



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE UN PROTOTIPO DE
ARNÉS DE SUJECCIÓN Y OPERACIÓN, PARA LA
DESMALIZADORA UTILIZADA EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN
LA EMPRESA “APROCAI” UBICADA EN LA PROVINCIA DE
CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ MEDIANTE LA
APLICACIÓN DEL SOFTWARE ERGOMET 3.0”.**

**OSCAR MAURICIO MATUTE RODRÍGUEZ
ADOLFO HUMBERTO TANDAZO BAQUE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-05-15

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

OSCAR MAURICIO MATUTE RODRÍGUEZ

ADOLFO HUMBERTO TANDAZO BAQUE

Titulado:

“DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE UN PROTOTIPO DE ARNÉS DE SUJECCIÓN Y OPERACIÓN, PARA LA DESMALEZADORA UTILIZADA EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN LA EMPRESA “APROCAI” UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE ERGOMET 3.0”

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño

DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Gustavo Carrera Oña

DIRECTOR

Ing. Juan Cayán Martínez

ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: OSCAR MAURICIO MATUTE RODRÍGUEZ
ADOLFO HUMBERTO TANDAZO BAQUE

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, FABRICACIÓN Y PRUEBAS DE UN PROTOTIPO DE ARNÉS DE SUJECIÓN Y OPERACIÓN, PARA LA DESMALEZADORA UTILIZADA EN EL SECTOR AGRÍCOLA EN LA EMPRESA “APROCAI” UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE ERGOMET 3.0”

Fecha de Examinación: 2017-08-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente. PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Gustavo Carrera Oña DIRECTOR			
Ing. Carlos Cayán Martínez ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendariz Puente.
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos–científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Oscar Mauricio Matute Rodríguez

Adolfo Humberto Tandazo Baque

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Oscar Mauricio Matute Rodríguez y Adolfo Humberto Tandazo Baque, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Oscar Mauricio Matute Rodríguez

Cédula de Identidad: 060473619-9

Adolfo Humberto Tandazo Baque

Cedula de Identidad: 172235737-1

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a toda mi familia en especial a mis padres por estar a mi lado y darme su apoyo incondicional por su ejemplo de perseverancia, por haber fomentado en mí el deseo de progreso y el anhelo de triunfo en la vida porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega gracia a ellos, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsando en los momentos más dificultosos de mi carrera, y el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo transitar hasta el final.

Gracias padre y madre por confiar en mí.

También gratifico a todas y todos quienes de una u otra forma han colaborado para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su apreciable contribución.

Oscar Mauricio Matute Rodríguez

Dedico principalmente a mis padres Jorge Humberto Tandazo Espinoza y Julia María Baque Santana por ser el principal pilar en mi desarrollo personal y profesional brindándome su apoyo en todos y cada uno de los momentos del transcurso de mi vida, a mis hermanos Jaime por ser parte fundamental y apoyo incondicional en mi formación profesional, Aracely, Freddy, María y Javier que de una u otra forma contribuyeron en mi formación académica y personal con su apoyo absoluto

Adolfo Humberto Tandazo Baque

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme escoltado y guiado a lo largo de esta carrera por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad. A mis padres Julio Cesar, María Virginia y Teresa Beltrán por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien por ser un excelente ejemplo de vida. A mis primos Diego y Ana Espinoza. No puedo dejar pasar esta oportunidad sin decirles que les amo y gracias.

Deseo del mismo modo expresar mi agradecimiento a mi Director Ing. Gustavo Carrera Oña y a mi Asesor Ing. Juan Carlos Cayán por la confianza apoyo y dedicación de tiempo por haber compartido conmigo sus conocimientos sobre todo su amistad.

Oscar Mauricio Matute Rodríguez

Agradezco a Dios por ser el inicio de mi vida, a mis padres por su sacrificio y creer en mí, a mis hermanos que han formado parte importante de mi formación, a mi Tutor Ing. Gustavo Carrera e Ing. Juan Carlos Cayán Asesor del proyecto por brindarme sus conocimientos, paciencia y dedicación para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Adolfo Humberto Tandazo Baque

CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema de investigación	3
1.2 La formulación del problema.....	3
1.3 La sistematización del problema.....	4
1.4 Justificación	4
1.4.1 <i>Justificación teórica.</i>	4
1.4.2 <i>Justificación metodológica.</i>	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 <i>Objetivo general.</i>	5
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.6 Hipótesis	6
1.7 Formulación de variables.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.....	7
2.1 Ergonomía.....	7
2.2 Ámbitos de la ergonomía	8
2.3 Ergonomía del producto.....	9
2.4 Ergonomía en el trabajo	9
2.5 Diseño del ambiente laboral	10
2.6 ¿Qué son las máquinas desmalezadoras?.....	10
2.7 Finalidad de las máquinas desmalezadoras	11
2.8 ¿Qué es un arnés?	11
2.9 Finalidad del arnés	11
2.10 Métodos de valoración de riesgos físicos	11
2.10.1 <i>Introducción.</i>	11
2.10.2 <i>Método CHECK-LIST OCRA.</i>	12
2.10.2.1 <i>Ventajas.</i>	13
2.11 Método REBA	14
2.12 Solidworks	15
2.13 Matter controls.....	15

2.14	Ansys mechanical	16
2.15	Ergo IBV	16
2.16	Impresora 3D	17
2.16.1	<i>Impresoras 3D de tinta</i>	18
2.16.2	<i>Impresora 3D láser</i>	19
2.16.3	<i>Impresoras que inyectan polímeros</i>	19
2.16.4	<i>Impresoras rostock</i>	19
CAPÍTULO III.....		22
3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN (MÉTODOS Y MATERIALES).....		22
3.1	Localización de la empresa APROCAI	22
3.1.1	<i>Misión Aprocai</i>	23
3.1.2	<i>Visión Aprocai</i>	23
3.1.3	<i>Organigrama Estructural de la Empresa Aprocai</i>	23
3.1.4	<i>Proceso para la obtención de la pasta de cacao</i>	24
3.1.5	<i>Área de estudio</i>	25
3.2.1	Tipos de investigación.....	25
3.2.1.1	<i>Investigación de campo</i>	25
3.2.1.2	<i>Investigación descriptiva</i>	26
3.2.1.3	<i>Investigación bibliográfica o documental</i>	26
3.2.1.4	<i>Investigación correlacional</i>	26
3.3	Métodos, técnicas e instrumentos	27
3.3.1	<i>Métodos de investigación</i>	27
3.3.2	<i>Técnicas de investigación</i>	27
3.3.3	<i>Instrumentos de Investigación</i>	28
3.4	Operacionalización de variables	29
3.4.1	<i>Operacionalización de Variable Independiente</i>	29
3.4.2	<i>Operacionalización de Variable Dependiente</i>	30
3.5	Recolección de información	31
3.6	Plan para la recolección de información.....	31
3.7	Encuesta modelo	32
3.7.1	Objetivo	32
3.8	Población y muestra.....	33
3.8.1	<i>Población</i>	33

3.8.2	<i>Muestra</i>	33
3.9	Aplicación de encuestas y resultados del modelo actual	33
3.9.1	<i>Ponderación de resultados</i>	35
3.9.2	<i>Cuadro de datos acorde al tiempo de exposición y molestias presentadas modelo actual</i>	44
3.9.3	<i>Análisis del modelo actual mediante el software Ergo IBV</i>	45
3.9.4	<i>Análisis ergonómico del modelo actual</i>	48
3.9.5	<i>Análisis del modelo actual mediante el software Ansys</i>	49
	CAPÍTULO IV	52
4	MARCO PROPOSITIVO	52
4.1	Tema	52
4.2	Parámetros de diseño	52
4.2.1	<i>Diseño de la pieza</i>	54
4.2.2	<i>Construcción de la pieza</i>	54
4.2.3	<i>Pruebas y funcionamiento</i>	54
4.3	Fase de diseño	54
4.3.1	<i>Determinación de piezas</i>	54
4.2	Fase de Selección del Material	59
4.3	Fase de Análisis de Distribución de Cargas.....	61
4.4	Fase de Análisis de Ergonómico.....	63
4.4.1	<i>Análisis del Prototipo del Arnés Sujeción y Operación de la Desmalezadora</i> ..	63
4.4.2	<i>Análisis ergonómico del modelo propuesto</i>	69
4.5	Proceso de fabricación utilizando impresiones 3D.....	70
4.6	Proceso de ensamblaje de Ensamblaje del Prototipo.....	73
4.6.1	<i>Diagrama de Procesos</i>	73
4.7	Resultados de la encuesta aplicada a los operarios en el área de limpieza de huertos de cacao	74
4.7.1	<i>Ponderación de resultados propuesto</i>	75
4.7.2	<i>Cuadro de datos acorde al tiempo de exposición y molestias presentadas modelo propuesto</i>	84
4.7.3	<i>Comprobación de hipótesis método propuesto</i>	85
4.7.4	<i>Comprobación de resultados método actual vs método propuesto</i>	88
4.7.5	<i>Análisis de propuesta</i>	89
4.8	Fase de uso adecuado del prototipo	89

4.8.1 <i>Uso del arnés.</i>	89
4.8.2 <i>Fase de pausas activas.</i>	89
4.8.3 <i>Ejercicios de relación muscular.</i>	90
4.9 Estudio de Costos.....	91
4.9.1 <i>Costos Directos Mango de Operación.</i>	91
4.9.2 <i>Costos Indirectos del Mango de Operación.</i>	92
4.9.3 <i>Costos Totales del Prototipo de Mango de Operación.</i>	92
4.9.4 <i>Costos directos del prototipo de arnés.</i>	92
4.9.5 <i>Costos indirectos del prototipo de arnés.</i>	93
4.9.6 <i>Costos Totales del prototipo de arnés.</i>	94
CAPÍTULO V	95
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
5.1 Conclusiones	95
5.2 Recomendaciones	96
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de Variable Independiente	29
Tabla 2. Operacionalización de Variable Dependiente	30
Tabla 3. Recolección de información	31
Tabla 3. Plan de procesamiento de la información	31
Tabla 5. Cuestionario	32
Tabla 6. Resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI en el modelo actual.	34
Tabla 7. . Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	35
Tabla 8. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	36
Tabla 9. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	36
Tabla 10. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa.... APROCAI.....	37
Tabla 11. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	38
Tabla 12. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	39
Tabla 13. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	40
Tabla 14. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	41
Tabla 15. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	42
Tabla 16. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	43
Tabla 17. Toma de tiempos de exposición aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	44
Tabla 18. Tabla de evaluaciones ergonómica	48
Tabla 19. Séptima hora de trabajo	49

Tabla 20. Resultados obtenidos mediante el software ANSYS.....	51
Tabla 21. Proceso de diseño	52
Tabla 22. Proceso de fabricación	53
Tabla 23. Piezas determinadas.....	55
Tabla 24. Fuerza total de deformación	63
Tabla 25. Segunda hora de trabajo.....	69
Tabla 26. Séptima hora de trabajo.	69
Tabla 27. Símbolos convencionales de procesos.....	73
Tabla 28. Resultados de encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI... 74	
Tabla 29. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	75
Tabla 30. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	76
Tabla 31. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	76
Tabla 32. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	77
Tabla 33. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	78
Tabla 34. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	79
Tabla 35. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	80
Tabla 36. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	81
Tabla 37. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	82
Tabla 38. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	83
Tabla 39. Toma de tiempos de exposición aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.....	84
Tabla 40. Tabla de Chi Cuadrado (χ^2)	86
Tabla 41. Tabla de contingencia	87
Tabla 42. Costos del proyecto.....	91

Tabla 43. Costos indirectos en el proceso de producción.....	92
Tabla 44. Costos totales en el proceso de producción.	92
Tabla 45. Costos directos en el proceso de producción.....	93
Tabla 46. Costos indirectos en el proceso de producción.....	93
Tabla 47. Costos totales en el proceso de producción.	94

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Objetivos de la ergonomía	8
<i>Figura 2.</i> Impresora Rostock	20
<i>Figura 3.</i> Localización de la empresa Aprocai Google Earth	22
<i>Figura 4.</i> Localización de la empresa Aprocai instalaciones	22
<i>Figura 5.</i> Diagrama jerárquico estructural de la Empresa APROCAI	23
<i>Figura 6.</i> Área de limpieza de huertos de cacao.....	25
<i>Figura 7.</i> Ejemplo de Modelo de cuestionario	28
<i>Figura 8.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	35
<i>Figura 9.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	36
<i>Figura 10.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	37
<i>Figura 11.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	38
<i>Figura 12.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	39
<i>Figura 13.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	40
<i>Figura 14.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	41
<i>Figura 15.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	42
<i>Figura 16.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	43
<i>Figura 17.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	44
<i>Figura 18.</i> Análisis del modelo actual.....	45
<i>Figura 19.</i> Selección del método a emplearse para el análisis	45
<i>Figura 20.</i> Datos generales de la empresa	46
<i>Figura 21.</i> Evaluacion grupo a: tronco, cuello y piernas.....	46
<i>Figura 22.</i> Grupo b: brazos, antebrazos, muñecas	47
<i>Figura 23.</i> Fuerza, el agarre y actividad muscular	47
<i>Figura 24.</i> Resultados obtenidos mediante el software ERGO IBV	48
<i>Figura 25.</i> Simulación con una fuerza de 77.42N (Deformación total)	49
<i>Figura 26.</i> Tensión equivalente	50
<i>Figura 27.</i> Esfuerzo Equivalente	50
<i>Figura 28.</i> Integración de los procesos.....	53
<i>Figura 29.</i> Página Solid Work.....	55
<i>Figura 30.</i> Espacio de trabajo.....	56
<i>Figura 31.</i> Plano de trabajo	56

<i>Figura 32.</i> Herramientas	57
<i>Figura 33.</i> Plano mango	58
<i>Figura 34.</i> Acople frontal superior A1 y A1	58
<i>Figura 35.</i> Ensamblaje completo del arnés	59
<i>Figura 36.</i> Cuadro de características del PLA:.....	61
<i>Figura 37.</i> Simulación con una fuerza de 77.42N (Deformación total)	62
<i>Figura 38.</i> Tensión equivalente	62
<i>Figura 39.</i> Esfuerzo Equivalente	62
<i>Figura 40.</i> Imágenes nuevo diseño.....	64
<i>Figura 41.</i> Apertura del software Ergo IBV	65
<i>Figura 42.</i> Selección del método	65
<i>Figura 43.</i> Datos de la empresa	66
<i>Figura 44.</i> Análisis grupo A.....	66
<i>Figura 45.</i> Análisis Grupo B	67
<i>Figura 46.</i> Análisis fuerza y agarre	67
<i>Figura 47.</i> Resultados.....	68
<i>Figura 48.</i> Pantalla de visualización de Netfabb Basic	71
<i>Figura 49.</i> Acople Mango	71
<i>Figura 50.</i> Pantalla de visualización.....	72
<i>Figura 51.</i> Acople Mango	72
<i>Figura 52.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	75
<i>Figura 53.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	76
<i>Figura 54.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	77
<i>Figura 55.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	78
<i>Figura 56.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	79
<i>Figura 57.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	80
<i>Figura 58.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	81
<i>Figura 59.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	82
<i>Figura 60.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	83
<i>Figura 61.</i> Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI.....	84

LISTA DE ABREVIACIONES

IBV	Instituto de Biomecánica de Valencia
REBA	Valoración Rápida de Cuerpo Completo
CAM	Manufactura asistido por computadora
CAD	Diseño asistido por computadora
CNC	Control Numérico Computarizado
EPP	Equipo de protección personal
EPI	Equipo de protección individual
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
ISO	Organización Internacional de Normalización.
KWh	Kilo vatio-hora
PYMES	Pequeñas y Medianas Empresa
PRC	Procedimiento
RG	Registro
SST	Seguridad y Salud en el Trabajo
TTHH	Talento Humano
TME	Trastornos Musculo Esqueléticos

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Planos del prototipo.
- Anexo B. Tipos de materiales y normas de selección
- Anexo C. Análisis en Ansys
- Anexo D. Análisis en Ergo IBV
- Anexo E. Diagrama de flujo del proceso de ensamble del prototipo.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realiza el diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de arnés de sujeción y operación, en la empresa “Aprocai” ubicada en la provincia de Chimborazo cantón Cumandá mediante la aplicación del software Ergomet 3.0, con la finalidad de realizar el estudio ergonómico de la influencia de las cargas y determinar las consecuencias de los movimientos repetitivos y evaluar el nuevo diseño del sistema de sujeción y operación mediante los Software: Solid Works, Ansys, Ergo IBV y ejecutar el mecanizado asistido por computador mediante los software: Matter Control y Netfabb Basic. Utilizando el método inductivo examinando elementos primordiales de observación, analíticos por que se reconoce la profundidad de la investigación, se utilizaron también técnicas como la encuesta, observación directa y Check-list; a través del software Ergo IBV se encontraron los siguientes resultados; la frecuencia media, la puntuación Reba -1 y el nivel de riesgo es “inapreciable”; con el software Ansys se ingresaron datos con una fuerza de 7.9 Kgf (77.42 N) con material de polímero PLA, dando como resultado una deformación total de 4.7 mm en la parte de soporte de la carga efectuada, evidenciando que no se afecta a la deformación total del diseño del arnés. Con el análisis estadístico se determina que el prototipo de arnés de sujeción y operación para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga. Se concluye que la evaluación del estudio técnico y ergonómico del arnés de sujeción determino que el material seleccionado es el adecuado, no solo porque cumple parámetros técnicos de diseño, sino también por su bajo costo de fabricación. Recomendándose realizar pausas activas en los tiempos propuestos, para de esta forma tener reducción de niveles de fatiga en los operarios.

PALABRAS CLAVE: <ERGONOMÍA>, <ANSYS (SOFTWARE)>, <ERGO IBV (SOFTWARE)>, <ARNÉS DE SUJECIÓN>, <MANGO DE OPERACIÓN>, <TRABAJO EN MATERIALES>.

ABSTRACT

The current research work addresses desing, manufacturing and testing of a prototype of a holding and operation harness at “APROCAI” company located in Chimborazo province, Cumandá canton, by applying Ergomet 3.0 software aiming to develop the ergonomic study of the influence of loads, determine the consequences of repetitive movements and evaluate the new desing of the subjection and operation system by means of the application of the software: Solid Works, Ansys, Ergo IBV; the machining of the pieces will be performed by using other software tolos such as: Matter Controls and Netfabb Basic. By using the inductive method to gather essential elements of the observation; and analytical methods in order to reach the depth of the research; thechniques as surveys, direct observation and Check-list were used, by using Ergo IBV software the following results were gathered; the average frequency, the Reba -1 puntuacion and the risk level is “invaluable”; by using the Ansys software, data were registered with a strength of 7.9 Kgf (77.42N) with PLA polymer, having as a result a total deformaion of 4.7 mm in the holding zone of the applied load, noticing that the total deformation of the harness desing is not affected.

With the statistical analysis it was determined that the subjection and operation harness prototype for the mowing truck in the farming area, affects importantly in the reduction of tiredness levels. It is concluded that the evaluation of the technical and ergonomic study of the subjection harness determined the adequacy of the material, not only for reaching the technical parameters of desing but also its low manufacturing cost. It is recommended to have active pauses in the suggested times so that it reduces the exhaust levels of the workers.

KEYWORDS: <ERGONOMIC>, <ANSYS SOFTWARE>, <ERGO IBV SOFTWARE>, <PLA POLYMER>, <HARNESS SUBJETION>, <OPERATING LEVER>, <WORKING MATERIALS>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es un sector crucial de producción en todo el mundo y un componente clave de la actividad humana en una sociedad en que la demanda de alimentos crece muy rápido.

La agricultura está dando grandes cambios a pasos agigantados, debido a que antiguamente los trabajadores agrícolas usaban herramientas básicas como el machete, tijeras podadoras, azadones, picos, palas, etc., mientras que a partir de los años 80, la implantación de maquinarias en la agricultura tales como: máquinas fumigadoras, desmalezadoras, tractores, etc., para cumplir la misma función con mayor comodidad, de manera que se les da mejor comodidad a los operarios, y ellos maximizaran su rendimiento, si el operario cuenta con un puesto de trabajo funcional y ergonómicamente diseñado a su fisiología, maximizara la producción de la empresa, de esa manera contribuye con el progreso de la agroindustria nacional.

En nuestro país, según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el año 2006, 31.6% (8.1 millones de habitantes) de la población nacional vive de la actividad agropecuaria; además, el sector agricultura emplea al 31.2% del total de la población económicamente activa, es decir, 2.8 millones de personas, que pueden trabajar dentro de empresas formales o como trabajadores informales o de subsistencia.

El ambiente de trabajo presenta riesgos físicos, riesgos químicos, riesgos biológicos, psicosociales, mecánicos, entre otros; llevando al sector agrícola a ser una de las ocupaciones más peligrosas, con mayor porcentaje de accidentes y enfermedades; pero son los trastornos musculoesqueléticos (TME), con su principal síntoma, el dolor, quienes superan en incidencia a cualquier otro tipo de enfermedad ocupacional relacionada con el trabajo agrícola.

Sin embargo, a pesar de la evidencia hallada, en Ecuador los estudios se limitan a considerar la intoxicación por pesticidas y otros químicos como el único riesgo al que se ven expuestos los trabajadores agrícolas, cuando debido a la naturaleza de su trabajo.

Los que a la larga causarán trastornos musculo esqueléticos; además no se ha encontrado estudios ecuatorianos que estudien el dolor musculo esquelético en esta población.

Los trastornos músculo-esqueléticos (TME) presentes en las actividades agrícolas de origen laboral son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, nervios, articulaciones, etc. causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla. La mayor parte de los TME son trastornos acumulativos resultantes de una exposición repetida a cargas más o menos pesadas durante un período de tiempo prolongado. No obstante, los TME también pueden deberse a traumatismos agudos, como fracturas, con ocasión de un accidente.

Son de aparición lenta y en apariencia inofensivos hasta que se hacen crónicos y se produce el daño permanente. Estas lesiones pueden aparecer en cualquier región corporal, aunque se localizan con más frecuencia en espalda, cuello, hombros, codos, manos y muñecas.

