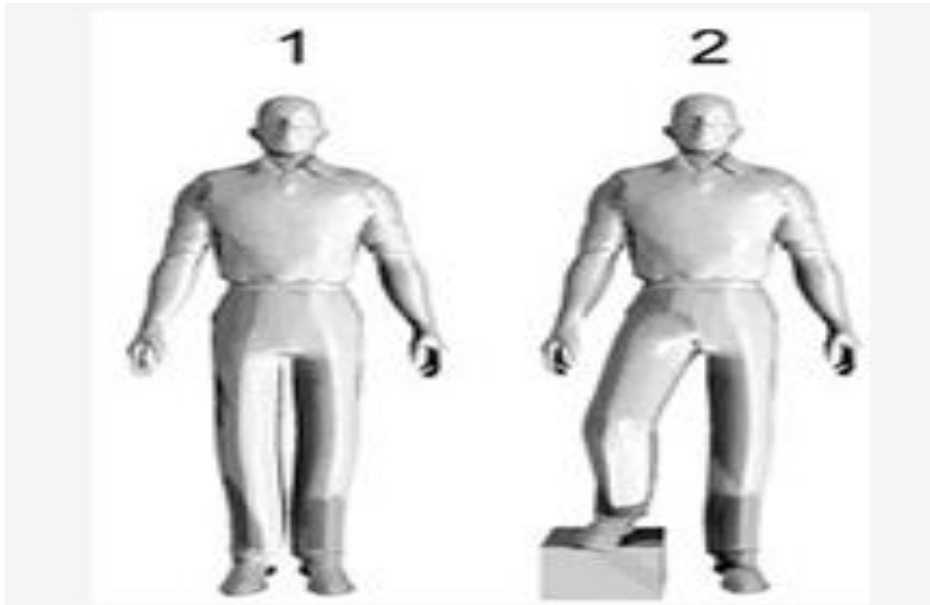


Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

Para finalizar con el grupo A, se debe evaluar la puntuación de las piernas, la cual tomar en cuenta si el trabajador se encuentra sentado, de pie con ambas piernas erectas, o de pie con una pierna flexionada (Figura 6).

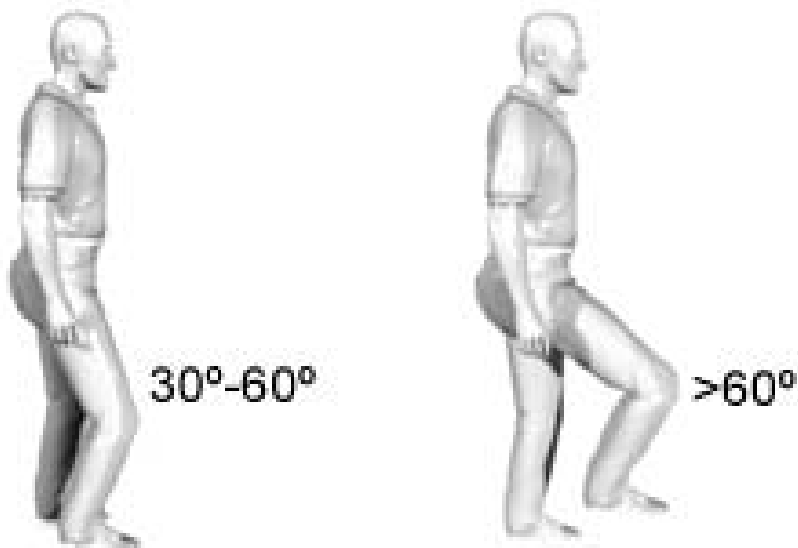
Si una de las piernas tiene una flexión, se le aumentarán puntos en relación al ángulo al que se encuentre la pierna (Figura 7).

Figura 6: Posición de las piernas



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

Figura 7: Angulo de flexión de las piernas

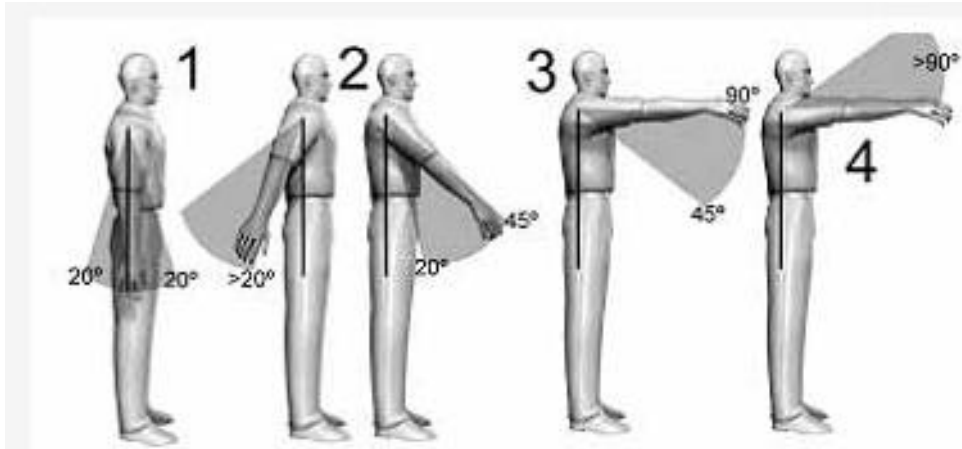


Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

Una vez finalizado con el grupo A, se puede pasar con el grupo B, y la primera posición que se analizará de dicho grupo es la puntuación del brazo en el cual dependerá del ángulo que se forme por la flexión del brazo con base en el eje del tronco (Figura 8) y dicha puntuación será aumentada en un punto si existe

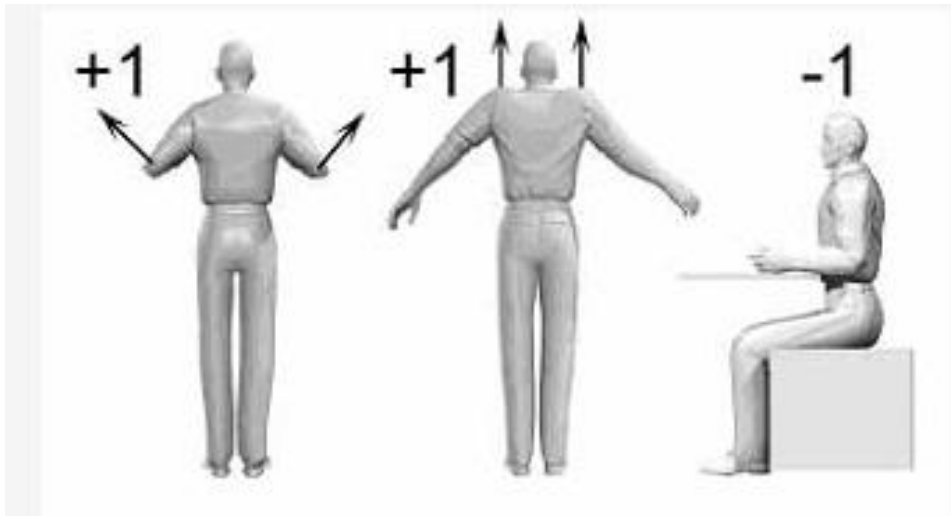
algún tipo de modificación en la postura, siendo estos que el brazo este en rotación, hombro elevado o si existe algún tipo de apoyo a la postura de este (Figura 9).