Los síntomas principales son el dolor asociado a inflamación, pérdida de fuerza y limitación funcional de la parte del cuerpo afectada, dificultando o impidiendo la realización de algunos movimientos.

La Agencia Europea para la Salud y Seguridad en el Trabajo (2007) en una investigación determinó que los trastornos musculo esqueléticos constituyen un problema especial en la agricultura, como demuestran las siguientes cifras: casi el 60% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca tiene que adoptar posturas dolorosas en el trabajo la mitad del tiempo o más, siendo éste el sector con el porcentaje más alto; casi el 50% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca tiene que manipular cargas pesadas la mitad del tiempo o más; más del 50% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca está expuesto a movimientos repetitivos de las manos la mitad del tiempo o más.

Algunos TME, como el síndrome del túnel carpiano, son específicos debido a sus síntomas bien definidos. Otros no lo son tanto, ya que únicamente se observa dolor o incomodidad sin síntomas claros de que exista un trastorno específico.

Las lesiones músculo-esqueléticas más frecuentes son: tendinitis, tenosinovitis, epicondilitis, lumbalgias, mialgias, hernias de disco, cervicalgias, síndrome del túnel carpiano. (Constanza Fachal, M Victoria Motti, 2010).

1.1 Problema de investigación

La empresa en general en estos momentos debe ser eficaz utilizando menor cantidad de recursos, característica que se logra mejorando sus procesos. El presente proyecto de investigación se enfoca en el área de limpieza de huertos de cacao compuesta por 68 operarios.

Mediante una valoración visual como también de un estudio preliminar Aprocai no posee estudios específicos de riesgos ergonómicos estandarizados para efectuar el equilibrio de las posturas y los tiempos de exposición en el área citada anteriormente, lo que dificulta elevar la productividad y eficiencia de la empresa.

1.1.1 El planteamiento del problema.

El Ecuador es un país potencialmente agrícola, en el cual se utiliza herramientas y máquinas para cumplir las labores de trabajo en el campo, teniendo una gran incidencia en la agricultura de manera que es de gran ayuda para la optimización de recursos y mano de obra, un 65% de los agricultores tienen una desmalezadora de manera que notaron que es de mucha ayuda para los diferentes tipos de limpiezas de sus huertas que ellos poseen, pero con esto también llegaron los problemas, debido a los largos periodos que se ven expuestos a la utilización de este tipo de máquina, de manera que un 75% de los operarios que trabajan con una máquina de este tipo presentan molestias según una encuesta realizada por el diario el Comercio.

Aprocai es una empresa que utiliza las desmalezadoras para limpiar los huertos de cacao, utiliza este tipo máquinas para rozar o limpiar de huertos, esta se avisto afectada por el rendimiento de los trabajadores que se ven inmersos en esta actividad.

Por lo cual es necesario realizar un estudio sobre esta máquina en cada uno de los componentes del sistema de sujeción y operación de la desmalezadora, por las molestias que se viene presentando en los trabajadores como son la fatiga, debido a los largos tiempos de exposición y ejecución de este tipo de maquinaria.

1.2 La formulación del problema

¿De qué manera el diseño, fabricación de un prototipo de arnés de sujeción y mango de operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola incide en la reducción de los niveles de fatiga?

1.3 La sistematización del problema

- ¿El estudio e implantación ergonómico del arnés y mango de operación de la desmalezadora repercutirá en la producción de la empresa?
- ¿Se podrá determinar la reducción de niveles de fatiga?
- ¿Se puede mejorar la distribución de cargas del arnés?
- ¿Se puede disminuir la repetitividad en el uso del mango de operación?

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación teórica. El funcionamiento básico de las máquinas desmalezadoras se caracterizan por medio de rotación de la herramienta de corte o cuchilla y el avance de la misma a lo largo de su propio eje, dentro de una pieza estacionaria, para producir un corte de aproximadamente el mismo tamaño que el diámetro de la herramienta de corte.

Funcionamiento de una desmalezadora- Es una máquina utilizada en jardinería para cortar las malas hierbas a ras del suelo y para repasar los lugares a los que un cortacésped no puede llegar, como las esquinas y los bordes, etc. El corte lo realiza con un hilo de nailon o cuchillas presentadas en discos.

Los parámetros de corte fundamentales que hay que considerar son los siguientes:

- Además, algunos tienen incluidos sistemas anti-vibración para lograr mejor control. El motor va conectado a una barra larga y delgada que termina en el sistema de corte.
- Las barras pueden ser rectas o curvas y están provistas de empuñaduras que pueden ser de tipo delta (una agarradera pequeña) o de doble manillar (se agarra con las dos manos para distribuir mejor el peso).
- La desmalezadora funcionan con un motor que puede ser de combustión o eléctrico.
- Al final de la barra se encuentra un dispositivo de giro responsable del corte que puede ser un cabezal de polietileno o un ABS en el que se usa un hilo de nailon de diferente grosor.

1.4.2 Justificación metodológica. Como medio para obtener conocimientos en el presente trabajo de investigación, se procederá a analizar el desarrollo de las operaciones y actividades realizadas en la empresa Aprocai, presentes en la utilización de la desmalezadora por medio del software ERGOMET 3.0 y ANSYS, mediante la observación y el razonamiento inductivo iniciará observando casos particulares y partiendo del examen y posterior verificación de los daños presentes en los trabajadores o usuarios a los cuales estamos evaluando, de estos hechos se llega a una conclusión general de la presente propuesta investigación.

El razonamiento deductivo se caracteriza porque va de lo universal a lo particular, en este caso parte de visualizar las molestias ocasionadas por el tiempo de exposición de el arnés, para establecer hechos particulares de operaciones a realizar la actividad de rozar por los trabajadores, que no están siendo bien ejecutadas, debido que presentan diferentes molestias y dificultan la correcta utilización de los trabajadores impidiendo de ese modo no llegar a desarrollar habilidades y destrezas de una condición práctica.

1.4.3 Justificación práctica.- Se realizará en la empresa APROCAI, el diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de arnés de sujeción, operación e implementación ergonómica del sistema de sujeción y operación de la desmalezadora mediante la utilización del software ERGOMET 3.0, que servirán para evaluar las posturas, movimientos de los trabajadores en la utilización de la desmalezadora, garantizando su total funcionamiento, que beneficiará a la empresa “APROCAI” a través del mejor rendimiento de sus empleados, a su vez evitar enfermedades laborales en los trabajadores al mismo tiempo a la escuela de Ingeniería Industrial, para el fortalecimiento de sus conocimientos con un alto nivel académico.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general. - Diseñar un prototipo de arnés de sujeción y mango operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola en la empresa “APROCAI” ubicada en la provincia de Chimborazo Cantón Cumandá mediante la aplicación del software Ergomet 3.0 para de esta manera mitigar molestias por el tiempo de exposición de los operarios con la máquina.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio ergonómico de la influencia de las cargas y determinar las consecuencias de los movimientos repetitivos en la operación de la desmalezadora.
- Diagnosticar la problemática inherente al trabajo repetitivo en la operación de la desmalezadora.
- Evaluar el nuevo diseño del sistema de sujeción y operación de la desmalezadora mediante los Software: Solid Works, Ansys.
- Seleccionar el material adecuado para la fabricación considerando que tienen que ser el idóneo para este tipo de estudio mediante normativas de selección de materiales.
- Ejecutar el mecanizado asistido por computador mediante los softwares: Matter Control y Netfabb Basic.
- Desarrollar la evaluación y pruebas por medio de los softwares Ansys y Ergo IBV.

1.6 Hipótesis

El prototipo de Arnés de Sujeción y Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga.

Hipótesis Nula Ho: El prototipo de Arnés de Sujeción y Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola NO incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga.

Hipótesis Alterna Ha: El prototipo de Arnés de Sujeción y Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola SI incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga.

1.7 Formulación de variables

- **Variable Independiente**

Prototipo de Arnés de Sujeción y Operación.

- **Variable Dependiente**

Reducción de los niveles de fatiga.

CAPÍTULO II

2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

2.1 Ergonomía

La ergonomía se define como el campo de conocimientos multidisciplinarios que tiene como misión adaptar productos, tareas, herramientas, maquinas, espacios de trabajo, ritmos de trabajo, etc., a las capacidades y necesidades de los trabajadores.

El objetivo de la ergonomía es mejorar la eficiencia, seguridad y bienestar.

La ergonomía se delimita como el método científico encargado de instruirse en las interacciones entre los individuos y otros compendios de un régimen y la carrera que aplica la presunción, los compendios, la indagación y las técnicas para perfeccionar la prosperidad humana y la ocupación general del régimen. (Yordan Rodriguez Ruiz, Eliabeth Perez Mergarejo, 2014)

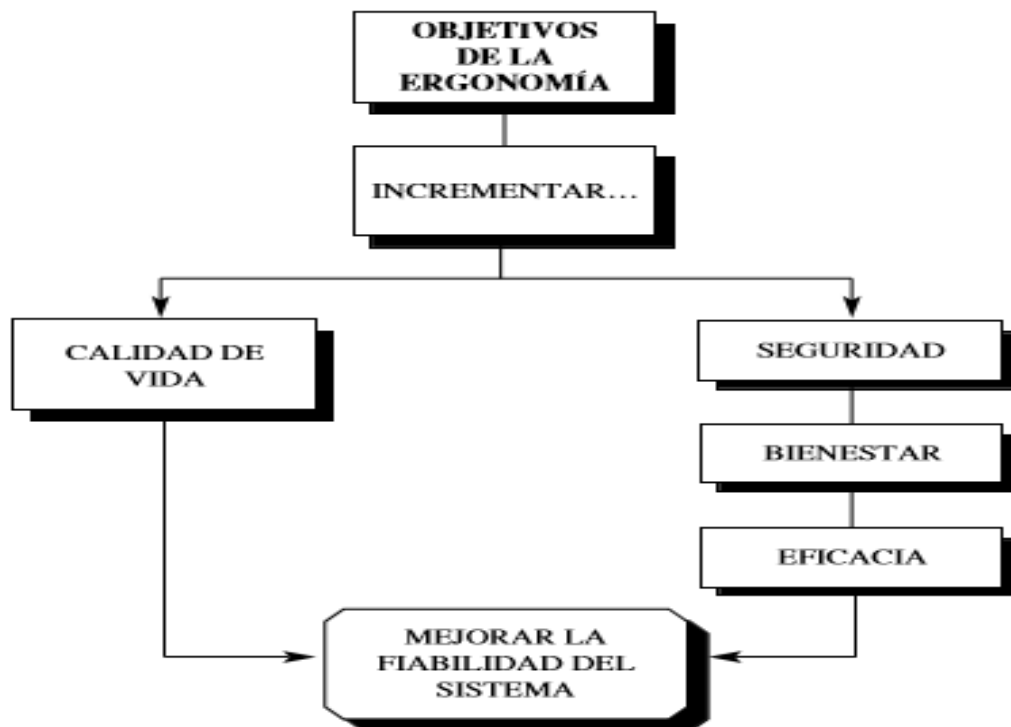
En la mayoría de todas sus diligencias su imparcial es habitual: consiste en adecuar los productos, los trabajos, los equipos, las áreas y el ambiente en general a la cabida y necesidades de los individuos, de modo que optimice la eficacia, seguridad y prosperidad de los interesados, beneficiarios o trabajadores. El proyecto ergonómico reside en diseñar los productos y puestos de trabajo de manera de acomodar éstos a los individuos y no al contrario.

La otra forma de entender la ergonomía requiere la presencia activa del ergónomo en la fase de proyecto y/o en el lugar de trabajo/ocio, posibilita el analizar la actividad, entender la forma de actuación real de los usuarios, diferenciando “lo que dicen, de lo que hacen”, infiriendo los procesos que subyacen en su actuación, las variaciones no reseñadas en las condiciones de realización de la tarea, el uso de “otros” medios de trabajo, etc., todo lo cual es necesario para elaborar estrategias más eficaces a la hora de dar forma y corporizar el proyecto. (Constanza Fachal, M Victoria Motti, 2010)

La ergonomía geométrica posibilita la actuación en el diseño de los espacios, máquinas y herramientas que configuran el entorno de la persona que no es otra cosa que los medios

que éste utiliza para comunicarse o satisfacer sus necesidades en el trabajo o en el ocio. El conjunto de útiles y mecanismos, su entorno y el usuario, forman una unidad que podemos definir y analizar como un sistema P-M, considerando, no sólo los valores de interacción de variables, sino también las relaciones sinérgicas. (Antonio, 2015)

Figura 1. Objetivos de la ergonomía



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2010

2.2 Ámbitos de la ergonomía

“La ergonomía se concentra en dos ámbitos: el diseño de productos y el puesto de trabajo. Su aplicación al ámbito laboral ha sido tradicionalmente la más frecuente; aunque también está muy presente en el diseño de productos y en ámbitos relacionados como la actividad del hogar, el ocio o el deporte. El diseño y adaptación de productos y entornos para personas con limitaciones funcionales (personas mayores, personas con discapacidad, etc.) es también otro ámbito de actuación de la ergonomía. El usuario no se concibe como un “objeto” a proteger sino como una persona en busca de un compromiso aceptable con las exigencias del medio. El ergónomo da referencias para concebir situaciones más adaptadas a las tareas a realizar, en función de las características de todos los usuarios involucrados en el proyecto.” (Yordan Rodriguez Ruiz, Eliabeth Perez Mergarejo, 2014)

2.3 Ergonomía del producto

En la delineación ergonómica de los productos se frecuenta a investigar que éstos consten: el ser eficaz en su uso y seguros, que apoyen a optimizar la producción sin generar patologías en el organismo de los usuarios y que en la disposición de su representación muestren su modo de uso, etc. (Constanza Fachal, M Victoria Motti, 2010)

2.4 Ergonomía en el trabajo

Se conviene establecer que elementos de riesgo existentes en el lugar de trabajo a partir de cifras e indicaciones que transgreden de forma negativa en el procedimiento de los trabajadores y de la producción en general. La indagación de esta indagación se puede realizar de forma pasiva (registros estadísticos de enfermedades o accidentes, consultas a los obreros, empresarios y partes interesadas, reflexión directa a los trabajadores, tareas y sitios de trabajo). Una vez reconocido el riesgo actual en el lugar de trabajo debe ser ejecutada la valoración de riesgo. (Yordan Rodriguez Ruiz, Eliabeth Perez Mergarejo, 2014)

“En estricto sentido no existe ninguna "cosa" ergonómica, pues la calidad de tal depende de la interacción con el individuo, y no bastan las características del objeto. El diseño ergonómico del puesto de trabajo intenta obtener un ajuste adecuado entre las aptitudes o habilidades del trabajador y los requerimientos o demandas del trabajo. El objetivo final, es optimizar la productividad del trabajador y del sistema de producción, al mismo tiempo que garantizar la satisfacción, la seguridad y salud de los trabajadores.

Para diseñar correctamente las condiciones que debe reunir un puesto de trabajo se debe tener en cuenta, entre otros, los siguientes factores:

1. Los riesgos de carácter mecánico que puedan existir.
2. Los riesgos causados por una postura de trabajo incorrecta fruto de un diseño incorrecto de asientos, taburetes, etc.
3. Riesgos relacionados con la actividad del trabajador (por ejemplo, por las posturas de trabajo mantenidas, sobreesfuerzos o movimientos efectuados durante el trabajo de forma incorrecta o la sobrecarga sufrida de las capacidades de percepción y atención del trabajador).

4. Riesgos relativos a la energía (la electricidad, el aire comprimido, los gases, la temperatura, los agentes químicos, etc.).

El diseño adecuado del puesto de trabajo debe servir para:

1. Garantizar una correcta disposición del espacio de trabajo.
2. Evitar los esfuerzos innecesarios. Los esfuerzos nunca deben sobrepasar la capacidad física del trabajador.
3. Evitar movimientos que fuercen los sistemas articulares.
4. Evitar los trabajos excesivamente repetitivos.” (Constanza Fachal, M Victoria Motti, 2010)

2.5 Diseño del ambiente laboral

Se Frecuenta en el mejoramiento del diseño de los ambientes de trabajo que encierran al dinamismo que ejecuta el trabajador. Puede relatar a semblantes tales como los siguientes:

- Circunstancias climáticas: temperatura, luminosidad, sonido, oscilaciones, etc.
- Repartimiento del área física y de los elementos dentro del espacio.
- Hay que modificar o sustituir las herramientas manuales que provocan incomodidad o lesiones, a menudo, los trabajadores son la mejor fuente de ideas sobre cómo mejorar una herramienta para que seas más cómodo manejarla. (Constanza Fachal, M Victoria Motti, 2010)

2.6 ¿Qué son las máquinas desmalezadoras?

Estas máquinas desmalezadoras marchan con un motor que consigue ser de combustión o eléctrico, siendo el primero el de mejor utilidad. Estos motores varían según la guía y la marca, logrando ser de carácter automatizado o manejable. Además, algunos de estos motores tienen incluidos procedimientos de anti vibración para lograr un mejor control. En este caso el motor va acoplado a una barra larga y delgada que termina en el procedimiento de corte. Las asees logran ser rectas o curvas y están aprovisionadas de manubrios que pueden ser de tipo delta (una agarradera pequeña) o de doble manillar (se engancha con las dos manos para intercambiar de mejor manera el peso). Al final de la palanca se halla un punto de conexión de giro comprometido del corte que puede ser un

cabezal de polietileno o un ABS en el que se usa un hilo de nylon de diferente grosor. Para trabajos más pesados, es usual que se usen segmentos de acero con diferentes representaciones, siendo las más frecuentes las de 3 o 4 puntas. (Barraza, 2016)

2.7 Finalidad de las máquinas desmalezadoras

La finalidad de la desmalezadora es una herramienta muy útil con un desplazamiento de corte medio, que le permite llegar a los lugares más difíciles de alcanzar para los trabajadores que se hallen utilizando esta herramienta. Aunque el cortacésped es el artefacto primordial para corte por su administración y ensanchamiento, hay una variedad en la cual no accede en muchos lugares a los que no puede llegar por su tamaño. Es ahí donde la desmalezadora se vuelve un instrumento tan útil ya que se puede utilizar en terrenos con piedras, en zonas con aplazados dificultosas y en huertos con presencia de objetos. En muy utilizada también, para cortar en las orillas y las salientes, en donde otra máquina no puede hacer su trabajo. Además, es muy útil cuando la zona de corte presenta una hierba muy crecida que es improbable cortar con otros aparatos. (Barraza, 2016)

2.8 ¿Qué es un arnés?

El arnés es una herramienta de seguridad que tiene diferentes tipos de utilidad ya sean estos en deportes extremos, trabajos a desnivel, trabajos con máquinas herramientas, hay tres tipos de arnés: de cintura, integrales y combinados. (OHSAS, 2013)

2.9 Finalidad del arnés

La finalidad del arnés es brindar seguridad, comodidad, maniobrabilidad al operario, en la distribución de las cargas, esfuerzos, presentes en el mismo, para que el operario este cómodo logrando de esta manera un óptimo uso en las labores o tareas designadas.

2.10 Métodos de valoración de riesgos físicos

2.10.1 Introducción.

El desconocimiento de que existe en las PYMES (pequeñas y medianas empresas) de los trastornos musculoesquelético derivados de la exposición a la carga física debida a movimientos repetitivos, así como de métodos de evaluación de este tipo de riesgos, justifica el objetivo de esta NTP (notas técnicas de prevención), que no es otro que dar a

conocer una serie de métodos de evaluación de carga física debida a movimientos repetitivos de los miembros superiores.

De esta manera se propone una serie de actualizaciones al que se considera como uno de los métodos más completos y fáciles de utilizar.

La evaluación de la carga física en un puesto de trabajo servirá para determinar si el nivel de exigencias físicas impuestas por la tarea y el entorno donde aquella se desarrolla está dentro de los límites fisiológicos y biomecánicos aceptables o, por el contrario, pueden llegar a sobrepasar las capacidades físicas de la persona con el consiguiente riesgo para la salud.

Por otro lado, el análisis de toda la información que será necesario recoger en el puesto de trabajo para proceder a la valoración del riesgo de la carga física, como son posturas, movimientos y esfuerzos realizados, dimensiones del mobiliario, alcances verticales y horizontales, etc., permitirá detectar aquellos elementos o situaciones ergonómicamente inadecuados, para establecer después las medidas correctoras y preventivas pertinentes que contribuyan a la mejora de las condiciones de trabajo en el puesto estudiado. (Antonio, 2015)

2.10.2 Método CHECK-LIST OCRA.

El método check-list OCRA (“Occupational Repetitive Action”) es un método de evaluación de la exposición a movimiento y esfuerzos repetitivos de los miembros superiores.

El fundamento de este modelo es la consideración para cada tarea que contenga movimientos repetitivos de los siguientes factores de riesgo:

- Modalidades de interrupciones del trabajo a turnos con pausas o con otros trabajos de control visivo (A_1 , Postura).
- Actividad de los brazos y la frecuencia del trabajo (A_2 , Frecuencia).
- Actividad del trabajo con uso repetitivo de fuerza en manos/brazos (A_3 , Fuerza).
- Presencia de posiciones incómodas de los brazos, muñecas y codos durante el desarrollo de la tarea repetitiva (A_4 , Postura).

- Presencia de factores de riesgos complementarios (A_5 , Complementarios).

Para determinar el índice check-list OCRA de una tarea A determinada, se utiliza la expresión siguiente.

$$\text{Puntuación } A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \quad (1).$$

Siendo del turno diario de trabajo existen varias repetitivas (A,B,C,...), para obtener el índice check-list OCRA en el turno hay que aplicar la expresión siguiente:

$$(\text{punt } AX \% PA) + (\text{punt } BX \% PB) + \text{etc...} \quad (2)$$

Donde: % PA, % PB = Porcentaje de tiempo de tarea A, B en el turno. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2010) (Antonio, 2015)

2.10.2.1 Ventajas.

1. Es bastante intuitivo y fácil de aplicar, siendo también muy completo en cuanto a la contemplación de los factores de riesgos.
 2. Evalúa las modalidades de interrupción del trabajo a turnos con pausas.
 3. La evaluación de repetitividad de la actividad de los brazos es más exhaustiva.
 4. Se evalúa la actividad del trabajo con su uso repetitivo de fuerza en manos/brazos en función de las vueltas/ciclo y/o el tiempo empleado en la realización de esa actividad.
 5. Evalúa la presencia de posturas incómodas de brazos, muñecas y codos según el tiempo empleado en la realización de esa actividad.
 6. Evalúa el tiempo de sujeción o agarre con la mano de objetos o herramientas, según el tiempo empleado en la realización de la tarea repetitiva.
 7. Evalúa la presencia de otros factores de riesgo complementarios.
- Uso de guantes inadecuados al trabajo a desarrollar (molestos, demasiado gruesos, talla equivocada, etc).
 - Uso de instrumentos vibrantes.
 - Uso de herramientas que provoquen compresiones en la piel (enrojecimientos, cortes, ampollas.)

- Realización de tareas que requieren precisión.
- Ritmo de trabajo parcial o totalmente determinado por la máquina. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo , 2010)

2.11 Método REBA

El método reba permite el análisis de las desiguales posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Para desarrollar el método sus autores, apoyados por un equipo de ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, valoraron alrededor de 600 posturas de trabajo. Para la definición de los segmentos corporales, se analizaron tareas simples con variaciones en la carga y los movimientos. El estudio se realizó aplicando varios métodos previamente desarrollados como la ecuación de Niosh (Waters et al. 1993), la Escala de Percepción de Esfuerzo (Borg, 1985), el método OWAS (Karhu et al., 1994), la técnica BPD (Corlett y Bishop, 1976) y el método RULA (McAtamney y Corlett,1993).

El objetivo de REBA es valorar el grado de exposición del trabajador al riesgo por la adopción de posturas inadecuadas. Aunque el método considere otros factores como las fuerzas ejercidas o la repetitividad, debe emplearse sólo para evaluar la carga postural.

- REBA es el acrónimo de Rapid Entire Body Assessment (Valoración Rápida del Cuerpo Completo). A diferencia del método RULA este método permite valorar la carga estática en las extremidades superiores. Es un método especialmente sensible a los riesgos de tipo músculo-esquelético. Divide el cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente, y evalúa tanto los miembros superiores, como el tronco, el cuello y las piernas.
- Analiza la repercusión sobre la carga postural del manejo de cargas realizado con las manos o con otras partes del cuerpo.
- Considera el tipo de agarre de la carga manejada.
- Permite la valoración de la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas, o debidas a cambios bruscos o inesperados en la postura.

- El resultado determina el nivel de riesgo de padecer lesiones estableciendo el nivel de acción requerido y la urgencia de la intervención. (Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015., pág. 12)

2.12 Solidworks

Es un software CAD (diseño asistido por computadora) para esculpido mecánico en 3D, perfeccionado en la actualidad por Solidworks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible.

El software consiste en crear segmentos y conjuntos, extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de datos necesarios para la fabricación. Es un programa que marcha con base en las nuevas metodologías de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del proyectista al sistema CAD, la pieza o conjunto. Consecutivamente todas las procedencias (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante computarizada. (dassault systemes, 2012)

2.13 Matter controls

El software Matter controls es de mucha ayuda, debido a que es muy útil y versátil, de manera que hay una gran compatibilidad con las impresoras 3D. Es un software gratuito, de código abierto de impresión 3D proporcionado por Matter Hackers que le permite organizar y administrar sus impresiones en 3D, cuentas con las siguientes características:

- Fácil conexión a la impresora
- Impresora 3D
- Impresión 3D
- Administración de la cola de la impresión
- Vista previa de un objeto
- Controles de la impresora; controles de temperatura, movimiento, nivelación automática de la cama, ajuste de la afinación

2.14 Ansys mechanical

Es una potente solución para el análisis de estructuras bajo cargas lineales, no lineales y dinámicas. Incluye una amplia gama del estudio del comportamientos de los elementos, también incorpora varios modelos de materiales, así como formulas precargadas para la resolución de un gran número de problemas de ingeniería. (ANSYS, 2013)

La confiabilidad con que cuenta este programa es del 95%.

2.15 Ergo IBV

Es un software desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia para la evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales asociados al puesto de trabajo, nos permite detectar los riesgos ergonómicos que pueden afectar al trabajador obtener informes y recomendaciones.

Incluye modos de evaluación de riesgos en diferentes ámbitos de aplicación, también incluye un asistente para la selección de módulos y un módulo para el diseño antropométrico del trabajo; el programa además cuenta con:

- Dispone de video integrado en la propia aplicación.
- Genera informes detallados de los resultados obtenidos.
- Ofrece recomendaciones para solucionar riesgos detectados.
- Permite acceder a ErgoBD (base de datos de ayuda al diseño ergonómico del trabajo).
- Es una aplicación dinámica que se actualiza con carácter anual, incorporando continuas mejoras.

Ergo IBV recopila las principales metodologías para la valoración de riesgos:

- Manipulación manual de cargas
- Movimientos repetitivos
- Posturas inadecuadas

2.16 Impresora 3D

Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar réplicas de diseños en 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador, descargado de internet o recogido a partir de un escáner 3D. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D. Comúnmente se ha utilizado en la prefabricación de piezas o componentes, en sectores como la arquitectura y el diseño industrial. En la actualidad se está extendiendo su uso en la fabricación de todo tipo de objetos, modelos para vaciado, piezas complicadas, alimentos, prótesis, médicas (ya que la impresión 3D permite adaptar cada pieza fabricada a las características exactas de cada paciente), etc.

La impresión 3D en el sentido original del término se refiere a los procesos en los que secuencialmente se acumula material en una cama o plataforma por diferentes métodos de fabricación, tales como polimerización, inyección de aporte, inyección de aglutinante, extrusión de material, cama de polvo, laminación de metal, depósito metálico.

Existen múltiples modelos comerciales:

- De sinterización láser, donde un suministrador va depositando finas capas de polvo de diferentes metales (acero, aluminio, titanio...) y un láser a continuación funde cada capa con la anterior.
- De estereolitografía, donde una resina fotosensible es curada con haces de luz ultravioleta, solidificándola.
- De compactación, con una masa de polvo que se compacta por estratos.
- De adición, o de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas.

Según el método empleado para la compactación del polvo, se pueden clasificar en:

- Impresoras 3D de tinta: utilizan una tinta aglomerante para compactar el polvo. El uso de una tinta permite la impresión en diferentes colores.
- Impresoras 3D láser: Es un láser que transfiere energía al polvo haciendo que se polimerice. Después se sumerge en un líquido que hace que las zonas polimerizadas se solidifiquen.

Una vez impresas todas las capas sólo hay que sacar la pieza. Con ayuda de un aspirador se retira el polvo sobrante, que se reutilizará en futuras impresiones.

Para poder realizar el diseño de piezas que se desee imprimir en 3D se requiere de algún software CAD (diseño asistido por computadora), de los cuales podemos citar:

- Blender
- Draftsight
- Catia
- FreeCAD
- OpenSCAD
- SolidWorks
- TinkerCAD
- AutoCAD

Muchos de estos programas son muy sencillos de utilizar, ya que las interfaces son muy agradables para el usuario, además algunos de estos nos presentan herramientas especiales para poder saber si nuestro diseño cumple con las características esperadas tanto en forma como rendimiento.

2.16.1 Impresoras 3D de tinta

En el caso de las impresoras de tinta, el polvo compositivo utilizado puede ser a base de escayola o celulosa (el más común es el de escayola).

El resultado es bastante frágil, por lo que conviene someter la pieza a una infiltración a base de cianocrilato o epoxi para darle la dureza necesaria. Las piezas hechas con polvo de celulosa pueden infiltrarse con un elastómero para conseguir piezas flexibles.

La ventaja es que es un método más rápido y económico, aunque las piezas son más frágiles.

2.16.2 Impresora 3D láser.

En una piscina con resina en estado líquido y curándola con láser de luz ultravioleta. Se trata de fotopolímeros de base acrílica con diferentes propiedades físico-mecánicas: variedad de flexibilidades, elongación a rotura, resistencia, colores, etc. Se caracteriza por su precisión y acabado de superficie, lo que hace que su aplicación en matricería resulte muy adecuada. Dependiendo del polímero usado, las piezas pueden estar totalmente curadas al terminar la impresión y no hay tiempo de espera, aunque hay que retirar soportes de impresión con un chorro de agua a presión. Esta tecnología fue la primera en lograr inyectar dos materiales diferentes en una misma impresión, permitiendo la creación de materiales digitales con propiedades "a la carta". En otros polímeros fotosensibles, al acabar el proceso de impresión, debe esperarse un tiempo de curado para que el material acabe de polimerizarse y tenga las mejores características mecánicas y químicas. Después ya se podría manipular la pieza.

2.16.3 Impresoras que inyectan polímeros.

Determinadas impresoras usan filamentos de PLA, ABS, TPUV, Nylon, (filamento de plástico termoplástico), estas funden el plástico construyendo con él, capas muy finas sobrepuestas crear el objeto. Estos materiales admiten el pulido posterior de la pieza, al contrario que las impresoras 3D de tinta.

La ventaja es que las piezas son más resistentes, aunque el proceso es más lento y más costoso.

La tecnología FDM o FFF es la más extendida. Se funden los filamentos en una o más cabezas de extrusión, que depositan el plástico por capas, siendo impresoras utilizadas habitualmente para prototipado rápido, incluso para fabricación de piezas para las mismas impresoras y en robótica (RepRap). Cuentan con un enorme potencial y son las que mayor presencia tienen en el mercado. (R, 2008)

2.16.4 Impresoras rostock.

Rostock MAX es una impresora 3D en kit que nos ofrece See Me CNC.

La impresora usa una disposición delta de los brazos que controlan el extrusor, por lo que su área de fabricación está definida por un diámetro y una altura máxima.

Viene con electrónica RAMBo de UltiMachine e incluye display LCD con controlador para imprimir directamente sin ordenador. (Shigley Joseph, 1985)

Figura 2. Impresora Rostock



Fuente: RAMBo de UltiMachine

Características

Fabricante:

See Me CNC

Tecnología:

FDM - FFF

Materiales:

ABS

Tamaño máximo de impresión:

Diámetro: 289 mm Altura: 355 mm

Tamaño de filamento:

1,75 mm

Diámetro de boquilla:

0,50 mm

Movimiento eje X:

Extruder

Movimiento eje Y:

Extruder

Movimiento eje Z:

Extruder

Tipos de archivo:

Stl, gcode

Firmware:

Marlin RC2

Open source:

Yes

Formato de entrega:

Kit

País de fabricación:

Estados Unidos

CAPÍTULO III

3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN (MÉTODOS Y MATERIALES)

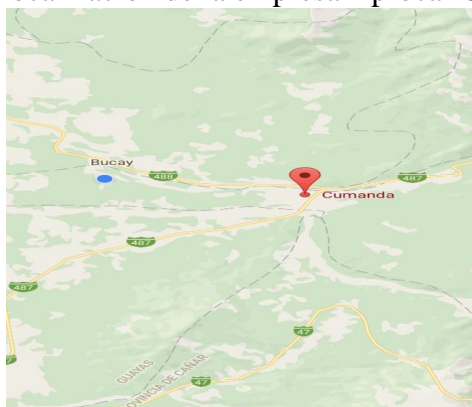
El diseño de la investigación para el diseño, fabricación y pruebas de un prototipo de arnés de sujeción y operación, para la desmalezadora debido al tiempo de exposición responde a las preguntas principales de la investigación.

3.1 Localización de la empresa APROCAI

Provincia: Chimborazo

Las instalaciones de la empresa están ubicadas en el cantón Cumandá km 6, sector la isla, Latitud: S 20° 20', Longitud: W 79° 15' a una altitud de 312msnm.

Figura 3. Localización de la empresa Aprocai Google Earth



Fuente: Google Earth

La infraestructura se lo puede apreciar en la figura 4, este es el lugar donde se utiliza el arnés y mango de operación para la limpieza de los huertos de cacao.

Figura 4. Localización de la empresa Aprocai instalaciones



Fuente: Aprocai

3.1.1 Misión Aprocai.

La empresa APROCAI, en el año 1996, con el soporte de todos los accionistas ha mejorado las situaciones de vida de cada una de las familias a través del aumento de la fabricación y la evolución y mercantilización del cacao, formando fuentes de trabajo y elaborando diligencias a favor del medio ambiente, con el apoyo de establecimientos aliadas. (APROCAI, 1996)

3.1.2 Visión Aprocai.

Originar el desarrollo financiero y social de todas las familias, socias por medio del acrecentamiento de la fabricación de pasta de cacao (chocolate amargo), establecer un sistema de comercialización sostenible, adiestramiento del personal, combinación con las autoridades para llegar a grandes colaboraciones mutuas. (APROCAI, 1996)

3.1.3 Organigrama Estructural de la Empresa Aprocai.

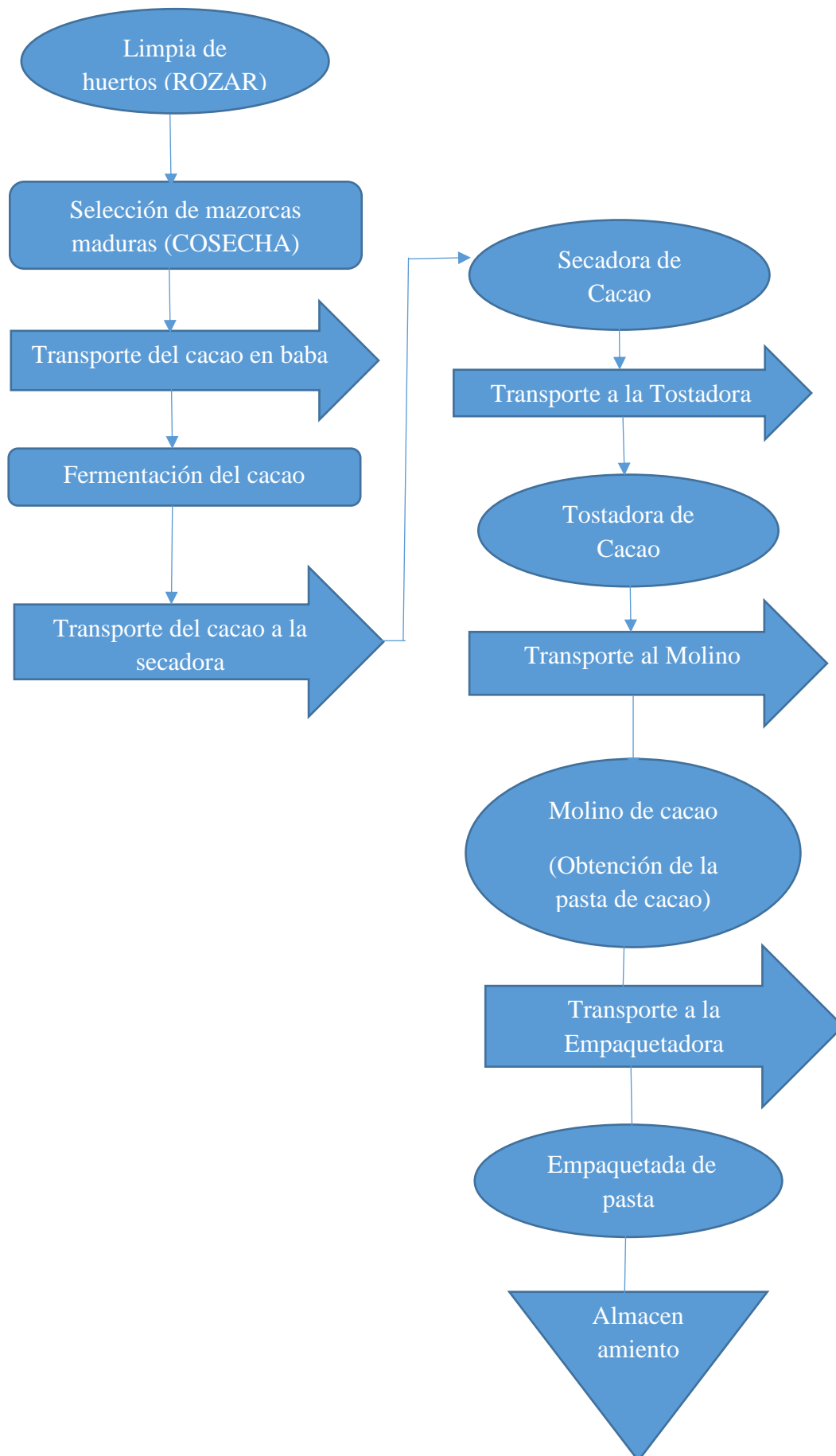
El capital más valioso de nuestra empresa es y será su gente. Es imprescindible mencionar de cada uno sus habilidades y experiencia que cuentan en los diferentes puestos de trabajo para el beneficio de la empresa. En este contexto, la empresa APROCAI S.A., cuenta con 74 empleados divididos estratégicamente en sus diferentes áreas y/o departamentos, como se expone en el organigrama estructural:

Figura 5. Diagrama jerárquico estructural de la Empresa APROCAI



Fuente: Aprocai

3.1.4 Proceso para la obtención de la pasta de cacao.



3.1.5 Área de estudio.

Figura 6. Área de limpieza de huertos de cacao



Fuente: Aprocai

El trabajo de investigación se enfoca en la aplicación de la orientación cuali-cuantitativo, de la siguiente forma:

- Es cualitativo de manera que la investigación se basa en el diseño, fabricación y pruebas del prototipo; de arnés y mango de operación; ya que se analiza todas las características particulares encontradas en los procesos y actividades.
- El método cuantitativo será ajustable en el actual trabajo para la elaboración y aplicación de las pruebas denominadas del diseño.

3.2.1 Tipos de investigación.

3.2.1.1 Investigación de campo.

Este tipo de investigación se afirma en averiguaciones que proceden entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y análisis. Como es concurrente desdoblar este tipo de investigación junto a la exploración de carácter fundamentada, se encomienda que primero se estudien las fuentes de la de carácter documental, a fin de evitar una falsedad en los trabajos. (R, 2008, págs. 21-22)

Mediante este ejemplo de investigación se realizará un diagnóstico concerniente a la realidad actual de la causa del manejo de la desmalezadora en la empresa procesadora de

cacao APROCAI de la Provincia de Chimborazo cantón Cumandá, es decir se procederá a visitar la empresa con el fin de descubrir e interpretar los problemas existentes.

3.2.1.2 *Investigación descriptiva*

Este tipo de investigación, se utiliza el método de análisis, se consigue determinar un centro de estudio o un contexto concreto, marcar sus peculiaridades y propiedades. Su objetivo es representar la estructura de las anomalías y su dinámica, identificar semblantes notables a su situación. (R, 2008, págs. 21-22)

Fruto del estudio de entrevistas, cuestionarios, informes, de su análisis se narrará la huella de las mismas en el proceso de evaluación.

3.2.1.3 *Investigación bibliográfica o documental*

Se muestra que en este tipo de investigación es la que se realiza, como su seudónimo lo muestra, apoyándose en orígenes de carácter fundamentado, esto es, en documentaciones de cualquier variedad. Como subtipos de la investigación hallamos la bibliográfica, la hemerográfica y la archivista; la primera se basa en la consulta de textos, la segunda en artículos o pruebas de revista y periódicos, mientras que la tercera en documentaciones que se localizan en los registros, oficios, etc. (R, 2008, págs. 21-22)

Garantizará realidades suficientes, componentes y notables para el perfeccionamiento del diseño, construcción y evaluación del arnés y mango de operación de la desmalezadora utilizada en el sector agrícola por cuanto será obtenido de fuentes internas como externas.

3.2.1.4 *Investigación correlacional*

Se utilizó este tipo de investigación, porque se cuenta con variables tanto independiente como dependiente, las cuales a su instante estuvieron relacionadas de acuerdo a las derivaciones obtenidas y de esta manera exponer una propuesta, este tipo de artículo o estudio descriptivo tuvo como propósito establecer el grado de correspondencia o asociación no casual existente entre dos o más variables, y posteriormente la aplicación de técnicas estadísticas.

3.3 Métodos, técnicas e instrumentos

Para la elaboración de la averiguación, haremos la utilización de los sucesivos métodos, técnicas e herramientas de exploración.

3.3.1 *Métodos de investigación.*

Método Inductivo. - Se va a utilizar este método porque va a acceder examinar elementos primordiales de observación, análisis y categorización de los diferentes hechos, permitiéndome alcanzar los objetivos planteados o formulados.

Método Deductivo. - Mediante este método que es lo contrapuesto al método anterior, ya que es parte de un discernimiento general y deriva por medio de un raciocinio universal y de esta manera evidenciar su eficacia, en este caso las sapiencias de ergonomía y distribución de cargas (fatiga) en la empresa APROCAI.

Método Analítico. - Por otro lado, este método se va examinar a hondonada la averiguación que se halla en dicho establecimiento logrando de esta explicar, formar similitudes, percibir mejor su actuación e instituir nuevas teorías.

3.3.2 *Técnicas de investigación.*

Encuestas. - Es una herramienta que nos permite la recolección de averiguación de un explícito grupo de individuos con el objetivo de lograr conseguir resultados corolarios, esto bajo cierta medida establecida para el asunto se toma en consideración el tipo de interrogaciones cerradas y de selección múltiple.

La entrevista. - Es un parlamento entre dos individuos, con el fin de obtener información que nos corresponde. Es obligatorio realizar encuestas y entrevistas sobre las posibles inciertas que existen en el área que se está estudiando.

Observación directa. - Esta nos permitirá prestar atención minuciosamente la causa de gestión de la institución, posterior se tomará notas en los papeles de trabajo.

Check-list. - Consiste en una lista de demostración, es un instrumento de ayuda en el encargo, diseñado o elaborado para reducir los deslices incitados por los permisibles límites de la retentiva y la atención del mismo en el ser humano. Favorece a aseverar la estabilidad y exhaustividad en la ejecución de la labor.

3.3.3 Instrumentos de Investigación.

El Cuestionario. - Tiene mucha jerarquía, ya que por medio de este se conseguirá la averiguación ansiada primordialmente al nivel masivo y será conformado por interrogaciones por preguntas anticipadamente formuladas, consintiendo obtener dictámenes y juicios alrededor de las variables antes aludidas.