Figura 8: Posiciones de brazo



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

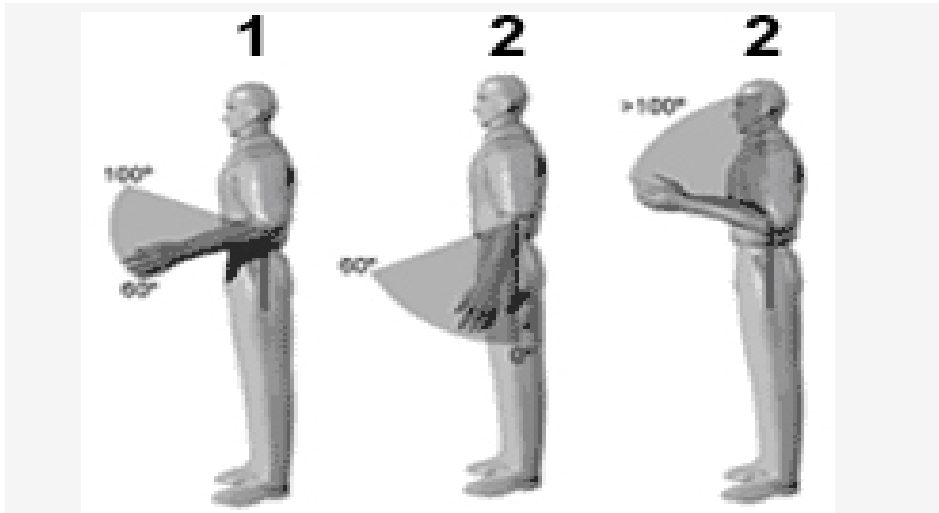
Figura 9: Posiciones que modifican la puntuación del brazo



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

La siguiente posición a analizar es la puntuación del antebrazo, la cual es mostrada por la Figura 10 y a diferencia de las otras, esta no será modificada por algún movimiento extra del brazo, por lo cual no habrá la necesidad de aumentar un punto en caso de haber un movimiento.

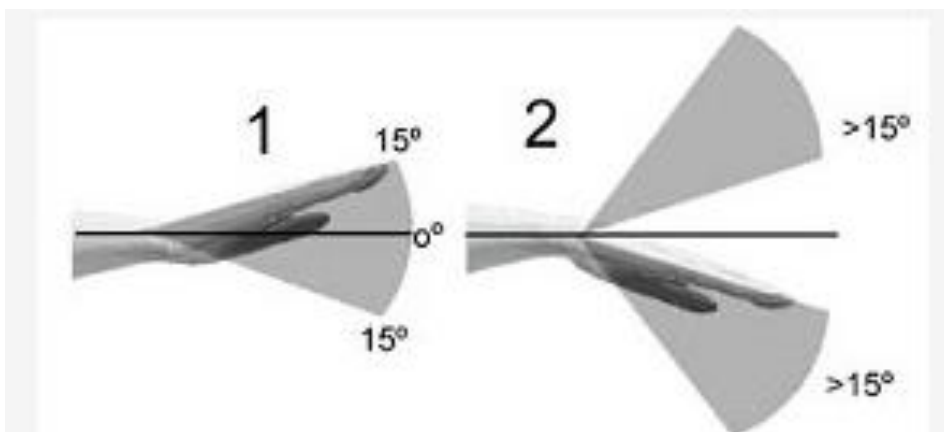
Figura 10. Posiciones del antebrazo



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

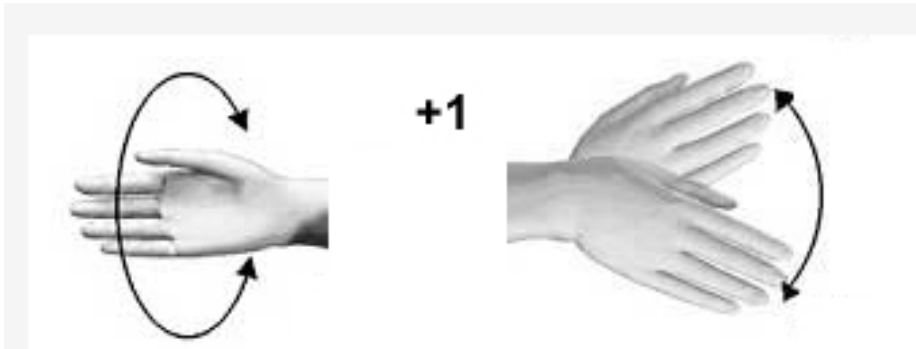
La última posición del grupo B es la puntuación de la muñeca, la cual dependerá del ángulo de flexión que presente con base en la posición neutra o de descanso (Figura 11), y a esta se le aumentará un punto en caso de haber algún tipo de modificación en la postura, ya sea si la muñeca presenta inclinación lateral, giro de muñeca o si presenta algún tipo de torsión (Figura 12).

Figura 11. Posiciones de la muñeca



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

Figura 12: Torsión o desviación de la muñeca



Fuente: Asociación de seguridad laboral de Venezuela

Una vez obtenidas las puntuaciones de cada postura, se deberán calcular las puntuaciones globales para cada grupo, siendo la Figura 13 para el grupo A y la Figura 14 para el grupo B.

Figura 13: Puntuación global Grupo A

	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
Tronco	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: ergonautas.com

Figura 14: Puntuación global Grupo B

	Antebrazo					
	1			2		
	Muñeca			Muñeca		
Brazo	1	2	3	1	2	3
1	1	2	2	1	2	3
2	1	2	3	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: ergonautas.com

En REBA existe un valor llamado puntuación parcial, el cual es una modificación que se le hace tanto al grupo A como al B, en el cual se toman a consideración la fuerza ejercida y el tipo de agarre para.

La carga o fuerza utilizada durante la tarea modificará la puntuación global del grupo A, y la puntuación que se le agregará dependerá de la magnitud de esta.