La guía de la entrevista. - es un instrumento muy utilizado que se fabricará anterior a la entrevista, esto nos accederá a recoger información útil para el estudio de procesos de investigación.

Solidworks. - Para realizar dibujos, planos y modelados en dos y tres dimensiones.

Matter Controls. - Este tipo de software es de mucha ayuda de manera que, se simula las piezas que van hacer impresas.

Ansys Mechanical. - Este software es muy utilizado para evaluar cargas, distribución de fuerzas, resistencias de materias.

Ergo IBV. - En las evaluaciones ergonómicas es muy utilizado este tipo de software porque este brinda muchas alternativas de evaluación confiables.

Figura 7. Ejemplo de Modelo de cuestionario

P10 NOMBRE DEL ENCUESTADO? <input type="text"/>	P11 NUMERO DE TELEFONO? <input type="text"/>
P12 DIRECCION? <input type="text"/>	P13 CORREO ELECTRONICO? <input type="text"/>
P14 CIUDAD DONDE VIVE? 1 Madrid 2 Barcelona 3 Málaga 4 Valencia 5 Oviedo 6 Otra.Cuál? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	P15 ESTRATO AL CUAL PERTENECE? 1 Entre el estrato 1 y 2 2 Entre el estrato 3 y 4 3 Entre el estrato 5 y 6 4 Otro .Cuál? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
P16 ESTADO CIVIL DE LA PERSONA? 1 Soltero 2 Casado 3 Separado 4 Unión libre 5 Otro .Cuál? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	P17 EDAD DE LA PERSONA? 1 Menor a 10 años 2 Entre 10 y 20 años 3 Entre 20 y 30 años 4 Entre 30 y 40 años 5 Entre 40 y 50 años 6 Mayor a 50 años <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
P18 OCUPACION DE LA PERSONA? 1 Jubilado 2 Estudiante 3 Empleado 4 Trabajo y estudio 5 Educa trabajo 6 Profesional 7 Comerciante 8 Empresario 9 Otro.Cuál? <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	P19 NIVEL EDUCATIVO DE LA PERSONA? 1 Noticia educación 2 Primaria 3 Bachillerato 4 Técnico 5 Universitario 6 Postgrado <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
P20 CUANTAS PERSONAS INTEGRAN SU FAMILIA? 1 Menor a 5 años 2 Entre 6 y 10 años 3 Entre 11 y 17 años 4 Entre 18 y 25 años 5 Entre 26 y 35 años 6 Mayor a 35 años <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	P21 SEXO DE LA PERSONA? 1 Masculino 2 Femenino 3 Otro <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Fuente: <https://modelodeencuesta.files.wordpress.com/2010/11/diapositiva3.jpg>

3.4 Operacionalización de variables

3.4.1 Operacionalización de Variable Independiente.

Tabla 1. Operacionalización de Variable Independiente

PROTOTIPO DE ARNÉS DE SUJECIÓN Y MANGO DE OPERACIÓN				
CONTEXTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMES BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTO
El Prototipo de arnés de sujeción y mango de operación, busca aportar al mejoramiento de las condiciones de trabajo ejecutado por las personas considerando aspectos antropométricos y las medidas, proporciones y limitaciones del cuerpo humano. El confort del usuario en relación al mundo artificial de los objetos es un aspecto relevante en los procesos de investigación y desarrollo del diseño ergonómico.	Prototipo de Arnés	Diseño	¿El diseño que utiliza garantiza su salud física?	<p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Check-list a los socios de la Empresa APROCAI. • Check-list a Operarios de la Empresa APROCAI. <p>Instrumento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario.
	Condiciones de trabajo	Funcionalidad	¿Considera usted que existe una buena funcionalidad en el arnés que utiliza regularmente?	
		Tiempos de tareas	¿Tiene fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora?	
		Condiciones de trabajo	¿Ha tenido usted accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos?	
	Ergonomía	Evaluación de cargas	¿Usted se siente cómodo con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo?	

Realizado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo (2017)

3.4.2 Operacionalización de Variable Dependiente.

Tabla 2. Operacionalización de Variable Dependiente

REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE FATIGA				
CONTEXTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEMES BÁSICOS	TÉCNICA E INSTRUMENTO
<p>La reducción de los niveles de fatiga, Uno de los acomodos más universales para advertir la fatiga radica en la distribución del turno de trabajo de esta manera que admitirá la ejecución de las pausas. El conocimiento para ello es que la recuperación tras un trabajo de movimiento mental se consigue importantemente por un descanso más que por un cambio de actividad. En unos puestos de trabajo, supuestamente, puede considerarse que se realizan muchas pausas.</p>	Niveles de fatiga	Repetitividad	<p>¿Los mismos gestos o acciones se repiten mucho?</p> <p>¿Las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes?</p>	<p>Técnica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Check-list a los socios de la empresa. • Check-list a Operarios de la empresa. <p>Instrumento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario.
		Pausas	Entumecimiento	
	Trabajo	Actividades	<p>¿La actividad con las manos es muy pesada: ¿presión, agarre?</p> <p>¿La actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos?</p>	

Realizado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo (2017)

3.5 Recolección de información

Tabla 3. Recolección de información

TÉCNICA	INSTRUMENTO	A QUIEN	LUGAR	FECHA
Check-list	Cuestionario constituido con interrogantes cerradas de selección múltiple.	Muestra de socios de la empresa APROCAI	Propiedades de socios de la empresa	20 de abril al 18 de mayo del 2016.
Check-list	Cuestionario constituido con interrogantes cerradas de selección múltiple.	Operarios de la Empresa APROCAI.	Empresa APROCAI.	20 de mayo del 2016.

Realizado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo (2017)

3.6 Plan para la recolección de información

Tabla 4. Plan de procesamiento de la información

Información Primaria	
Preguntas Básicas	Explicación
¿Para qué?	Para reducción de niveles de fatiga mediante el diseño de un arnés.
¿Quién?	Oscar Matute – Adolfo Tandazo
¿Dónde?	Ciudad de Cumandá
¿Cuándo?	Enero 2017
¿Con qué?	Check-list
¿A quiénes?	Socios y Operarios de la Empresa APROCAI.
¿Cuántas veces?	2
¿Cómo?	Check-list
Información Secundaria	
Fuentes de Información	Primaria Secundaria

Marco conceptual	Lectura científica
¿Cuándo?	Mayo 2017
Situación	Investigación con fines académicos

Fuente: Empresa Procesadora de cacao APROCAI

Elaborador por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo (2017)

3.7 Encuesta modelo

3.7.1 Objetivo: Diseñar un prototipo de arnés de sujeción y mango operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola en la empresa “APROCAI” ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Cumandá, que permita optimizar el tiempo de los operarios y mejorar la distribución de cargas y repetitividad.

Tabla 5. Cuestionario

#	PREGUNTAS	Alternativas Para Respuesta		
		SI	A VECES	NO
1	¿El diseño que utiliza garantiza su salud física?			
2	¿Considera usted que existe una buena funcionalidad en el arnés que utiliza regularmente?			
3	¿Tiene fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora?			
4	¿Ha tenido usted accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos?			
5	¿Usted se siente cómodo con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo?			
6	¿Los mismos gestos o acciones se repiten mucho?			
7	¿Las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes?			
8	¿El trabajo exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano?			
9	¿La actividad con las manos es muy pesada: presión, agarre?			
10	¿La actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos?			

Autor: Método Ocra

Fuente: Instituto de Ergonomía de Valencia

3.8 Población y muestra

3.8.1 Población.

- Están comprendidos en 68 operarios. - Estos están sujetos a operar todas las máquinas desmalezadoras.

3.8.2 Muestra.

En estadística, una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población. En diversas aplicaciones interesa que una muestra sea una muestra representativa y para ello debe escogerse una técnica de muestra adecuada que produzca una muestra aleatoria adecuada (se obtiene una muestra sesgada cuyo interés y utilidad es más limitado dependiendo del grado de sesgo que presente).

Como un subgrupo o subconjunto representativo de la población, extraída seleccionada por algún método de muestreo. La muestra siempre es una parte de la población. Si se tiene varias poblaciones, entonces se tendrá varias muestras. La muestra debe poseer toda la información deseada para tener la posibilidad de extraerla.

Por ser un universo reducido no es necesario la aplicación de una muestra estadística y se procederá a trabajar con la totalidad de la población hacer evaluada, es decir los 68 operarios, ya que estos están íntimamente ligados.

3.9 Aplicación de encuestas y resultados del modelo actual

Se empleó como habilidad la encuesta, mediante el diseño de su respectiva herramienta que es el cuestionario del que se consiguió resultados que nos permiten graficar y hacer un balance de las frecuencias por opciones de respuesta, de esta manera llegando a la elaboración del análisis respectivo.

Estos resultados que se exponen en el cuestionario aplicado, consentirán hacer un análisis preciso a cada ítem, mismo que evidenciará lo que está ocurriendo con el tema relacionado.

Es transcendental tener discernimiento acerca del ambiente para poder instituir y organizar las conclusiones a las que se deba llegar con el estudio elaborado en el campo de la investigación.

Tabla 6. Resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI en el modelo actual.

#	PREGUNTAS	Alternativas Para Respuesta			TOTAL
		SI	A VECES	NO	
1	¿El diseño que utiliza garantiza su salud física?	6	12	50	68
2	¿Considera usted que existe una buena funcionalidad en el arnés que utiliza regularmente?	3	17	48	68
3	¿Tiene fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora?	33	20	15	68
4	¿Ha tenido usted accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos?	37	30	1	68
5	¿Usted se siente cómodo con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo?	8	8	52	68
6	¿Los mismos gestos o acciones se repiten mucho?	43	25	0	68
7	¿Las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes?	42	19	7	68
8	¿El trabajo exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano?	41	25	2	68
9	¿La actividad con las manos es muy pesada: presión, agarre?	41	27	0	68
10	¿La actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos?	41	27	0	68

Autor: Método Ocrá

Fuente: Instituto de Ergonomía de Valencia

3.9.1 Ponderación de resultados.

1. ¿El diseño que utiliza garantiza su salud física?

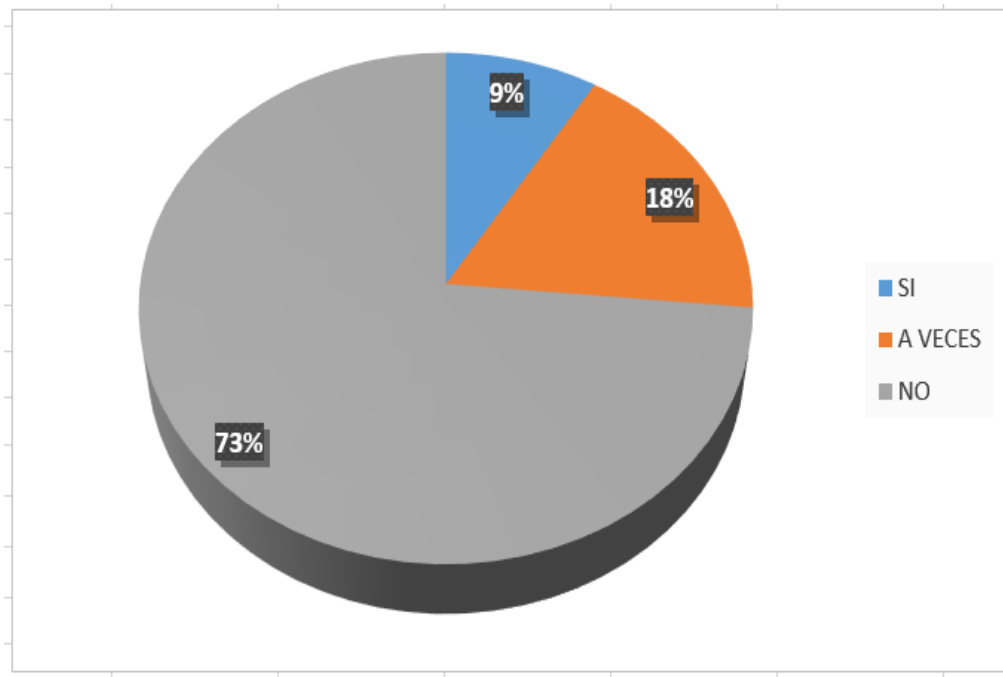
Tabla 7. . Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	6	8.83%
A VECES	12	17.64%
NO	50	73.53%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 8. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.17

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 73.53% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, señalan que el diseño no garantiza su salud física.

2. ¿Considera usted que existe una buena funcionalidad en el arnés que utiliza regularmente?

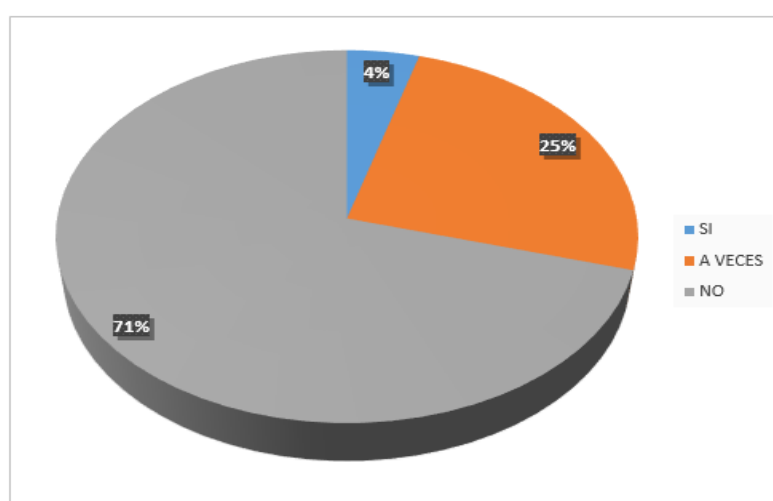
Tabla 8. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	3	4.41%
A VECES	17	25%
NO	48	70.59%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 9. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.18

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 70.59% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que no hay una buena funcionalidad en el arnés que utilizan.

3. ¿Tiene fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora?

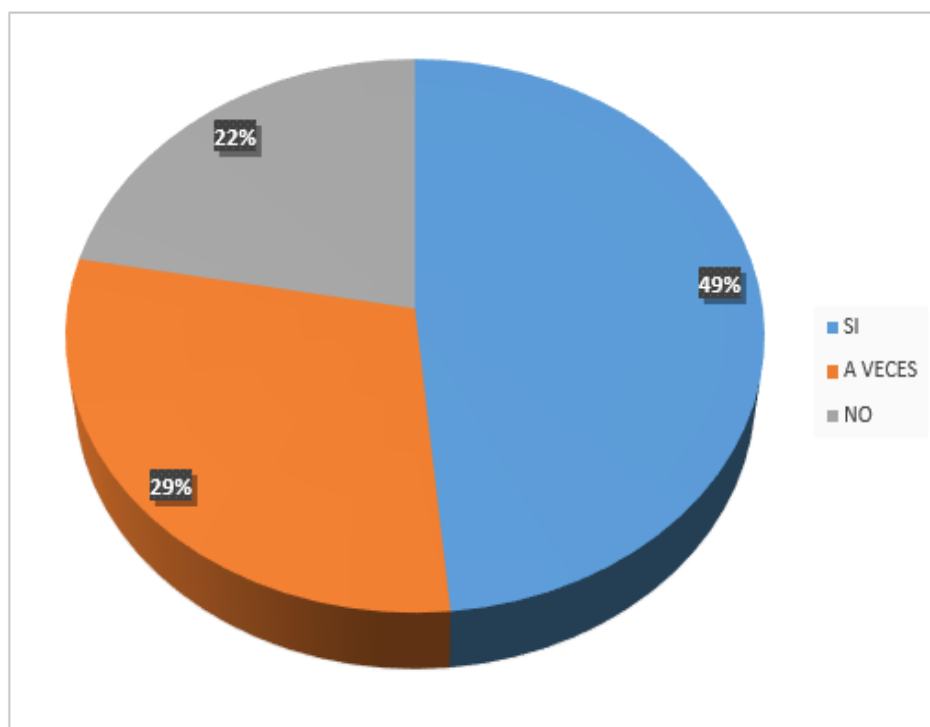
Tabla 9. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	33	48.53%
A VECES	20	29.41%
NO	15	22.06%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 10. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.19

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 48.53% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que si tienen fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora.

4. ¿Ha tenido usted accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos?

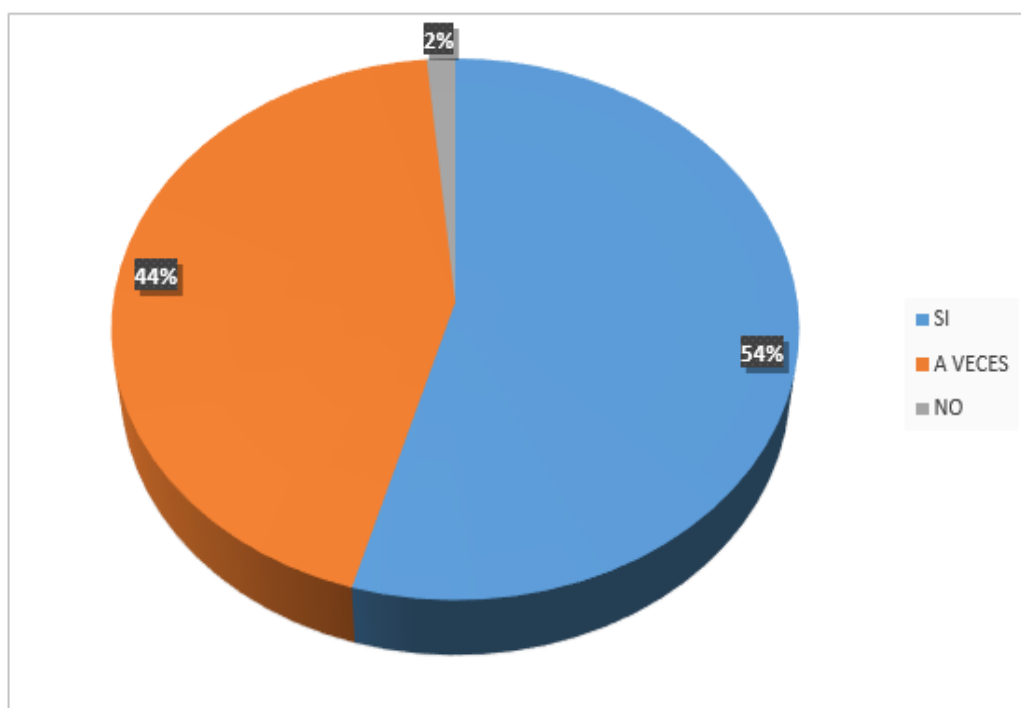
Tabla 10. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	37	54.41%
A VECES	30	44.12%
NO	1	1.47%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 11. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.20

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 54.41% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que, si han tenido accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos.

5. ¿Usted se siente cómodo con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo?

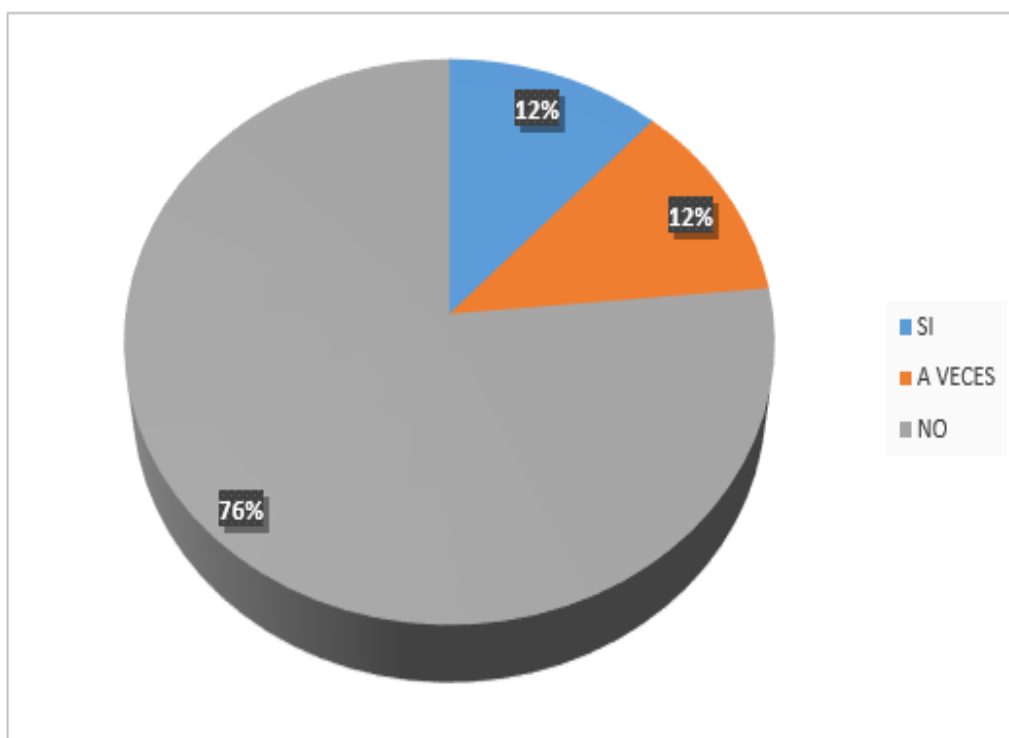
Tabla 11. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	8	11.76%
A VECES	8	11.76%
NO	52	76.48%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 12. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.21

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 76.48% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que no se sienten cómodos con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo.

6. ¿Los mismos gestos o acciones se repiten mucho?