Figura 15: Puntuación parcial Grupo A

Carga o fuerza	Puntuación
Carga o fuerza menor de 5 Kg.	0
Carga o fuerza entre 5 y 10 Kg.	+1
Carga o fuerza mayor de 10 Kg.	+2

Fuente: ergonautas.com

El tipo de agarre será el modificador para la puntuación global del grupo B.

Figura 16: Puntuación parcial Grupo B

Calidad de agarre	Descripción	Puntuación
Bueno	El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio	0
Regular	El agarre es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo	+1
Malo	El agarre es posible pero no aceptable	+2
Inaceptable	El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo	+3

Fuente: ergonautas.com

Después de la modificación realizada a los grupos A y B, se pasa a la puntuación C, la cual es la última y es representada por una tabla establecida por el método REBA (Figura 17).

Figura 17: Puntuación 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: ergonautas.com

Para obtener la puntuación final, el resultado obtenido en la tabla anterior deberá ser sometido a una última evaluación, donde se analizará si la tarea cumple con alguno de los parámetros siguientes y de ser así, se le aumentará la puntuación correspondiente (cabe mencionar que no son excluyentes, así que la tarea puede tener más de uno).

Figura 18: Tipo de actividad muscular

Tipo de actividad muscular	Puntuación
Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo, soportadas durante más de 1 minuto	1
Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo, repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar)	1
Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables	1

Fuente: ergonautas.com

La siguiente tabla representa el nivel de riesgo del valor obtenido después de haber realizado el proceso, junto con la recomendación del tiempo en que se debe de realizar alguna modificación a la tarea.

Figura 19: Nivel de riesgo REBA

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

Fuente: ergonautas.com

Método RULA

El método RULA o por sus siglas "*Rapid Upper Limb Assessment*" (Evaluación rápida de la extremidad superior) nace en el año 1993 de la mano de Lynn McAtamney y Nigel Corlett como una metodología destinada a investigar la exposición de los trabajadores a los distintos factores de riesgo a los cuales pueden ser vulnerables por trastornos de la parte superior del cuerpo. Desde un inicio este método no fue destinado solamente a trabajadores del área industrial manufacturera, sino que también se enfocó en analizar las posibilidades de riesgo de lesión de cajas de supermercados y en tareas con microscopio.

Para poder comenzar la valoración realizada por dicho método, primero se debe de estudiar la jornada de trabajo de la persona por distintos periodos de tiempo, para así poder seleccionar las posturas y tareas a valorar, tomando en cuenta distintos factores, desde las posturas que conlleven más tiempo, como las acciones que involucren cargas pesadas. El método evalúa número de movimientos, trabajo estático muscular, fuerza aplicada, posturas de trabajo determinadas por los equipos y el mobiliario, tiempo de trabajo sin pausa.

Este método analiza los distintos factores de riesgo asignándoles una puntuación a cada posición, dichas posiciones y las distintas partes del cuerpo que se analizan están divididas en 2 grupos, A y B, siendo el grupo A conformado por el brazo, antebrazo y la muñeca, mientras que el grupo B está conformado por el cuello, el tronco y las piernas. Una vez estudiada la labor del trabajador y elegidas las distintas acciones de trabajo a analizar, se pasa a la evaluación de las distintas posturas utilizando los factores por medio de puntuación que establece el método.

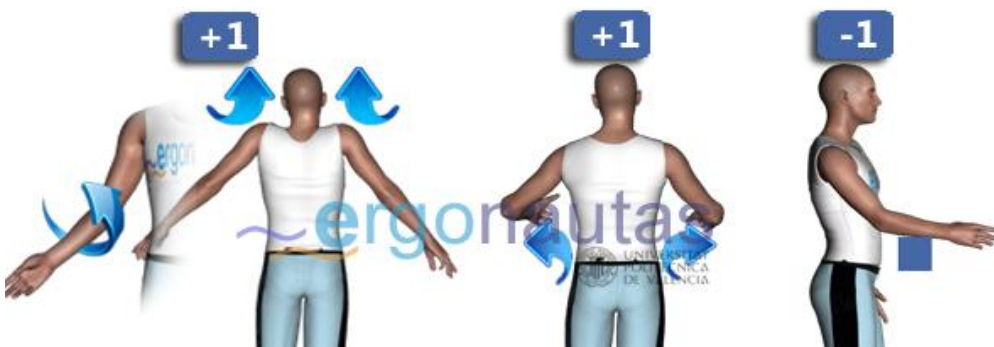
Comenzando con el grupo A, primero se evalúa la puntuación del brazo, la cual se obtiene con base en el ángulo creado por el eje del brazo y el eje del tronco, para esto, se mide primero el grado de flexión de los brazos, tal y como se muestra en la figura 20, dicha puntuación será aumentada si existe elevación del hombro, el brazo se encuentra separado del tronco, o si existe rotación de los brazos, mientras que la puntuación se disminuirá un punto si el brazo del trabajador se encuentra en una superficie de apoyo (figura 21).

Figura 20: Grado de flexión de los brazos



Fuente: ergónomos.cl

Figura 21: Brazo con soporte



Fuente: ergonautas.com

Después se pasa a la puntuación del antebrazo, la cual se mide gracias al ángulo formado por el eje de este y el eje de brazo, tal y como se muestra en la figura 22 los intervalos de flexión establecidos por el método. La puntuación que se obtiene para el brazo valora la flexión del antebrazo, siendo esta aumentada por un punto si el antebrazo pasa la línea media del cuerpo, o si se realiza una actividad al lado del cuerpo (figura 23).

Figura 22: Puntuación del brazo



Fuente: ergónomos.cl

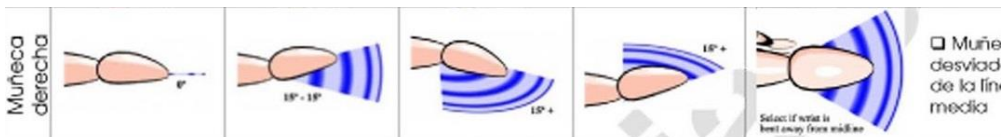
Figura 23: Aumento puntuación



Fuente: ergónomos.cl

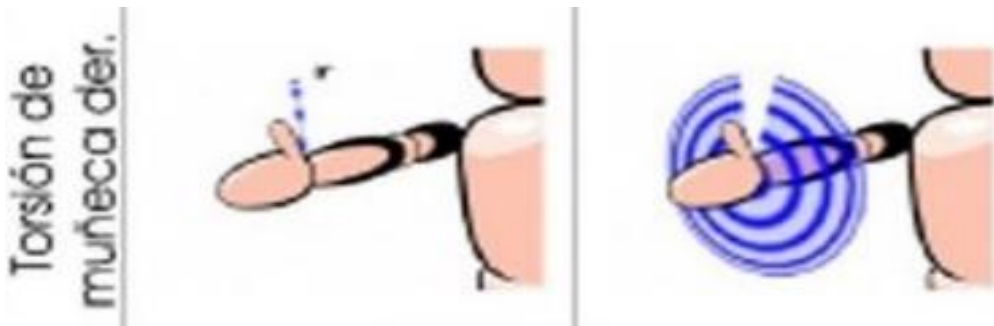
Por último, se realiza la puntuación de la muñeca medida a partir del ángulo de flexión en la posición neutra mostradas por la figura 24, y finalmente se valora el giro de la muñeca, donde se revisa si existe giro de la muñeca de manera media, o si se trata de un giro extremo (figura 25).

Figura 24: Posición de la muñeca



Fuente: ergónomos.cl

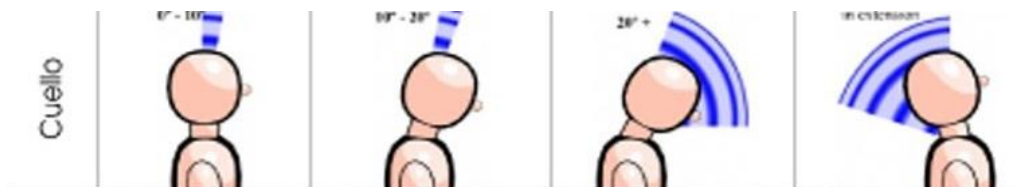
Figura 25: Torsión de muñeca



Fuente: ergónomos.cl

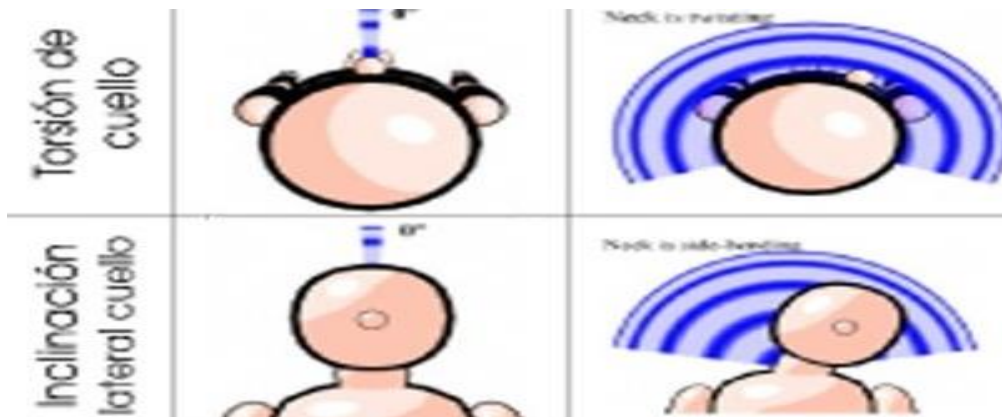
Una vez finalizado lo anterior, se puede pasar entonces al grupo B, donde se comienza con la puntuación del cuello la cual se obtiene con base en la flexión de este junto al ángulo formado por el eje de la cabeza y el eje del tronco. La figura 26 muestra los distintos ángulos a los que puede ser sometido el cuello durante la realización de la tarea. La puntuación obtenida por la flexión del cuello le será aumentada un punto si existe rotación o inclinación lateral de la cabeza, dado que ambos casos pueden existir al mismo tiempo, de ser así, a la puntuación se le aumentara en 2 puntos, tal y como muestra la figura 27.

Figura 26: Posición del cuello



Fuente: ergónomos.cl

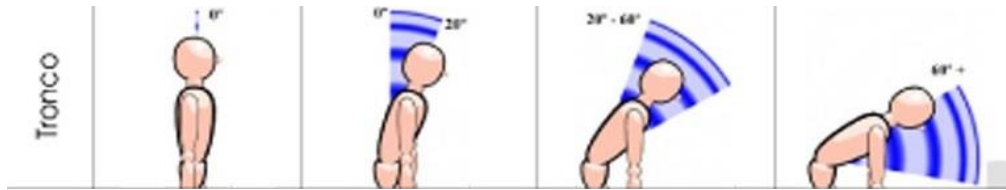
Figura 27: Torsión e inclinación del cuello



Fuente: ergónomos.cl

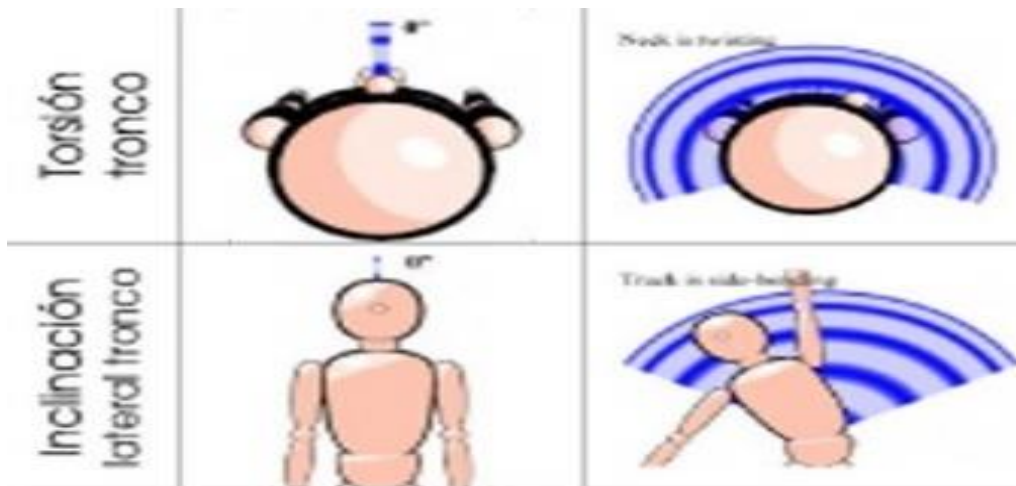
A continuación, se pasa a la puntuación del tronco la cual depende de si el trabajador realiza su tarea de pie o sentado. Si el trabajador se encuentra de pie, entonces la puntuación depende el ángulo al cual se puede encontrar el tronco (figura 28), y la puntuación será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral del tronco, y como ambos pueden ocurrir al mismo tiempo, de ser así, la puntuación será aumentada en 2 puntos (figura 29).