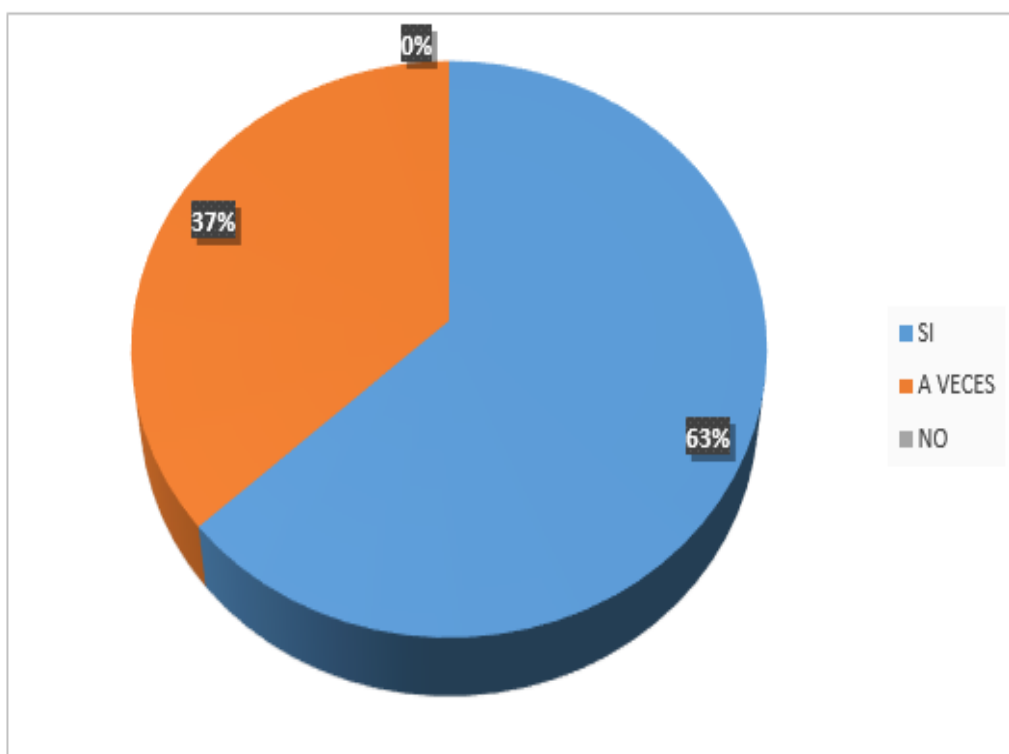
Tabla 12. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	43	63.23%
A VECES	25	36.77%
NO	0	0%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 13. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.22

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 63.23% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que si se repiten mucho los mismos gestos y acciones.

7. ¿Las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes?

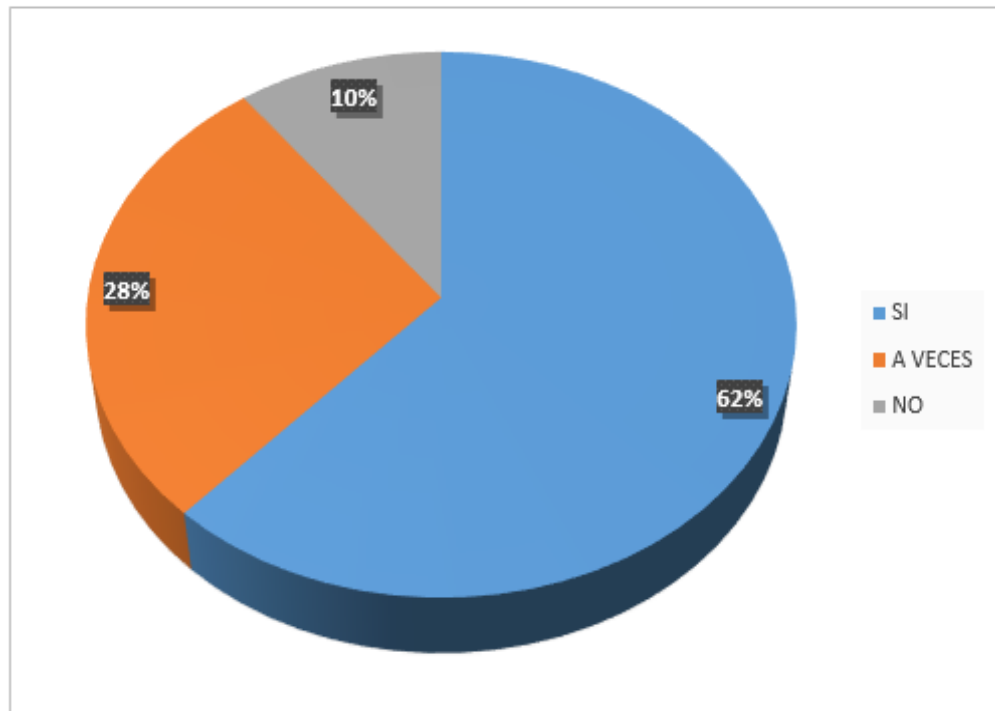
Tabla 13. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	42	61.76%
A VECES	19	27.94%
NO	7	10.3%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 14. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.23

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 61.76% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes.

8. ¿El trabajo exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano?

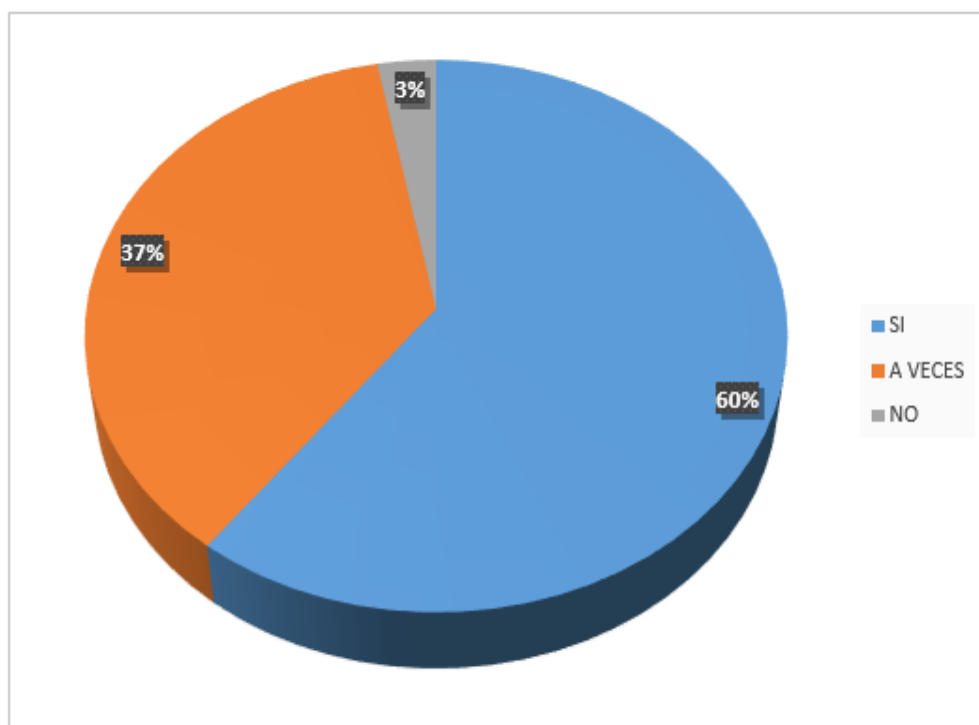
Tabla 14. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	41	60.29%
A VECES	25	36.74%
NO	2	2.97%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 15. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.24

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 60.29% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que el trabajo exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano.

9. ¿La actividad con las manos es muy pesada: presión, ¿agarre?

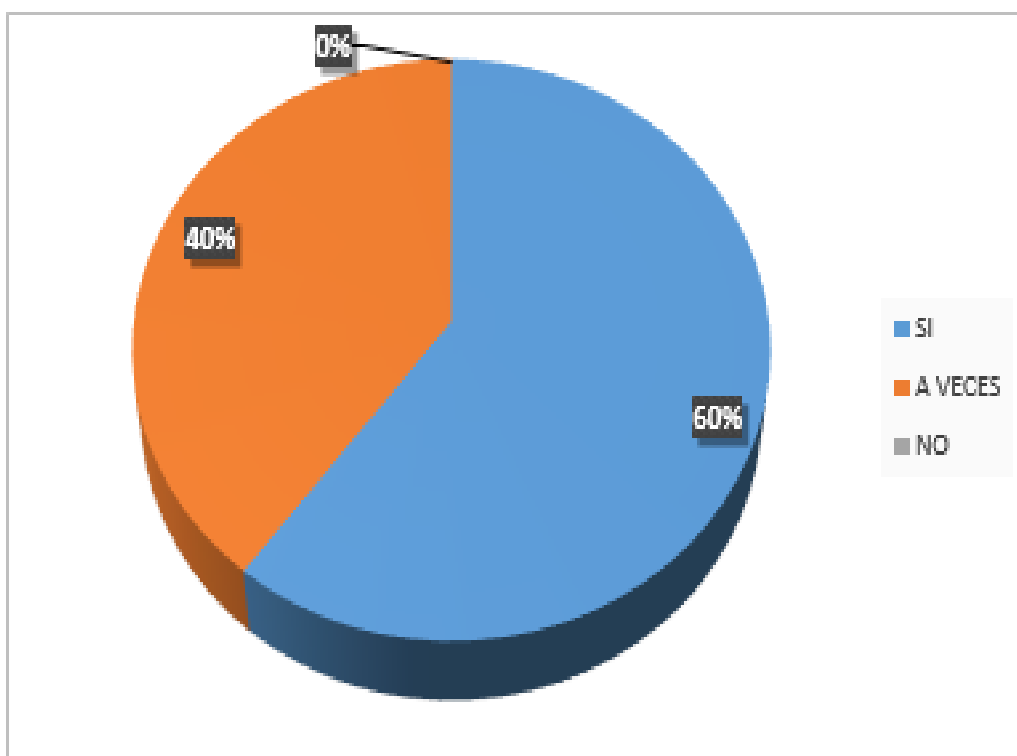
Tabla 15. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	41	60.29%
A VECES	27	39.71%
NO	0	0%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 16. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.25

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 60.29% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que la actividad con las manos es muy pesada: presión, agarre.

10. ¿La actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos?

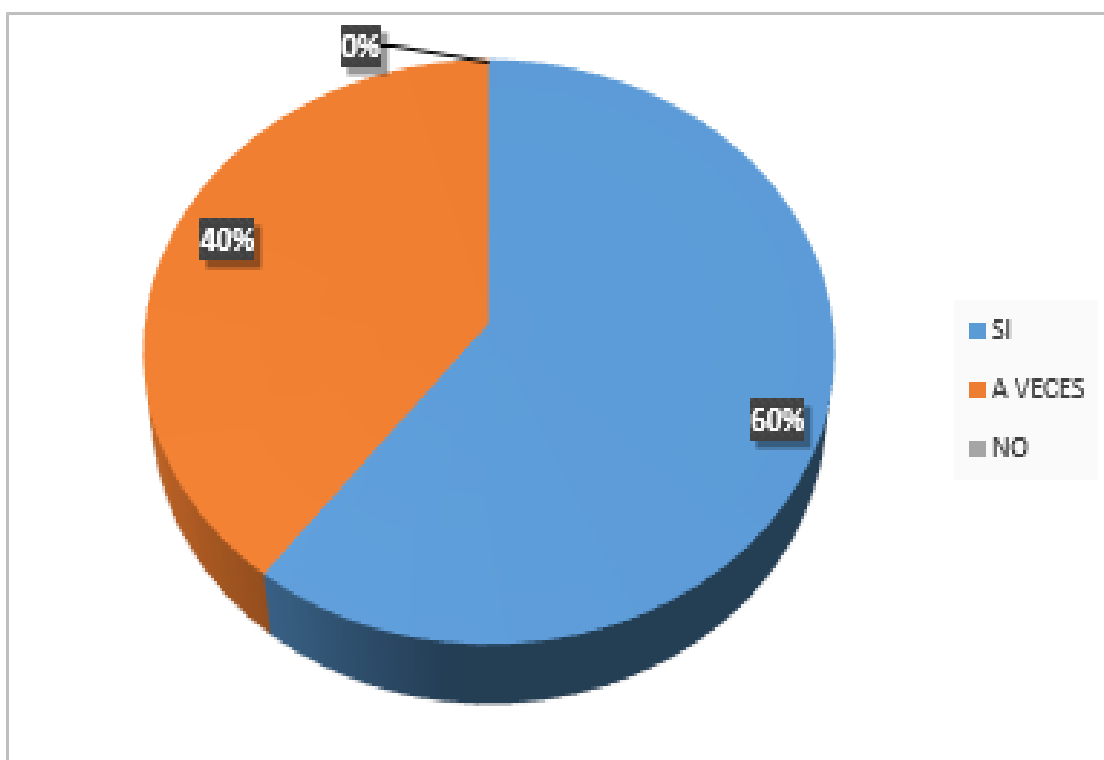
Tabla 16. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	41	60.29%
A VECES	27	39.71%
NO	0	0%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 17. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.26

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 60.29% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que la actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos.

3.9.2 Cuadro de datos acorde al tiempo de exposición y molestias presentadas modelo actual.

Tabla 17. Toma de tiempos de exposición aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

Sector en estudio	Tiempo de exposición que generan molestias por la utilización del modelo actual			
	1 hora	2 hora	3 hora	4 hora
Operarios de la empresa Aprocai limpieza	0%	27%	75%	100%

Fuente: autores

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Por medio de este cuadro podemos evidenciar que los trabajadores a partir de la segunda hora un 27%, respectivamente, al realizar su tarea comienza a tener inconvenientes debido al tiempo de exposición y en cuanto continúa sumando las horas de exposición, aumenta considerablemente el porcentaje de personas que presentan molestias, siendo necesario mitigar este tipo de problemática.

Mediante la presente encuesta y cuadro de datos de tiempo de exposición que se realizó a los operarios, que cumplen la actividad de rozar empresa en la Aprocai determinamos que, el arnes y el mango de operación no cumplen con los parámetros de tiempo de uso a los que se ven inmersos los operarios, es por esta razón que se debe intervenir con el diseño de un prototipo que cumpla con los requerimientos de tiempo de exposición.

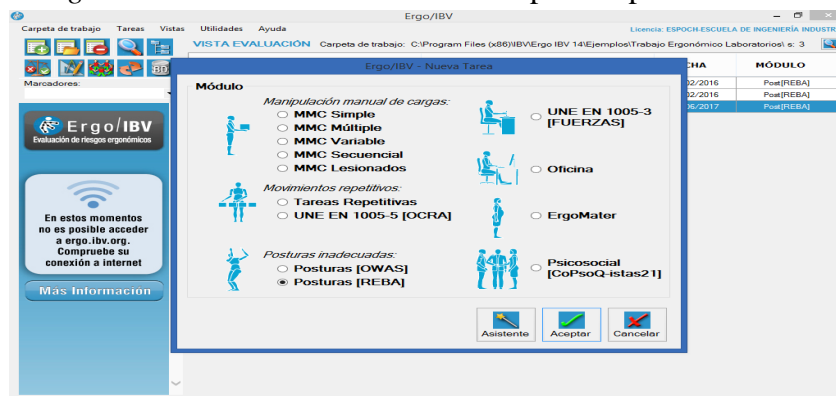
3.9.3 Análisis del modelo actual mediante el software Ergo IBV.