Figura 28: Posición del tronco



Fuente: ergónomos.cl

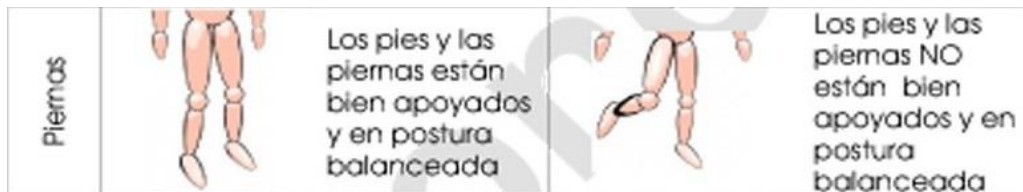
Figura 29: Torsión e inclinación del tronco



Fuente: ergónomos.cl

El último paso es la puntuación de las piernas, la cual dependerá del peso distribuido entre ellas, si existe algún apoyo o si el trabajador se encuentra sentado (figura 30).

Figura 30: Puntuación de las piernas



Fuente: ergónomos.cl

Una vez obtenidas las puntuaciones de los grupos A y B, se valoran las puntuaciones globales de cada grupo, siendo la Figura 31 para el grupo A, y la Figura 32 para el grupo B.

Figura 31: Puntuación Global Grupo A

		Muñeca											
		1			2			3			4		
		Giro de muñeca			Giro de muñeca			Giro de muñeca			Giro de muñeca		
Brazo	Antebrazo	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	
	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	
2	1	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	
	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	
3	1	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	
	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	
	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	
4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	
	2	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	
	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	
5	1	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	7	
	2	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	
	3	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	8	
6	1	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	9	
	2	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	
	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

Fuente: ergonautas.com

Figura 32: Puntuación Grupo B

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

Fuente: ergonautas.com

Después, se considera la postura del trabajador, tomando en cuenta si es de carácter estático o dinámico y si se ejerce fuerza durante la posición. Si la actividad es estática, entonces se incrementará un punto a ambos grupos, mientras que, si es dinámica, la cual significa que la tarea es poco frecuente, entonces no se añadirá ningún punto. Si se ejerce fuerza o una carga, entonces se aumentarán puntos en relación al nivel de la carga, tal y como se muestra a continuación:

Figura 33: Carga o fuerza

Carga o fuerza	Puntuación
Carga menor de 2 Kg. mantenida intermitentemente	0
Carga entre 2 y 10 Kg. mantenida intermitentemente	+1
Carga entre 2 y 10 Kg. estática o repetitiva	+2
Carga superior a 10 Kg mantenida intermitentemente	+2
Carga superior a 10 Kg estática o repetitiva	+3
Se producen golpes o fuerzas bruscas o repentinas	+3

Fuente: ergonautas.com

Los resultados obtenidos permiten obtener la puntuación final del método, los cuales generan un valor que se encuentra entre 1 y 7 (figura 34), siendo que mientras más grande sea el resultado, mayor es el nivel de riesgo (figura 35).

Figura 34: Puntuación final del método

		Puntuación A						
Puntuación B		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	6
4		3	3	3	4	5	6	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: ergonautas.com

Figura 35: Nivel de riesgo RULA

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

Fuente: ergonautas.com

Metodología Cascada

La metodología cascada es el enfoque metodológico que ordena rigurosamente las etapas del proceso para el desarrollo de software, de tal forma que el inicio de cada etapa debe esperar a la finalización de la etapa anterior. Al final de cada etapa, el modelo está diseñado para llevar a cabo una revisión final, que se encarga de determinar si el proyecto está listo para avanzar a la siguiente fase. La primera versión fue establecida por Winston W. Royce en 1970 y posteriormente revisada por Barry Boehm en 1980 e Ian Sommerville en 1985.

De esta forma, cualquier error de diseño detectado en la etapa de prueba conduce necesariamente al rediseño y nueva programación del código afectado, aumentando los costos del desarrollo.

La palabra cascada sugiere, mediante la metáfora de la fuerza de la gravedad, el esfuerzo necesario para introducir un cambio en las fases más avanzadas de un proyecto.

Fases

La metodología cascada comprende un total de 5 fases básicas, de las cuales, se pueden desprender hasta un total de 8 fases más específicas, esto se da cuando se desea desarrollar un *software* del cual se necesiten fases específicas para analizar cada parte de este.

Análisis de requisitos de *software*

En esta fase se analizan las necesidades de los usuarios finales del software para determinar qué objetivos debe cubrir. De esta fase surge una memoria llamada SRD (documento de especificación de requisitos), que contiene la especificación completa de lo que debe hacer el sistema sin entrar en detalles internos. Es importante señalar que en esta etapa se debe consensuar todo lo que se requiere del sistema y será aquello lo que seguirá en las siguientes etapas, no pudiéndose requerir nuevos resultados a mitad del proceso de elaboración del *software*.

Diseño del sistema

Descompone y organiza el sistema en elementos que puedan elaborarse por separado, aprovechando las ventajas del desarrollo en equipo. Como resultado surge el SDD (Documento de Diseño del Software), que contiene la descripción de la estructura relacional global del sistema y la especificación de lo que debe hacer cada una de sus partes, así como la manera en que se combinan unas con otras.

Es conveniente distinguir entre diseño de alto nivel o arquitectónico y diseño detallado. El primero de ellos tiene como objetivo definir la estructura de la solución (una vez que la fase de análisis ha descrito el problema) identificando grandes módulos (conjuntos de funciones que van a estar asociadas) y sus relaciones. Con ello se define la arquitectura de la solución elegida. El segundo define los algoritmos empleados y la organización del código para comenzar la implementación.

Diseño del programa

Es la fase en donde se realizan los algoritmos necesarios para el cumplimiento de los requerimientos del usuario, así como también los análisis necesarios para saber qué herramientas usar en la etapa de codificación.

Codificación

Es la fase en donde se implementa el código fuente, haciendo uso de prototipos así como de pruebas y ensayos para corregir errores. Dependiendo del lenguaje de programación y su versión se crean las bibliotecas y componentes reutilizables dentro del mismo proyecto para hacer que la programación sea un proceso mucho más rápido.

Pruebas

Los elementos, ya programados, se ensamblan para componer el sistema y se comprueba que funciona correctamente y que cumple con los requisitos, antes de ser entregado al usuario final. Los tipos de pruebas que se realizan

en esta etapa pueden variar, todo dependerá de lo que requiera el software desarrollado.

Verificación

Es la fase en donde el usuario final ejecuta el sistema, para ello el o los programadores ya realizaron exhaustivas pruebas para comprobar que el sistema no falle.

Mantenimiento

Una de las etapas más críticas, ya que se destina un 75 % de los recursos, es el mantenimiento del *software* ya que al utilizarlo como usuario final puede ser que no cumpla con todas nuestras expectativas.

3. Método

Planteamiento del problema

Las empresas de tipo manufacturero presentan un alto índice de lesiones de tipo músculo-esquelético en sus trabajadores, siendo este un aumento en promedio del 8% cada dos años, lo cual si bien, a primera vista no parece un aumento tan grande, si se toma en consideración el aumento en años anteriores genera una cifra alarmante, generando un gasto elevado en servicios médicos y seguros tanto para las empresas como para sus empleados, además, de que puede presentar una pérdida de recursos y tiempo para la empresa.

Se observa que, aunque la ergonomía propone los métodos de evaluación de riesgo de tareas manuales, estos no son evaluados de manera oportuna con el fin de prevenir lesiones de tipo músculo esquelético.

Por lo cual, este trabajo plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo mejorar la calidad de vida de los empleados en la empresa evitando lesiones de tipo músculo esquelético?

Objetivo

Desarrollar una aplicación móvil para optimizar el proceso de evaluación de riesgo de tareas.

Justificación

Como se observa en las estadísticas del estudio realizado existe incidencia constante en este tipo de lesiones que van de 50 a cerca de 100 casos por año debido a la falta de una herramienta que realice el análisis de riesgo de tarea, provocando en muchos casos graves pérdidas que podrían perjudicar

de por vida a las personas que padezcan de esos problemas. Cabe mencionar que también existe un interés personal en la implementación de una herramienta en las empresas manufactureras, puesto que se cuenta con experiencia de primera mano acerca de cómo es el trabajo dentro de una empresa del lado del obrero/trabajador de tipo manual y por diversas razones se está susceptible a distintos tipos de lesiones de tipo músculo esquelético, y la manera en que estas pueden afectar a la integridad de las personas.

Con el paso de los años, en Sonora, las industrias manufactureras han hecho caso omiso al hecho de que existen herramientas o instrumentos que analizan el nivel de riesgo de dichas tareas, o en algunos casos, no los han aplicado de una manera efectiva.

El emplear una herramienta que realice el análisis de riesgo de las tareas puede traer muchos beneficios a la empresa, ayudando a la salud de los trabajadores, los cuales, al recibir un diagnóstico oportuno del riesgo de las tareas que realizan permite que la empresa tome decisiones de mejora para que estos tengan una manera segura de trabajar y, así, cuidar su integridad. Se podrán evitar numerosas lesiones y con ello mejorar la calidad de vida del trabajador.

Al mejorar la calidad de vida del trabajador, los beneficios que le trae a la empresa consisten en que el trabajador tendrá una relación laboral más larga representando un beneficio a largo plazo ya que la empresa ahorraría recursos en indemnizaciones, reclutamiento y capacitación de personal. Anualmente, las empresas de tipo manufacturera, tienden a pagar grandes cantidades de dinero en seguros para sus empleados, incluso si no reciben muchos empleados lesionados a lo largo del año, debido al entorno de trabajo que se suele tener, el cual es propenso a lesiones.

Teniendo una herramienta que realice el análisis de riesgo, las empresas podrán ahorrarse grandes cantidades de dinero en seguros médicos para sus empleados.

El personal de la empresa se vería beneficiado en gran medida con la implementación de una herramienta gracias a los puntos mencionados anteriormente, dándole así una calidad de vida mucho mejor tanto para él mismo como para su familia.

En este estudio se planea realizar un análisis en distintas empresas manufactureras dentro del puerto de Guaymas, para así poder obtener un registro de las distintas tareas que se realizan en dichas empresas, y así poder obtener un mejor planteamiento de cómo se puede beneficiar tanto a la empresa como al trabajador con el uso de una herramienta de análisis de

riesgo, además, se busca descubrir razones de por qué dichas empresas no han implementado una solución en el caso de que no cuenten con una, y ver la manera de poder implementar una solución de software que atienda esta necesidad.

Pasos desarrollados

A lo largo de este trabajo se han ido discutiendo distintos temas, todos relacionados con la herramienta que se desarrolló, uno de los cuales fue acerca del método utilizado, donde se vio una explicación de este y sus distintas fases, a continuación, se describe la forma en que se implementó dicho método en el desarrollo de la aplicación.

Sujeto

El objeto de estudio es la prevención de lesiones de tipo músculo-esquelético optimizando el procedimiento de evaluar el nivel de riesgo de una tarea.

Materiales

Computadora, teléfono, Android Studio

Al ser el desarrollo de una aplicación móvil, no se requirió de muchos instrumentos, para ello, solamente se requirió de una computadora (de preferencia una para cada integrante), un equipo de teléfono para poder realizar pruebas de la aplicación en él, y como herramienta de desarrollo se utilizó el IDE Android Studio.

Cabe mencionar que, para las fases de análisis y diseño de la aplicación, se utilizó Microsoft Word para la realización de la documentación y la herramienta StarUML para la elaboración de los diagramas de clases, casos de uso, entre otros.

Procedimiento

La aplicación se realizó en un periodo de cuatro meses dentro de las instalaciones de ITSON. Para la realización de esta, a cada integrante del equipo se le fue asignado un rol y junto a un horario de trabajo establecido se comenzó con el desarrollo de la aplicación.

4. Análisis y discusión de resultados

Previo a la realización de la aplicación se analizaron distintas metodologías para así poder llegar a una conclusión de cuál era la más apropiada para el sistema a desarrollar, al final se decidió por la metodología Cascada.

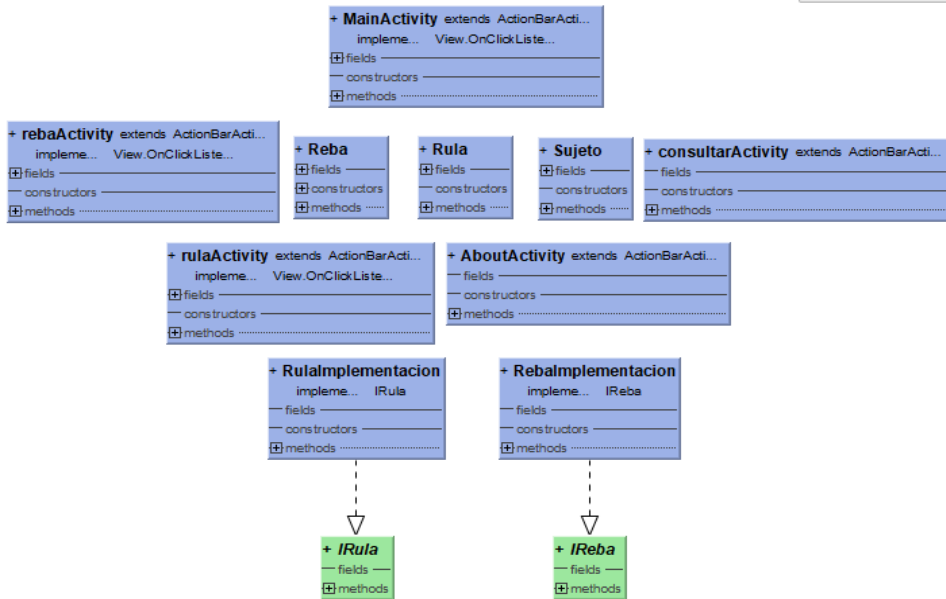
Fase I Análisis de requisitos de *software*

Se concretaron entrevistas con el cliente para así poder delimitar los requerimientos de la aplicación a desarrollar, una vez bien definidos, se pasó a crear la documentación necesaria para el análisis del software. Una vez terminada la documentación, se concretó una entrevista más con el cliente para aclarar los puntos establecidos y asegurar que todo estuviera en orden. Esto se desarrolló de la siguiente manera: Se asignaron los roles de cada integrante y dos personas estuvieron encargadas de concretar y realizar las entrevistas con el cliente, quienes eran el analista y el diseñador.