Figura 18. Análisis del modelo actual



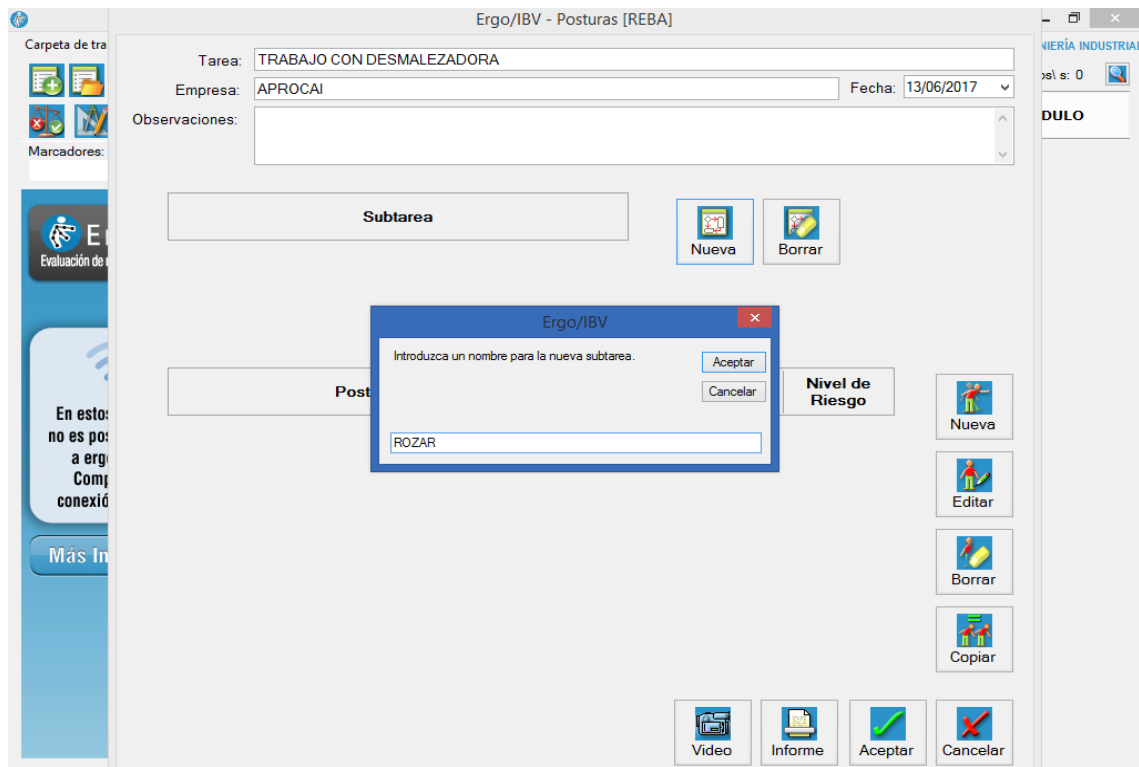
Fuente: Aprocai

Figura 19. Selección del método a emplearse para el análisis



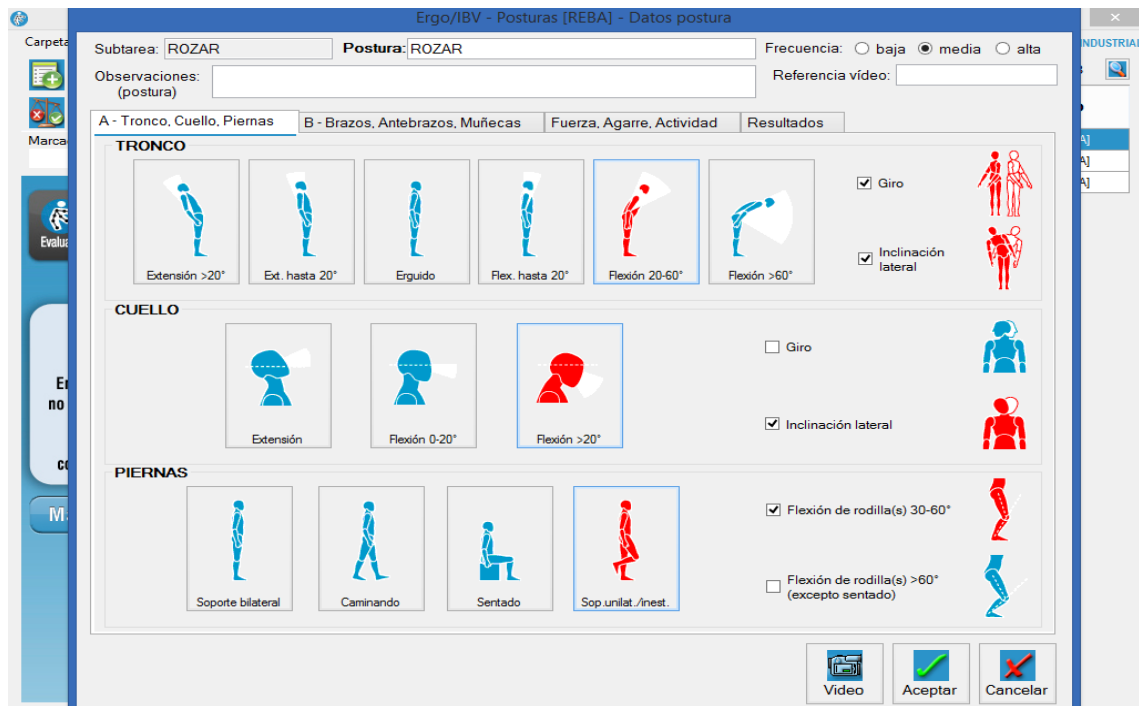
Fuente: Ergo IBV

Figura 20. Datos generales de la empresa



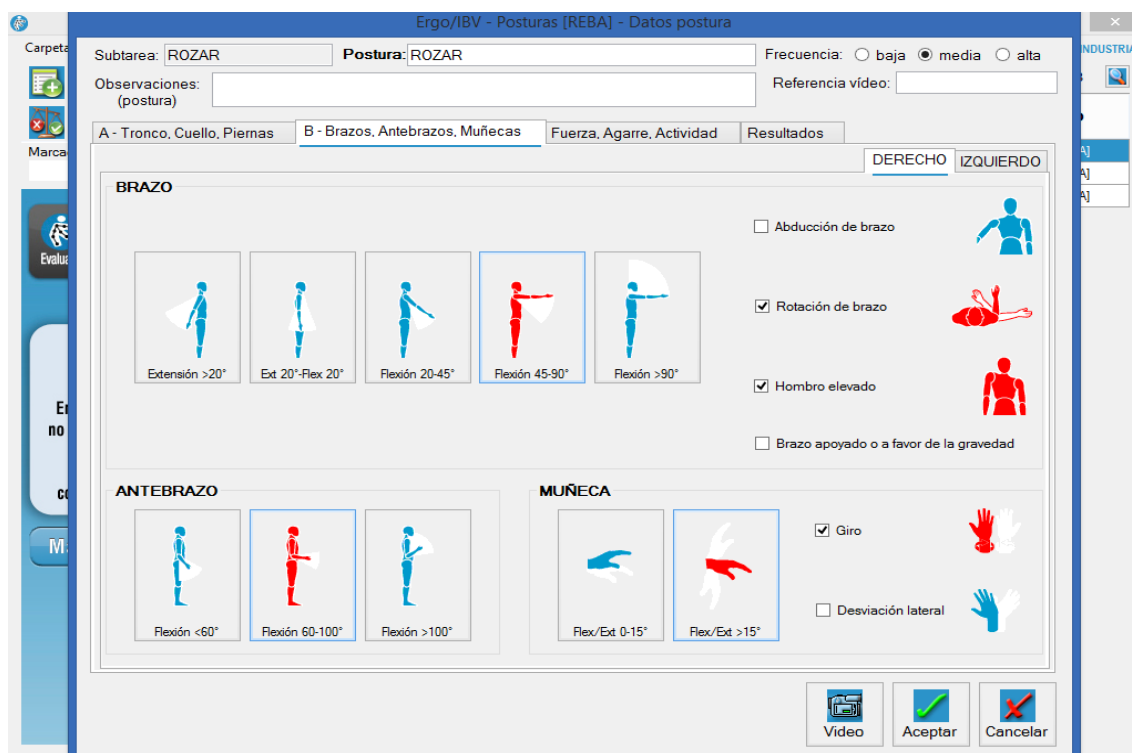
Fuente: Ergo IBV

Figura 21. Evaluacion grupo a: tronco, cuello y piernas



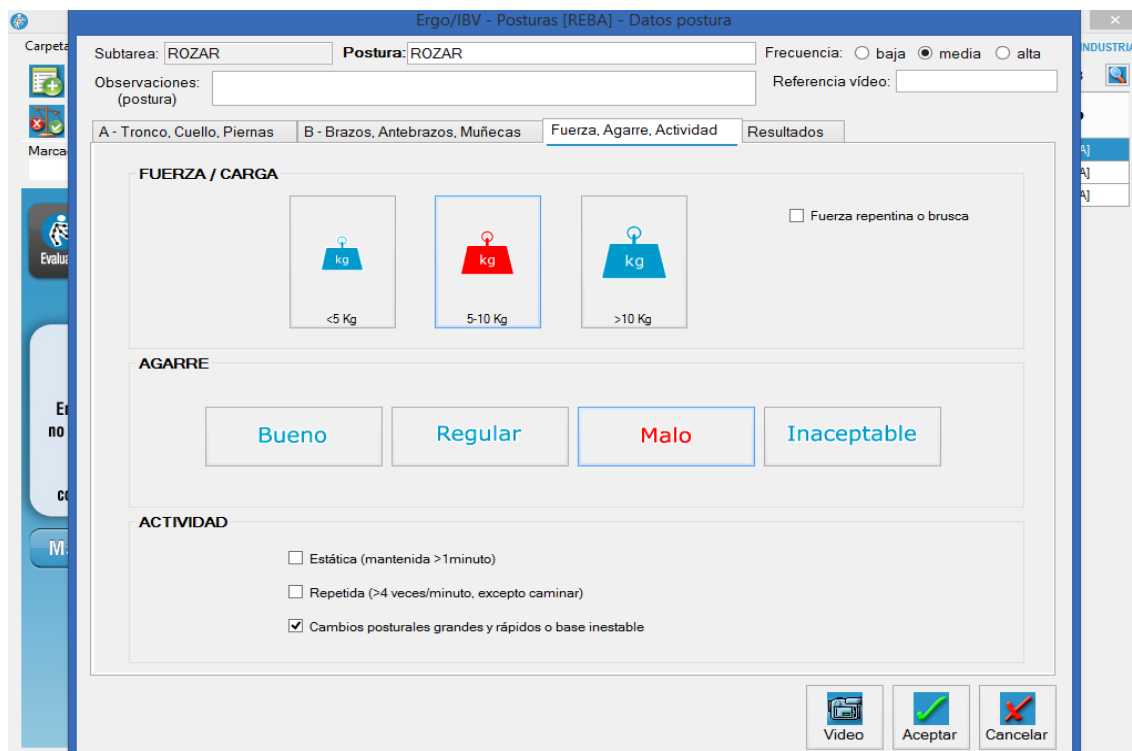
Fuente: Ergo IBV

Figura 22. Grupo b: brazos, antebrazos, muñecas



Fuente: Ergo IBV

Figura 23. Fuerza, el agarre y actividad muscular



Fuente: Ergo IBV

Figura 24. Resultados obtenidos mediante el software ERGO IBV

Ergo/IBV
Evaluación de riesgos ergonómicos

Posturas [REBA]
INFORME

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: C:\Program Files (x86)\IBV\Ergo_IBV14\Ejemplos\Trabajo Ergonómico Laboral\trab
 Fecha: 13/05/2017
 Tarea: TRABAJO CON DESMALEZADORA
 Empresa: APROCAI
 Observaciones:

RIESGO de las POSTURAS

Subtarea	Postura	Frecuencia	Puntuación REBA	Nivel de Riesgo
ROZAR	ROZAR	media	13	Muy alto

Nº de página actual: 1 Nº total de páginas: 1 Factor de zoom: 100%

Fuente: Ergo IBV

Interpretación. - Mediante esta interpretación de datos que nos arroja el ERGO IBV se concluye diciendo que: el modelo actual está generando molestias significativas en los operarios, como el grafico es muy explícito en darnos estos datos: frecuencia de la actividad media, puntuación Reba 13 y riesgo muy alto, esto nos indica que el grado de afectación es grave y dañino, de manera que tenemos que intervenir de forma inmediata.

3.9.4 Análisis ergonómico del modelo actual.

- Numero de operarios 4 evaluados.
- Segunda hora de trabajo

Tabla 18. Tabla de evaluaciones ergonómica

Operarios	Área de Análisis	Puntuación	Nivel de actuación	Resultado
1	Limpieza de hurtos de cacao	4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
2	Limpieza de hurtos de cacao	3	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
3	Limpieza de hurtos de cacao	3	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
4	Limpieza de hurtos de cacao	3	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio

Fuente: Ergo IBV

Tabla 19. Séptima hora de trabajo

Operarios	Área de Análisis	Puntuación	Nivel de actuación	Resultado
1	Limpieza de hurtos de cacao	12	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea.
2	Limpieza de hurtos de cacao	13	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea.
3	Limpieza de hurtos de cacao	13	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea.
4	Limpieza de hurtos de cacao	13	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea.

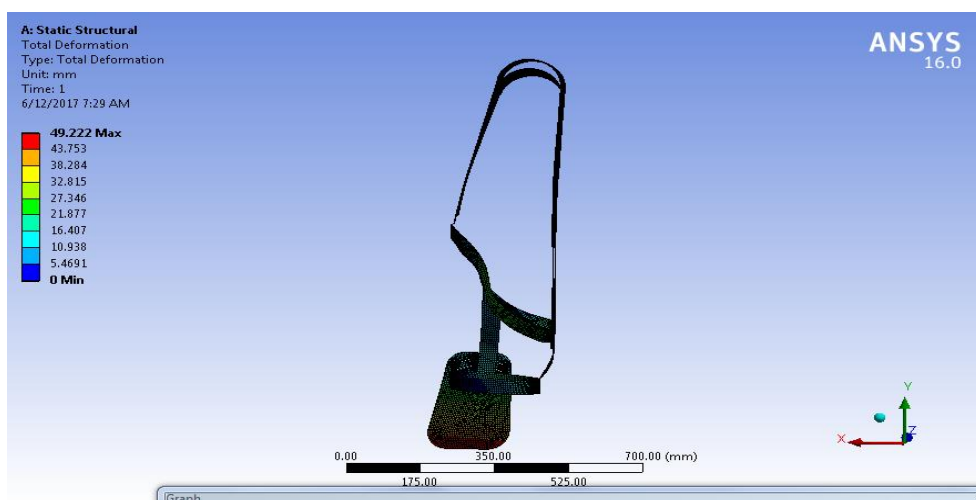
Autores: Oscar Matute y Adolfo Tandazo

Se estableció que los operarios requieren cambios urgentes en la tarea.

Con los niveles de actuación de posturas inadecuadas obtenidos de la evaluación con el método REBA se puede evidenciar claramente que existen riesgos significativos para los operarios que están en esta área y además tienen niveles altos de actuación y requieren cambios urgentes en la tarea.

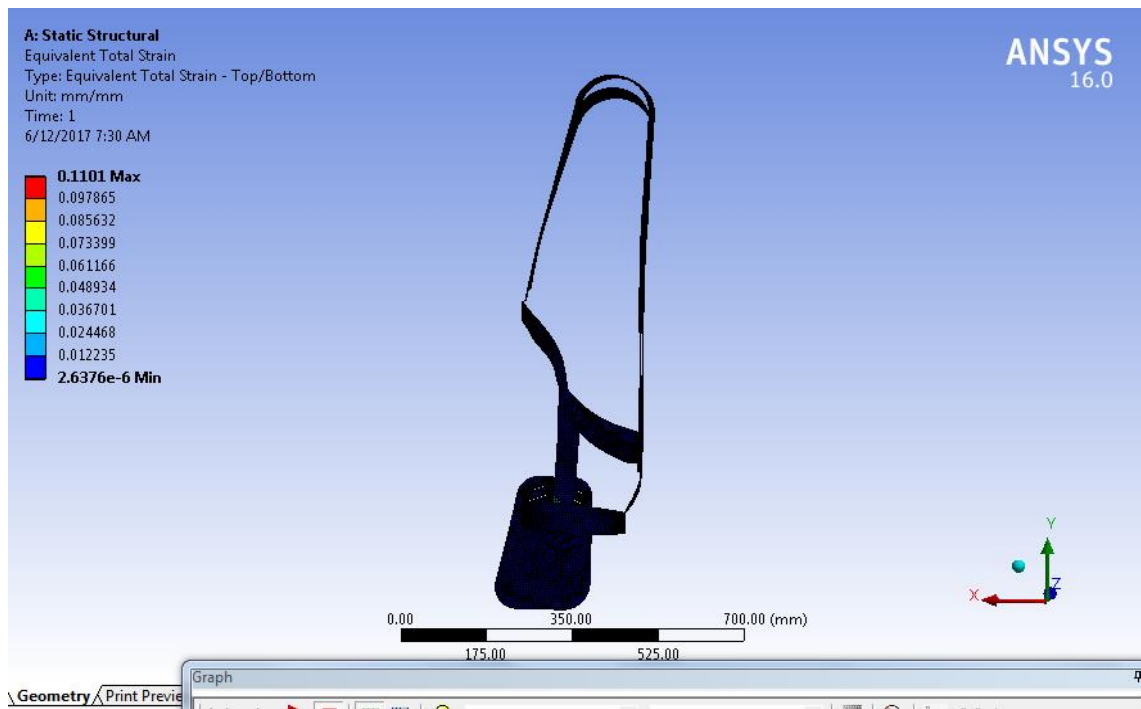
3.9.5 Análisis del modelo actual mediante el software Ansys.

Figura 25. Simulación con una fuerza de 77.42N (Deformación total)



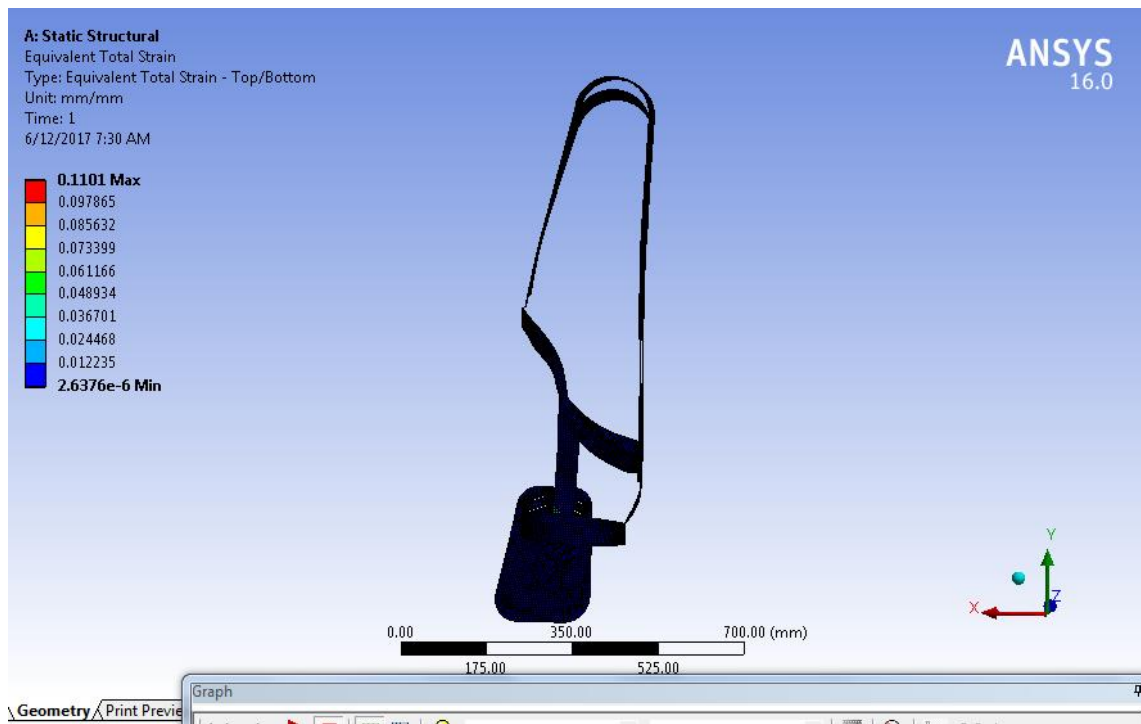
Fuente: Ansys

Figura 26. Tensión equivalente



Fuente: Ansys

Figura 27. Esfuerzo Equivalente



Fuente: Ansys

Tabla 20. Resultados obtenidos mediante el software ANSYS

Fuerza N	Esfuerzo equivalente MPa	Tensión total equivalente mm/mm	Deformación total(máximo) mm/mm
77.42	8.79	0.01223	6.3

Fuente: Ansys

Interpretación. - Mediante estos datos que nos arroja el Ansys se concluye diciendo que: el modelo actual está generando una deformación total de 6.3mm, una tensión total equivalente de 0.01223 mm/mm y un esfuerzo equivalente de 8.9 MPa.

CAPÍTULO IV

4 MARCO PROPOSITIVO

4.1 Tema

- Diseño de un prototipo de arnés de sujeción y mango de operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola.

4.2 Parámetros de diseño

Para convertir un concepto o idea en un producto, se pasa por dos procesos principales, el de diseño y el de fabricación. (LARREA, 2010)

A su vez, el proceso de diseño se puede dividir en una etapa de síntesis, en la que se crea el producto y una etapa de análisis en la que se verifica, optimiza y evalúa el producto creado.

Tabla 21. Proceso de diseño

FASE DE DISEÑO	HERRAMIENTAS REQUERIDAS
Conceptualización del diseño	Herramientas de modelado geométrico
Modelado del diseño y simulación	Las anteriores más herramientas de animación, ensamblaje y aplicaciones de modelado específicas.
Análisis del diseño	Aplicaciones de análisis generales (FEM), aplicaciones a medida
Optimización del diseño	Aplicaciones a medida, optimización estructural
Evaluación del diseño	Herramientas de acotación, tolerancias, listas de materiales, evaluaciones por el software Ergo IBV, Ansys.
Informes y documentación	Herramientas de dibujo de planos y detalles, imágenes color

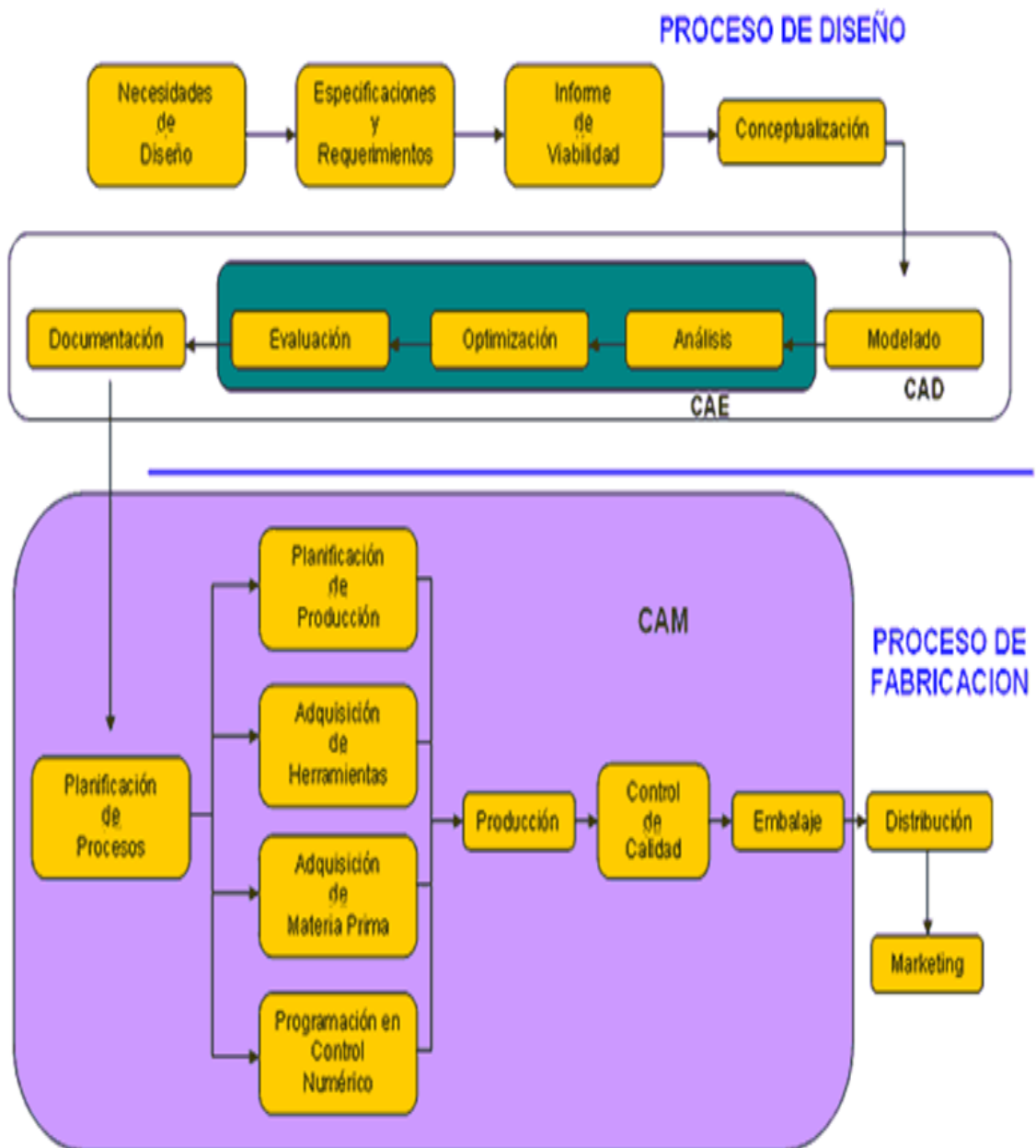
Fuente: (LARREA, 2010)

Tabla 22. Proceso de fabricación

FASE DE FABRICACIÓN	HERRAMIENTAS REQUERIDAS
Planificación de procesos	Herramientas CAPP, análisis de costes, especificaciones de materiales y herramientas
Mecanizado de piezas	Programación de control numérico
Inspección	Aplicaciones de inspección
Ensamblaje	Simulación y programación

Fuente: (LARREA, 2010)

Figura 28. Integración de los procesos



Fuente: (LARREA, 2010)

4.2.1 Diseño de la pieza. Se entiende como una aproximación física de la pieza o producto que todavía no sea desarrollado, y por tanto un prototipo virtual será aquel que se visualiza a través de la pantalla de un computador y se puede someter a pruebas a través de comandos de un software especializado. Actualmente estos prototipos virtuales son dinámicos, en tres dimensiones, coloridos, equipados con sensores virtuales, permiten evaluar características físicas de materiales, entre otros.

El diseño virtual puede ser simulado a través de diferentes combinaciones de parámetros. Luego se procede a realizar un análisis continuo simulando un entorno de trabajo, hasta encontrar la combinación más satisfactoria, que se adecue al propósito del producto, a las exigencias de calidad que cumplan los requerimientos, y que a la vez permita optimizar la materia prima utilizada.

4.2.2 Construcción de la pieza. Se aborda en esta etapa la fabricación de piezas identificadas para la construcción del arnés y mango de operación que se utiliza en la guadañadora utilizada en el campo agrícola de la empresa APROCAI aplicando la tecnología CAD/CAM, en la que, en primer lugar, se planifican los procesos a realizar y los recursos necesarios, pasando después a la fabricación del producto.

4.2.3 Pruebas y funcionamiento. Una vez fabricadas cada una de las piezas que forman parte del arnés y mango de operación de la guadañadora utilizada en el campo agrícola de la empresa APROCAI aplicando la tecnología CAD/CAM, Ergo IBV, Ansys se procede al análisis del mismo.

Una vez remplazadas el arnés convencional y mango de operación de la guadañadora, se ha logrado la disminución de fatiga en los operarios, se procederá a evaluar la eficiencia del equipo en base a la realización de un informe de las prácticas de prueba y funcionamiento del arnés y el mango de operación de la guadañadora.

4.3 Fase de diseño

4.3.1 Determinación de piezas.

En base al estudio realizado, correspondiente al “Diagnostico de las condiciones que se encuentra en el arnés de sujeción y mango de operación de la desmalezadora”. En cual

determinamos que las lesiones son producidas por el largo tiempo de exposición de las jornadas de trabajo, que realizan los operarios.