Fase II Diseño del sistema

Una vez determinados los requisitos de la aplicación y realizada la documentación correspondiente, se pasó a la etapa de diseño del sistema, donde se crearon los diagramas necesarios para la maquetación del software, donde se realizaron el diagrama de clases, de base de datos, secuencia y casos de uso.

Figura 36: Diagrama de clases

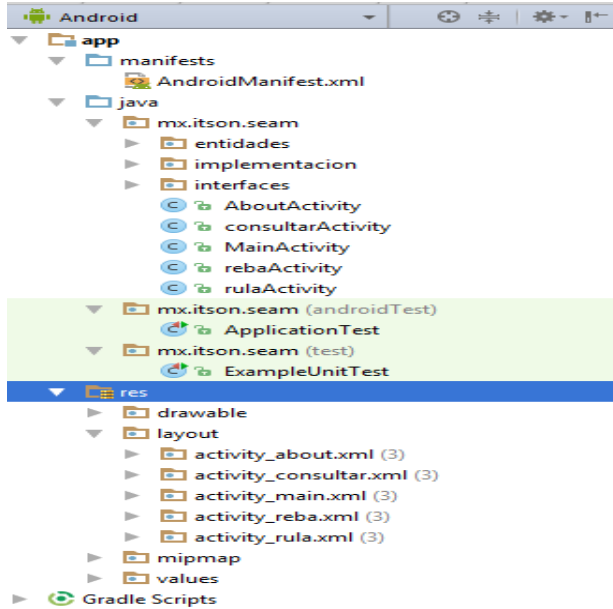


Fuente: Elaboración propia

Fase III Diseño del programa

En esta fase se comenzó a trabajar por primera vez en el entorno de desarrollo Android Studio. Aquí se comenzó por crear la estructura y arquitectura de la aplicación creando sus respectivas clases y métodos.

Figura 37: Árbol de proyecto

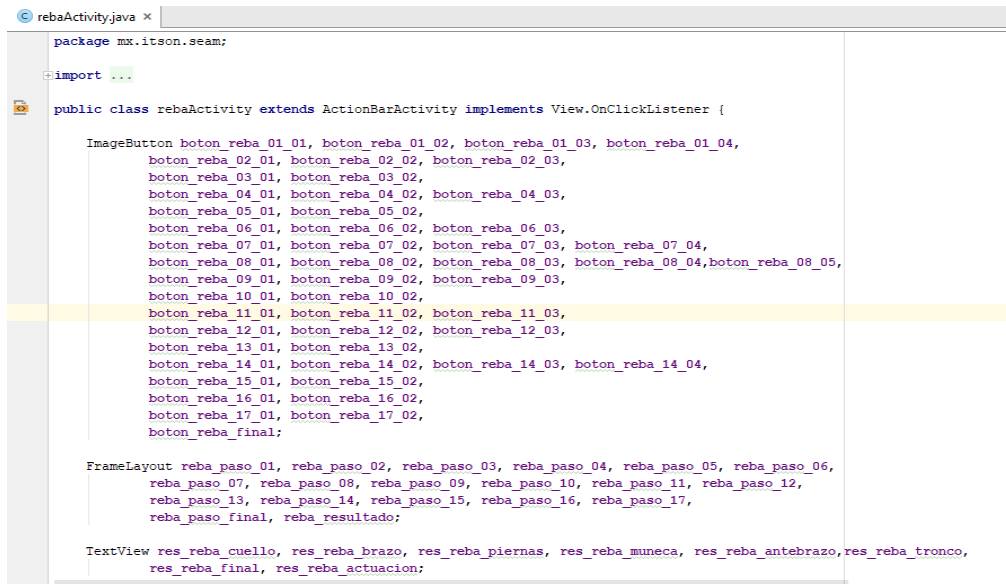


Fuente: Elaboración propia en Android Studio

Fase IV Codificación

Se creó toda la codificación necesaria de la aplicación, desarrollando los métodos y la implementación de estos, además, se trabajó en la interfaz de usuario de la aplicación.

Figura 38: Código fuente aplicación



Fuente: Elaboración propia

Fase V Pruebas

Una vez terminada la programación, se realizaron pruebas exhaustivas para asegurar el correcto funcionamiento de la aplicación y la detección de posibles errores que pudieran presentarse.

Fase VI Verificación

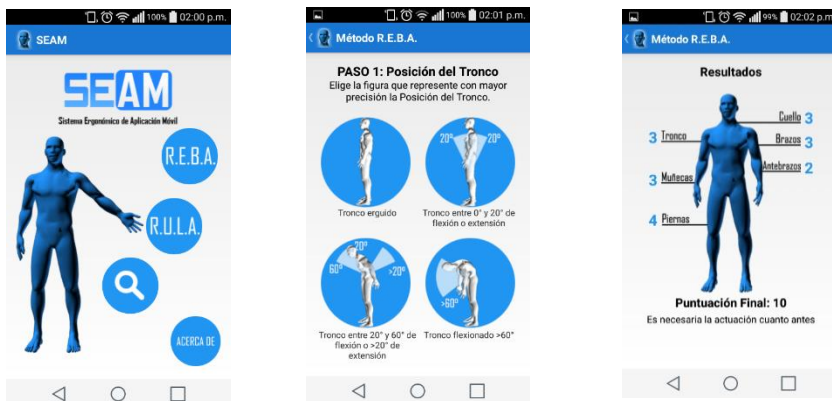
Se le entregó la aplicación ya terminada y libre de errores al cliente, para que este pudiera probarla y ver su funcionamiento para así poder asegurar que cumpliera con los requisitos que este había establecido.

Fase VII Mantenimiento

Afortunadamente la aplicación no presentó ningún error y logró cumplir con las expectativas del cliente, por lo cual en esta etapa no se hizo nada.