Tabla 23. Piezas determinadas

PIEZAS	CARACTERISTICAS
Correas ajustables para hombros	Textil (poliéster)
Tirantes de seguridad inferior	Textil (poliéster)
Tabla de seguridad para espalda	Polímero(PLA)
Broche de seguridad frontal superior	Polímero(PLA)
Broche se seguridad inferior	Polímero(PLA)
Regulador de tirantes	Polímero(PLA)
Soporte de maquina	Polímero(PLA)
Regulador de tirantes combinados	Polímero(PLA)
Tapa derecha del mango	Polímero(PLA)
Tapa izquierda del mango	Polímero(PLA)
Accionador ON - OFF	Polímero(PLA)
Correa para Cinturón	Textil (poliéster)
Tirantes de seguridad laterales	Textil (poliéster)
Tirantes de seguridad inferior	Textil (poliéster)

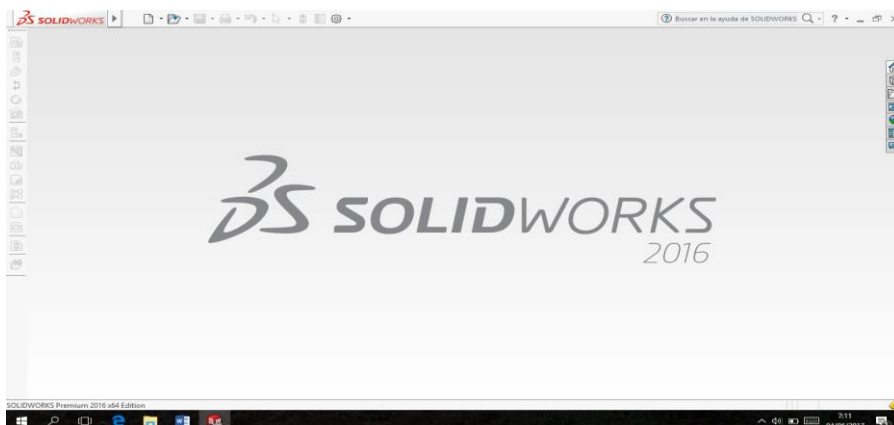
Fuente: Autores

Para la fase de diseño de las piezas del prototipo se realizó por medio del software solidworks que se detalla sus diferentes procesos y procedimientos a continuación:

Para elaborar los diseños se parte SOLIDWORKS ofrece varios espacios de trabajo de los cuales se eligió trabajar en el espacio de modelado, en este espacio permite desarrollar croquis en 2D y transformarlos en 3D.

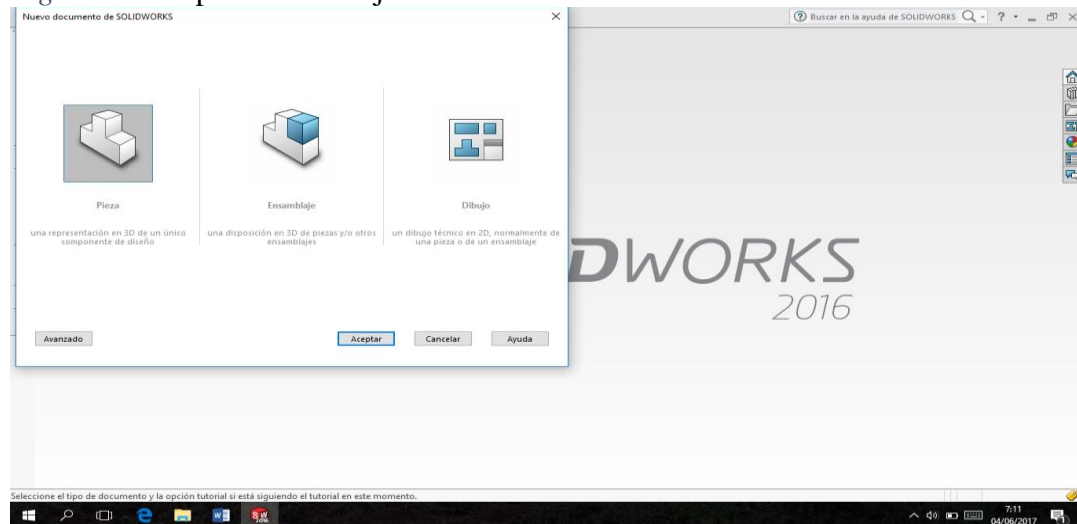
Para iniciar los diseños en 2D se elige el espacio de trabajo para ellos e eligió trabajar en espacio de modelado.

Figura 29. Página Solid Work



Fuente: Autores

Figura 30. Espacio de trabajo



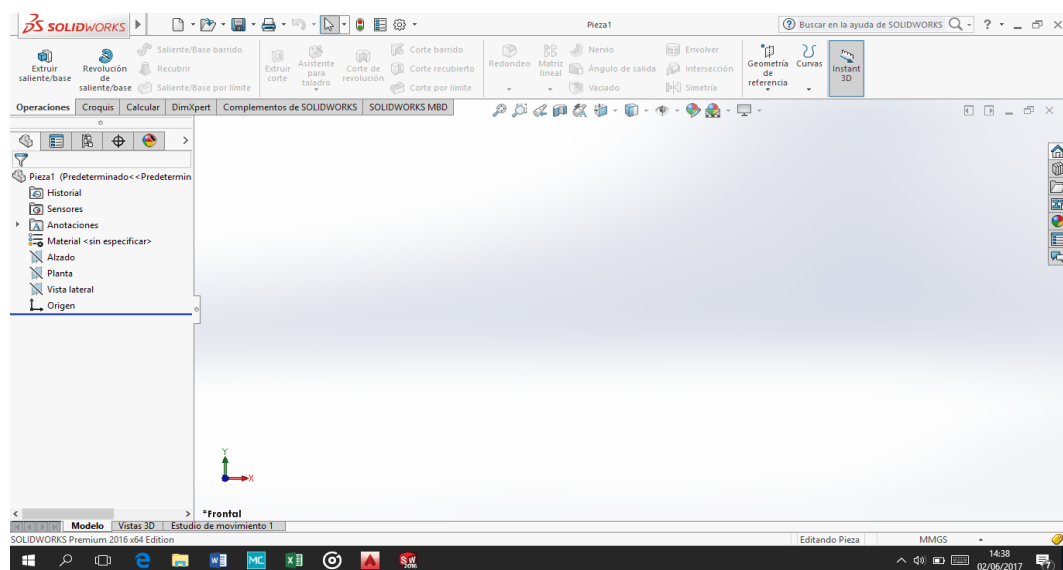
Fuente: Autores

Dentro del espacio de trabajo se procede a la selección del plano de trabajo, SOLIDWORKS por defecto ofrece tres espacios de trabajo:

- Plano planta
- Plano alzado
- Plano vista lateral

El plano de trabajo depende del tipo de diseño a realizar con el objetivo de dar una orientación similar a la real.

Figura 31. Plano de trabajo

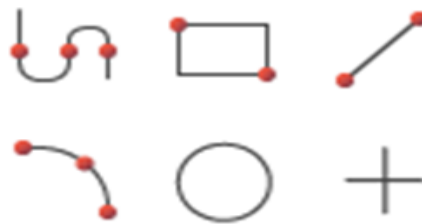


Fuente: Autores

En el espacio de trabajo seleccionado se procede a realizar la geometría del diseño, para cual se genera el plano en 2D esto se realiza con la ayuda de herramientas como:

- Línea
- Rectángulo
- Circunferencia
- Cotas rápidas

Figura 32. Herramientas



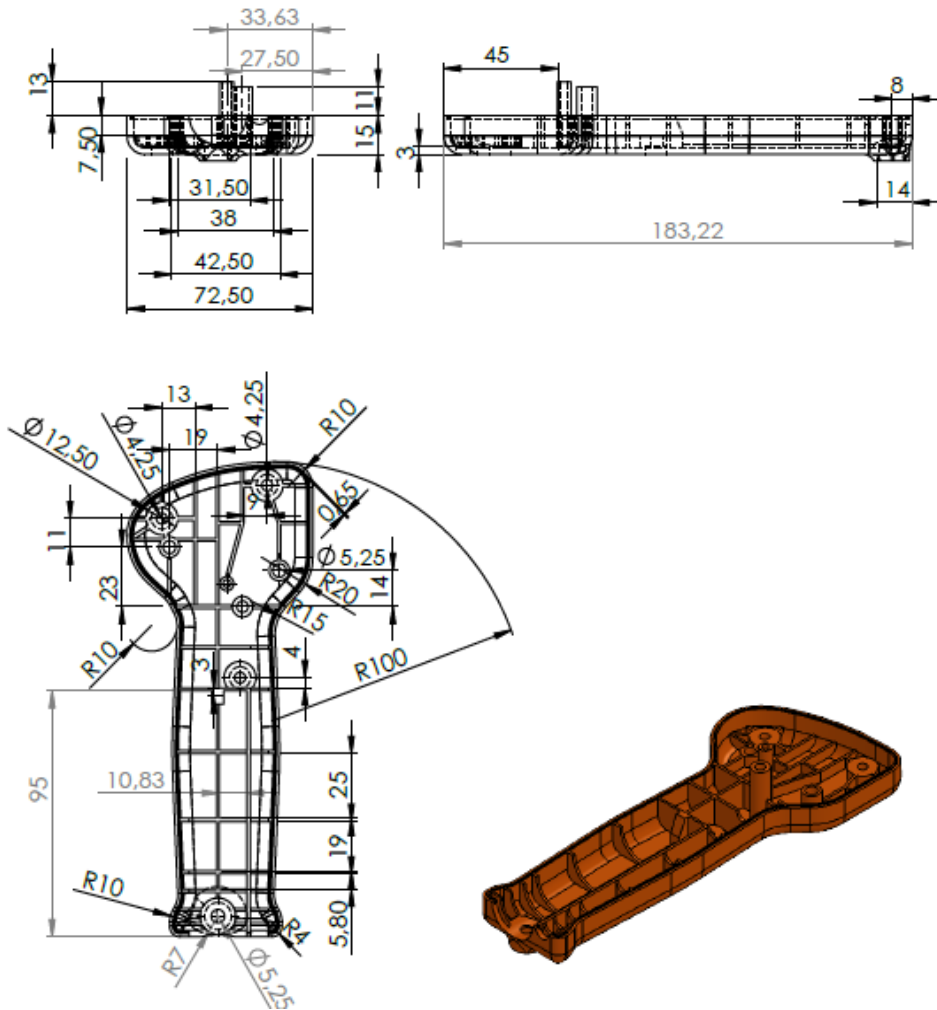
Fuente: Autores

Las nuevas funcionalidades específicas de la industria de SOLIDWORKS permiten que los ingenieros programen más rápido y que las piezas mecanizadas tengan mayor calidad. Las nuevas estrategias de desbaste dinámicamente ajustadas se adaptan de forma automática a la geometría de la pieza para permitir mejores mecanizados moldes y matrices.

Finalizado el diseño en 2D se procede a crear la forma del diseño para lo cual existe herramientas de diseño como:

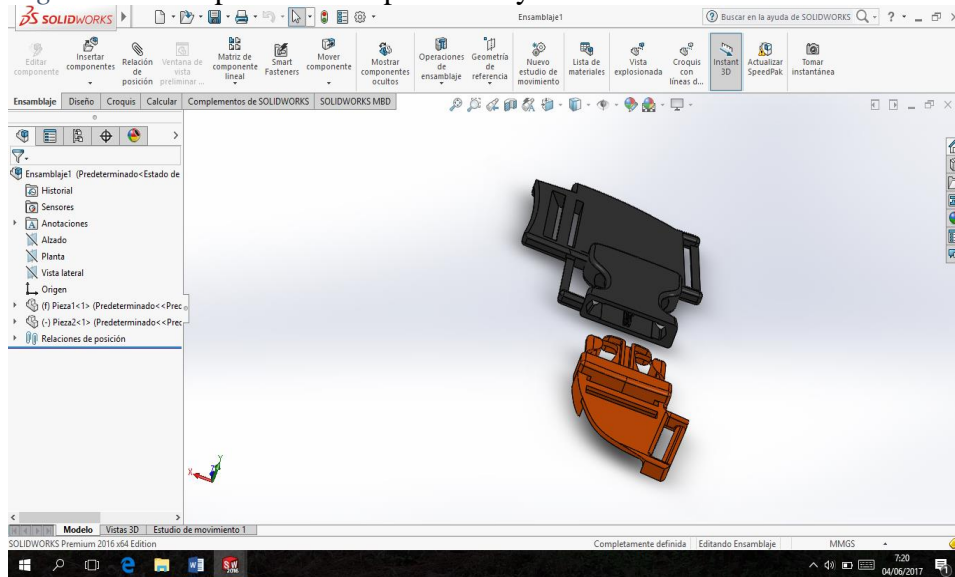
- Extrucción
- Barrido
- Revolución
- Circunferencia
- Cotas rápidas
- Etc.

Figura 33. Plano mango



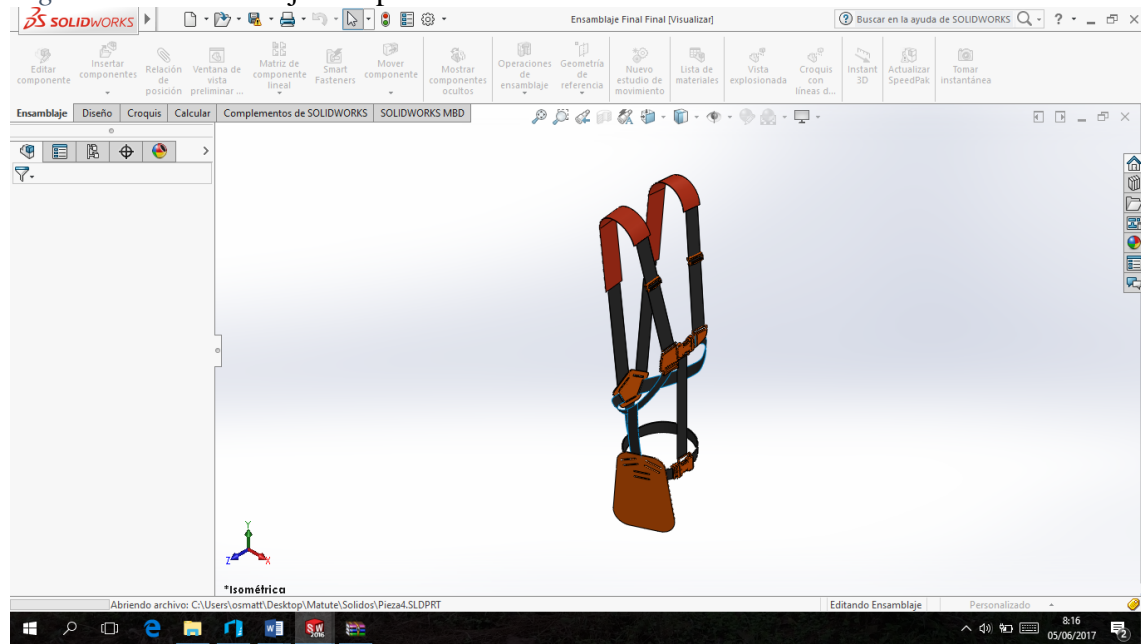
Fuente: Autores

Figura 34. Acople frontal superior A1 y A1



Fuente: Autores

Figura 35. Ensamblaje completo del arnés



Fuente: Autores

ANEXO A PLANOS SOLIDWORKS

4.2 Fase de Selección del Material

Para la fabricación de un arnés y mango de operación debe contar con las siguientes características:

En la selección del tipo de material que vamos a utilizar, en la fabricación del prototipo de arnés y mango de operación de la desmalezadora nos basamos en el siguiente cuadro de las especificaciones del material.

Norma técnica ANSI Z359:2007 y ANSI / ISEA 107-1999 para la construcción del arnés

- Fabricado en reata de 45mm de ancho.
- Reata de poliéster 100%, de alta tensión y la abrasión.
- Soporte dorsal.
- Elaborado con errajes de un buen material sea este polímero o metálico.
- Costura fabricados con hilo de nylon de alta resistencia y color diferente.

- Diseñado para suministrar confort al usuario.
- Arnés avalado de acuerdo con norma elemento por elemento, en conjunto y prueba dinámica y estática de acuerdo a la norma en referencia.

Norma técnica RTE INEN 204 “HERRAMIENTAS PARA USO AGRÍCOLA” para la construcción del mango

- Fácil agarre
- Ergonómicamente ajustable
- Fácil manipulación
- Puede estar hecho de cualquier tipo de polímero.

Norma técnica para la selección de los tipos de materiales Polímero (PLA) y Textil (PLA)

El Ácido Poli-Láctico. - Es un biodegradable procedente del ácido láctico, es un material hondamente variable, que se lo obtiene a partir de recursos renovables al 100%, como son el maíz, remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón.

Este tipo de ácido posee diversas características semejante e incluso superior que los otros originarios del petróleo, esto hace que sea eficaz para una gran diversidad de usos.

UTILIZACIÓN DEL PLA. - El PLA posee muchas aplicaciones, incluyéndose en la manufactura textil, en la industria galena y sobre todo en el envasado.

Características:

- El PLA es un polímero permanente e inodoro.
- Es claro y brillante como el poliestireno (se utiliza para fabricar baterías y juguetes).
- Es resistente a la humedad y la grasa.
- Tiene características de barrera del sabor y del olor similares al plástico de polietileno tereftalato.
- La fuerza extensible y el módulo de elasticidad del PLA es también comparable al polietileno.

- Es estable a la luz U.V, dando como resultados telas que no se decoloran.
- Su inflamabilidad es demasiado baja.
- El PLA se puede deformar para ser rígido o flexible.
- El PLA se puede hacer con diversas características mecánicas dependiendo del proceso de fabricación seguido. (Instituto Cubano de Investigación, 2013)

Figura 36. Cuadro de características del PLA:

Característica	PLA DEL CDP	PLA de Kuraray	Rayón	Lyocell	Poliester
Densidad (g/cm ³)	1.25	1.27	1.51	1.52	1.38
Punto de fusión (°C)	120-170	170	Ninguno	Ninguno	260
Cuenta (dtex)	1.7 (e.g.)	1.7	1.7	1.7	1.7
Tenacidad (cN/tex)	50	25-45	20-25	40-45	35-65
Alargamiento (%)	35	N/A	18-22	14-16	15-40
Recobro de la humedad (%)	0.4 - 0.6	0.48	13	12	0.4

(Instituto Cubano de Investigación, 2013)

ANEXO B NORMATIVA DE SELECCIÓN DE MATERIAL

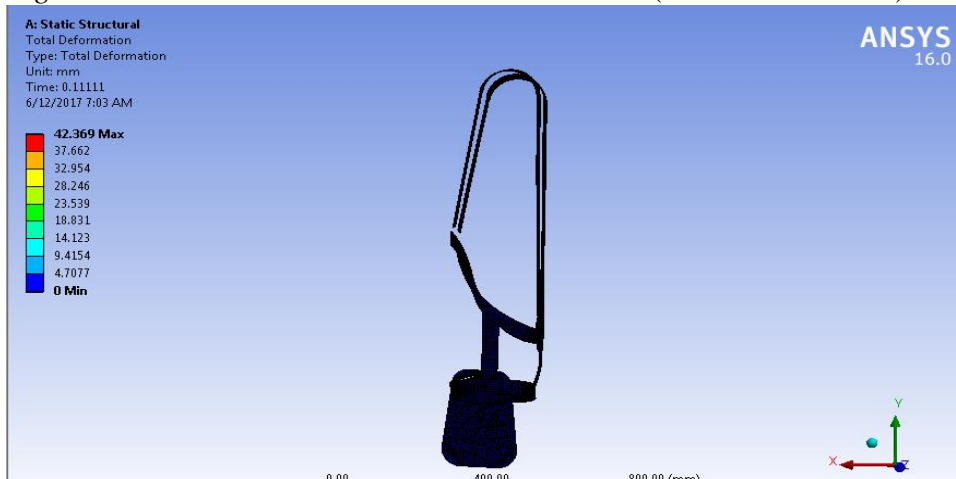
4.3 Fase de Análisis de Distribución de Cargas

En esta parte del análisis de distribución de cargas lo realizaremos mediante el software ANSYS el cual nos ayuda con un análisis completo del prototipo de arnés, ya que el mismo nos permite analizar todo el conjunto con sus diferentes tipos de material sean estos el Polímero y Textil, también sus diferentes deformaciones.

- Peso en Kg de la maquina es de 7.9 kg que soportara el arnés.

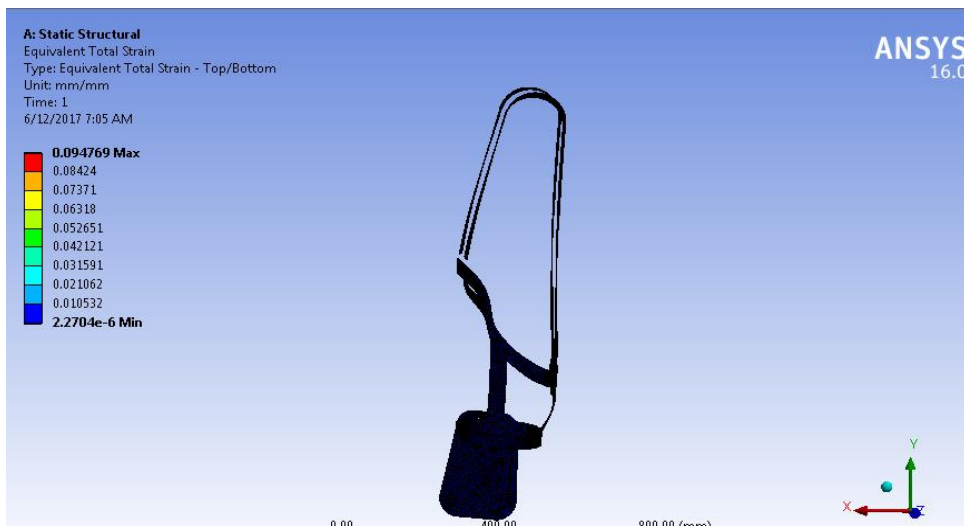
Una vez realizado el respectivo análisis estático, expuesta a una fuerza de 7.9 Kgf (77.42 N) se determinó las siguientes afirmaciones:

Figura 37. Simulación con una fuerza de 77.42N (Deformación total)



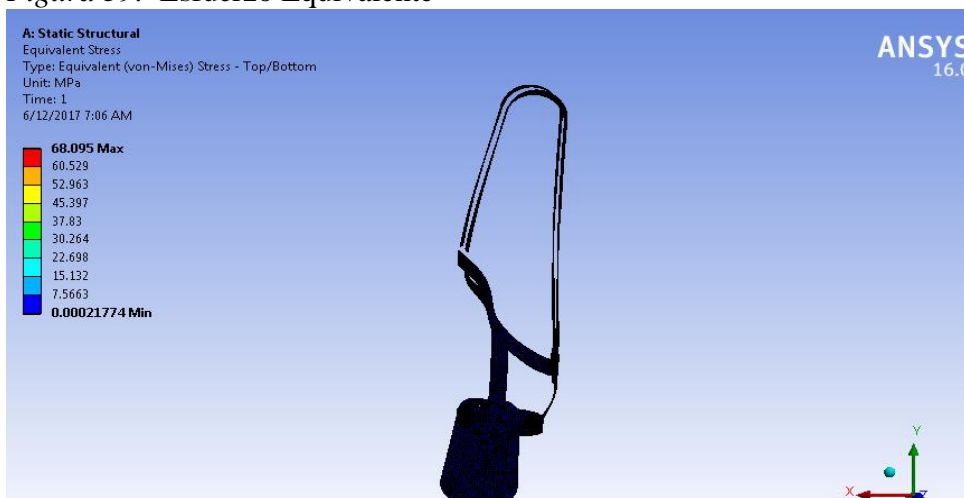
Fuente: Autores

Figura 38. Tensión equivalente



Fuente: Autores

Figura 39. Esfuerzo Equivalente



Fuente: Autores

Tabla 24. Fuerza total de deformación

Fuerza N	Esfuerzo equivalente MPa	Tensión total equivalente mm/mm	Deformación total(máximo)
77.42	7.56	0.01053	4.70
80	7.81	0.01080	4.8
90	8.79	0.01223	5.4

Fuente: Autores

Interpretación de resultados:

El componente fue previo analizado a una fuerza de 7.9 Kgf (77.42 N) con material de polietileno PLA, dando como resultado una deformación total de 4.7 mm en la parte de soporte de la carga efectuada.