Resultado final

Figura 39: Pantallas de la aplicación terminada



Fuente: elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

En este apartado se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron a partir del desarrollo de un sistema de aplicación móvil el cual realizaba cálculos en materia de ergonomía para evaluar el riesgo de la tarea dentro de la industria de tipo manufacturera.

Conclusiones

Hoy en día la mayoría de las empresas manufactureras gastan una cantidad considerable en seguros médicos de sus empleados debido al aumento de lesiones de tipo músculo esquelético que se han ido generando los últimos años.

Si bien esto no es cosa nueva, puesto que este tipo de lesiones siempre han existido, inclusive fuera de este sector de trabajo, sí se ha documentado que en los últimos 10 años se ha visto un aumento considerable del número de incidencias.

La aplicación móvil que se desarrolló proporciona una manera rápida y eficiente de poder analizar el nivel de riesgo de tarea que supone para el trabajador de la empresa.

Recomendaciones

Después de analizar los resultados positivos que trae consigo el tener una herramienta como está dentro de la empresa, se recomienda que se implemente una manera de poder analizar el riesgo de tarea en distintos sectores.

Como recomendación aparte, se aconseja que la aplicación reciba una actualización en la cual se integre una base de datos para la misma, ya que esto permitirá que la aplicación sea utilizada por más de un individuo al mismo tiempo dentro de una empresa, y así poder tener un registro de los datos registrados por cada persona que realizó un análisis con la aplicación.

Estos son los beneficios más importantes que se dieron con el desarrollo e implementación de un sistema de aplicación móvil para el análisis de riesgo de tarea, los cuales podrían beneficiar enormemente a la empresa donde sea implementada.

Económicamente:

Si bien la implementación de un sistema como este puede llegar a ser un gasto nuevo para la empresa, el ahorro económico a futuro llega a ser mucho mayor que lo invertido, puesto que al tener dicha aplicación se puede conocer de antemano si la tarea que se realiza dentro de la empresa supone algún problema de salud para el trabajador, y así lograr modificar las bases de realización de dicha tarea a una manera más eficiente y/o menos riesgosa para el trabajador, logrando así que la empresa se ahorre dinero en gastos médicos futuros.

Salud:

Los empleados serán los beneficiados en este aspecto, puesto que la tarea que realizan, al ser analizada, si se llega a encontrar algún problema en ella se podrá modificar y mejorar su proceso, lo cual supondrá eliminar riesgos para la salud del trabajador, mejorando así su calidad de vida y aumentando su periodo de vida dentro de la empresa.

Tiempo:

En este aspecto se refiere al tiempo que se requiere para realizar el análisis, los métodos utilizados no son nada nuevos, han existido por muchos años, pero siempre, o casi siempre, se han realizado de manera manual, lo cual puede consumir tiempo, la aplicación en cambio reduce el tiempo de análisis de tarea en un promedio del 70%.

Fiabilidad:

Véase el aspecto del tiempo, como se mencionó en dicho apartado, dichos análisis se han realizado de manera manual por mucho tiempo, utilizando unas simples hojas que describen el proceso del método, y dada la naturaleza de estos se puede dar el caso de que el resultado obtenido sea erróneo debido a equivocaciones durante el análisis, la aplicación elimina este problema.

Referencias

- Asociación Española de Ergonomía (20 de Enero de 2017). *¿Que es la ergonomía?* Disponible en: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Barranco, J. (2001). *Metodología del análisis estructurado de sistemas*. Madrid: Universidad Pontifica de Madrid.
- Enciclopedia de clasificaciones (2016). Tipos de sistemas de información. Disponible en: <http://www.tiposde.org/informatica/89-tipos-de-sistemas-de-informacion/>
- Estudillo, G. (13 abril 2015). *La información como recurso estratégico para las empresas*. Ensayo. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/la-informacion-como-recurso-estrategico-para-las-empresas/>
- Fernández, V. (2010). *Desarrollo de sistemas de información: Una metodología basada en el modelado*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Jeffrey, W. (2009). *Análisis y diseño de sistemas de información*. México: McGrawhill Interamericana Edit.
- Llorca Rubio, J., Llorca Pellicer, L., Llorca Pellicer, M. (2015). *Manual de ergonomía aplicada a la prevención de riesgos laborales*. Obtenido de Universidad Complutense de Madrid.
- Mario, G. & Plattini, V. (2012). *Calidad de sistemas de información*. México: ALFAOMEGA.

- Ministerio del Trabajo y Previsión Social Chile. (2008). *Ministerio del Trabajo y Previsión Social Chile*. Obtenido de Guía Técnica para la evaluación y control de los riesgos asociados al manejo o manipulación manual de carga.
- Mobile Marketing Association (2011). *Libro Blanco de Aplicaciones Móviles*. Nueva York. Kiosko y mas.
- Mondelo, P.; Torada, G. & Bombardo, P. (2001). *Ergonomía 1: Fundamentos*. México: ALFAOMEGA.
- Mondelo, P. (2001). *Ergonomía 2: Confort y estrés termico*. México: ALFAOMEGA.
- Mondelo, P.; Torada, G. & Bombardo, P. (2001). *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo*. México: ALFAOMEGA.
- Mondelo, P.; Torada, G. & Bombardo, P. (2001). *Ergonomía 4: El trabajo en las oficinas*. México: ALFAOMEGA.
- Oz, E. (2008). *Administración de los sistemas de información*. México: CENGAGE,
- Peter, W. (2010). *Ergonomía aplicada*. México: Trillas.
- Secretaria de Trabajo y Prevision Social. (20 de Enero de 2017). *Información sobre Accidentes y Enfermedades de Trabajo Sonora 2005-2014*. Obtenido de Gobierno de Mexico: http://autogestion.stps.gob.mx:8162/pdf/Sonora%202005-2014_.pdf
- Tello, E. (Enero 2008). *Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: Su impacto en la sociedad de México*. 21 de Febrero de 2017, de Revista de Universidad y sociedad del conocimiento. Disponible en: <http://www.uoc.edu/rusc/4/2/dt/esp/tello.pdf>
- Tochihara, Y. (2005). *Environmental Ergonomics; The Ergonomics of Human Comfort, Helth and Performance in the Thermal Environment*. Nueva Zelanda: Elsevier Inc.
- Trujillo, L., Santos, J. & Martin, E. (2016). *Uso de aplicaciones móviles para fomentar y mejorar el aprendizaje*. Sevilla, España: Punto Rojo Libros.
- Ursino, N. (2015). *Aplicaciones móviles: La evolución en la adopción de aplicaciones móviles y su relación con el parque de dispositivos*. Argentina: EAE.