Como parte adicional del análisis se aplicó una fuerza de 80 N, obteniendo una deformación total de 4.8mm y una fuerza de 90 N con la cual se identificó una deformación total de 5,4 mm. Las mismas que no afectan a la deformación total del diseño del arnés. De acuerdo al análisis realizado en el software Ansys.

ANEXO C ANÁLISIS DE ANSYS

4.4 Fase de Análisis de Ergonómico

En esta fase del análisis ergonómico analizaremos por medio el SOFTWARE ERGO IBV en el cual hemos elegido el Método REBA.

4.4.1 Análisis del Prototipo del Arnés Sujeción y Operación de la Desmalezadora.

Una de las afectaciones de riesgo más comunes asociados con la aparición de trastornos de tipo músculo-esqueléticos es la excesiva carga postural y repetitividad. Una persona que adopte posturas inadecuadas de forma continuada o repetida en el puesto de trabajo se genera fatiga y, esto en función del tiempo, pueden ocasionar daños severos a la salud. Así pues, la evaluación de la carga postural o carga estática, es una de las medidas fundamentales a adoptar en la mejora de puestos de trabajo.

Existen varios métodos que permiten la evaluación del riesgo asociado a la carga postural, cada uno de estos se ejecutan según el ámbito de aplicación, la evaluación de posturas individuales o por conjuntos de posturas, las condiciones para su aplicación o por las partes del cuerpo evaluadas o consideradas para su evaluación. Uno de los métodos

observacionales para la evaluación de posturas más extendido en la práctica es el método REBA.

- **INFORMACIÓN GENERAL**

La duración de la jornada laboral máxima en la empresa es de 5 horas en la mañana y 3 horas en la tarde, con 1 hora de descanso.

La evaluación de las cargas posturales se realizan el software Ergo IBV con el mismo que cuenta la Escuela de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, desarrollado por el instituto de biomecánica de valencia para evaluación de riesgos ergonómicos.

Figura 40. Imágenes nuevo diseño



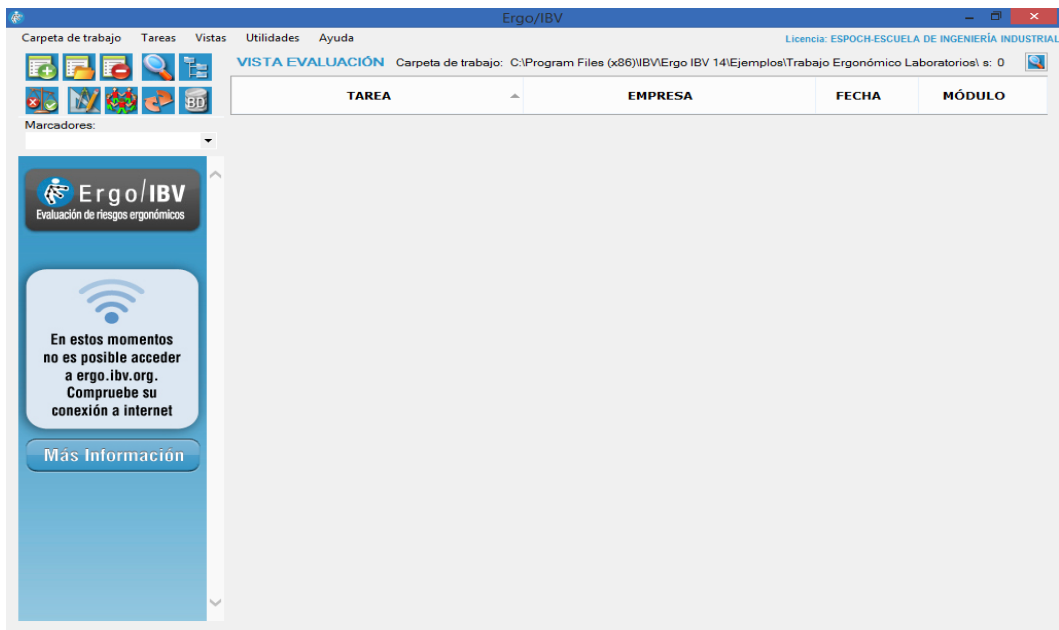
Fuente: Aprocai

- **EVALUACIÓN DE LA CARGA POSTURAL DE LA PROPUESTA A LOS OPERARIOS**

Empresa Aprocai

1 Apertura del software Ergo IBV.

Figura 41. Apertura del software Ergo IBV

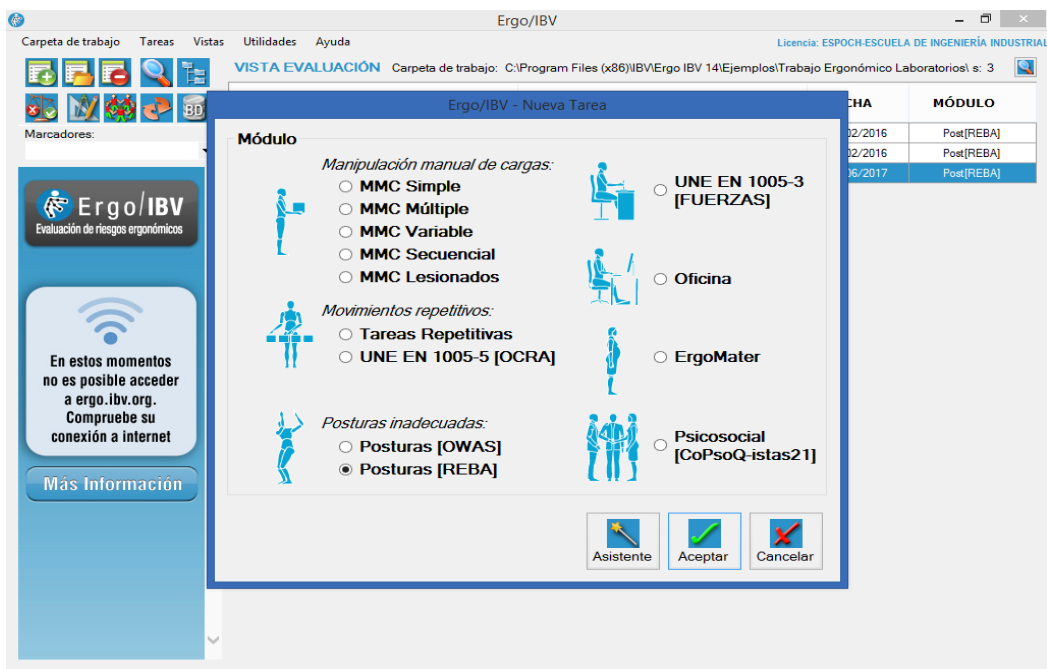


Fuente: Ergo IBV

2 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE VALORACIÓN DE CARGAS

Para iniciar nuestra evaluación empezamos seleccionando el módulo de posturas inadecuadas, método REBA

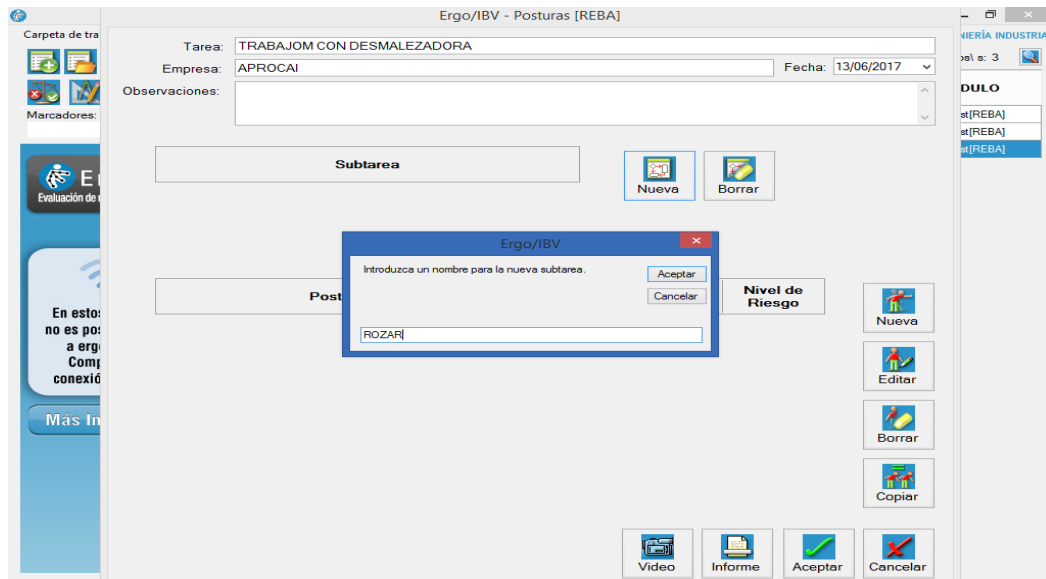
Figura 42. Selección del método



Fuente: Ergo IBV

Figura 43. Datos de la empresa

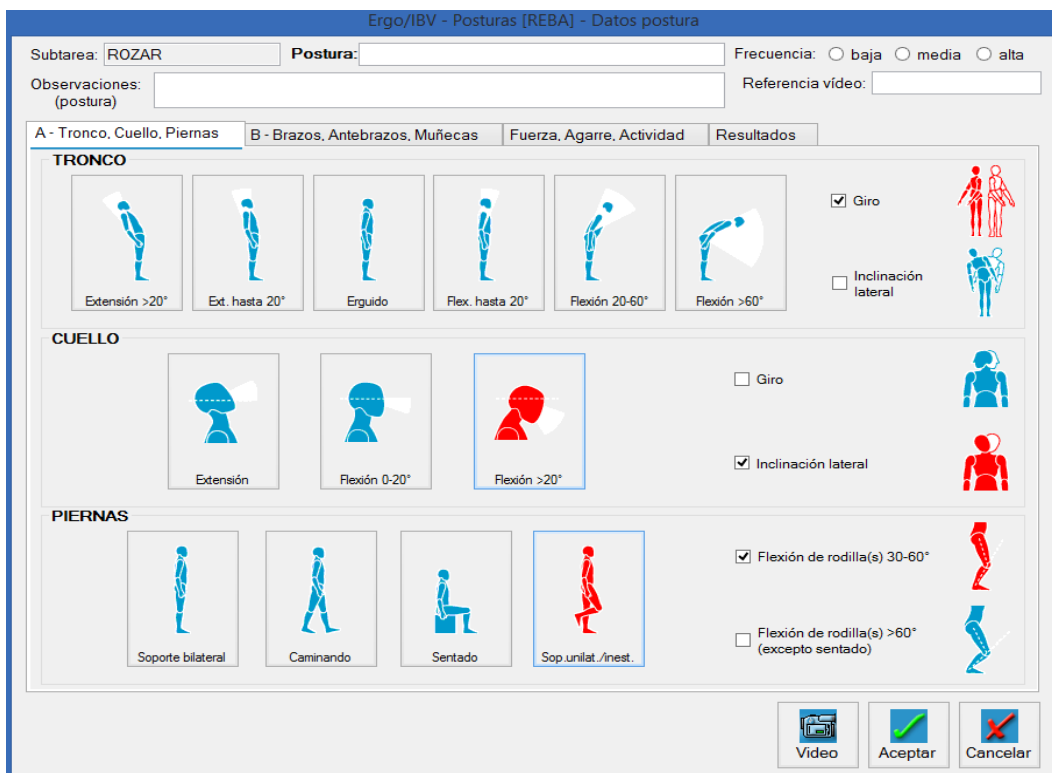
3 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA



Fuente: Ergo IBV

4 GRUPO A: Tronco, cuello y piernas

Figura 44. Análisis grupo A



Fuente: Ergo IBV

Figura 45. Análisis Grupo B

5 GRUPO B: BRAZOS, ANTEBRAZOS, MUÑECAS

The screenshot shows the 'Ergo/IBV - Posturas [REBA] - Datos postura' window. The 'Subtarea' is 'ROZAR' and 'Postura' is empty. Frequency is set to 'baja'. The 'Observaciones' field is empty. The 'Referencia vídeo' field is empty. The 'Brazos, Antebrazos, Muñecas' tab is selected. The 'DERECHO' (Right) side is active. The 'BRAZO' section includes icons for 'Extensión >20°', 'Ext 20°-Flex 20°', 'Flexión 20-45°', 'Flexión 45-90°', and 'Flexión >90°'. Checkboxes include 'Abducción de brazo' (unchecked), 'Rotación de brazo' (checked), 'Hombro elevado' (unchecked), and 'Brazo apoyado o a favor de la gravedad' (unchecked). The 'ANTEBRAZO' section includes icons for 'Flexión <60°', 'Flexión 60-100°', and 'Flexión >100°'. The 'MUÑECA' section includes icons for 'Flex/Ext 0-15°' and 'Flex/Ext >15°'. Checkboxes include 'Giro' (checked) and 'Desviación lateral' (unchecked). At the bottom, there are 'Video', 'Aceptar', and 'Cancelar' buttons.

Fuente: Ergo IBV

6 FUERZA, EL AGARRE Y ACTIVIDAD MUSCULAR

Figura 46. Análisis fuerza y agarre

The screenshot shows the 'Ergo/IBV - Posturas [REBA] - Datos postura' window. The 'Subtarea' is 'ROZAR' and 'Postura' is empty. Frequency is set to 'baja'. The 'Observaciones' field is empty. The 'Referencia vídeo' field is empty. The 'Fuerza, Agarre, Actividad' tab is selected. The 'FUERZA / CARGA' section includes icons for '<5 Kg', '5-10 Kg', and '>10 Kg'. A checkbox for 'Fuerza repentina o brusca' is unchecked. The 'AGARRE' section includes buttons for 'Bueno', 'Regular', 'Malo', and 'Inaceptable'. The 'ACTIVIDAD' section includes checkboxes for 'Estática (mantenida >1minuto)', 'Repetida (>4 veces/minuto, excepto caminar)', and 'Cambios posturales grandes y rápidos o base inestable' (checked). At the bottom, there are 'Video', 'Aceptar', and 'Cancelar' buttons.

Fuente: Ergo IBV

7 RESULTADO

Figura 47. Resultados

Subtarea: ROZAR Postura: Frecuencia: baja media alta
 Observaciones: Referencia video:

A - Tronco, Cuello, Piernas B - Brazos, Antebrazos, Muñecas Fuerza, Agarre, Actividad Resultados

Grupo A
 TRONCO: 5
 CUELLO: 3
 PIERNAS: 4
 Tabla A: 9 + 3 = Puntuación A: 12

Grupo B
 BRAZO: 6
 ANTEBRAZO: 2
 MUÑECA: 3
 Tabla B: 9 + 3 = Puntuación B: 12

Tabla C: 12 + 3 = Puntuación REBA: 15

Nivel de Riesgo: Inapreciable



Posturas [REBA]



INFORME

IDENTIFICACIÓN

Ubicación: C:\Program Files (x86)\IBV\Ergo IBV14\Ejemplos\Trabajo Ergonómico Laboratoibol
 Fecha: 13/06/2017
 Tarea: TRABAJO CON DESMALEZADORA
 Empresa: APROCAI
 Observaciones:

RIESGO de las POSTURAS

Subtarea	Postura	Frecuencia	Puntuación REBA	Nivel de Riesgo
ROZAR	ROZAR	media	-1	Inapreciable

Fuente: Ergo IBV

Mediante esta interpretación de datos que nos arroja el ERGO IVB se concluye diciendo que el prototipo para la desmalezadora ya no está generando molestias significativas en los operarios, como el grafico es muy explícito en darnos estos datos: frecuencia de la actividad media, puntuación Reba -1 y el riesgo inapreciable.

ANEXO D ANÁLISIS ERGO IBV

Estos valores de referencia para las posturas de trabajo contenidas en la norma técnica ISO 11226:2000

Procedimiento para determinar las posturas de trabajo norma técnica ISO 11226:2000

4.4.2 Análisis ergonómico del modelo propuesto.

- Numero de operarios 4 evaluados.

Tabla 25. Segunda hora de trabajo

Operarios	Área de Análisis	Puntuación	Nivel de actuación	Resultado
1	Limpieza de hurtos de cacao	-1	1	Riesgo Aceptable
2	Limpieza de hurtos de cacao	-1	1	Riesgo Aceptable
3	Limpieza de hurtos de cacao	1	1	Riesgo Aceptable
4	Limpieza de hurtos de cacao	-1	1	Riesgo Aceptable

Realizado por: Autores

Tabla 26. Séptima hora de trabajo.

Operarios	Área de Análisis	Puntuación	Nivel de actuación	Resultado
1	Limpieza de hurtos de cacao	4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
2	Limpieza de hurtos de cacao	4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
3	Limpieza de hurtos de cacao	4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio
4	Limpieza de hurtos de cacao	4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio

Realizado por: Autores

Se estableció que los operarios requieren cambios en la tarea; es conveniente profundizar el estudio.

Con los niveles de actuación de posturas inadecuadas obtenidos de la evaluación con el método REBA se puede evidenciar claramente que existen riesgos significativos para los operarios.

Para este tipo de problema en cuanto a la tarea, proponemos hacer pausas activas debido a que es mucho el tiempo de exposición al que se ven expuestos los operarios al realizar su tarea.

4.5 Proceso de fabricación utilizando impresiones 3D

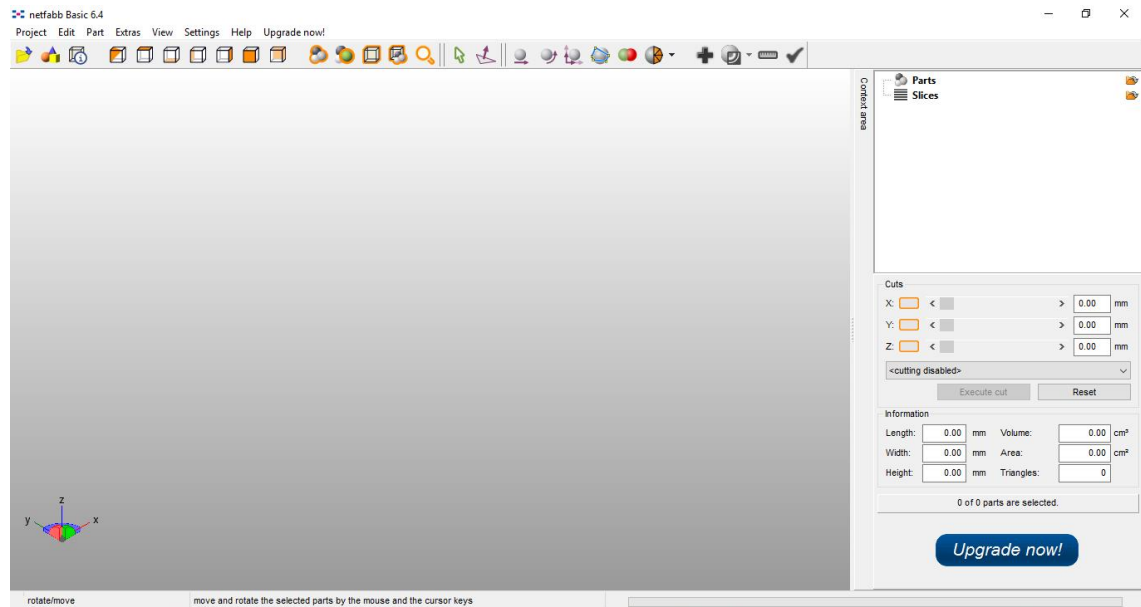
Para la impresión de las piezas en 3D hemos utilizado los siguientes programas: Netfabb Basic, Matter Controls.

Procedimiento de impresión:

- Abrir el programa Netfabb Basic
- Seleccionar el plano de trabajo principal
- Importar los dibujos realizados en solidworks los mismos que se guardaron STL.
- Cuadrar los dibujos con las medidas que se tienen en los planos
- Observar las coordenadas para la generación de códigos
- Fijar las coordenadas de las piezas y guardarlas en códigos G
- Abrir el programa Matter Controls
- Elegir espacio de trabajo principal
- Exportar dibujos con códigos G
- Simular el proceso de impresión.
- Exportar los códigos G a la impresora Rostock 3D
- Calibrar la impresora
- Parámetros de impresión
- Imprimir

Netfabb Basic. - Este programa nos ayuda a ver como se encuentra las piezas al momento de imprimir, es decir nos ayuda a centrar el plato de la impresora, generar códigos para la impresión de las piezas.

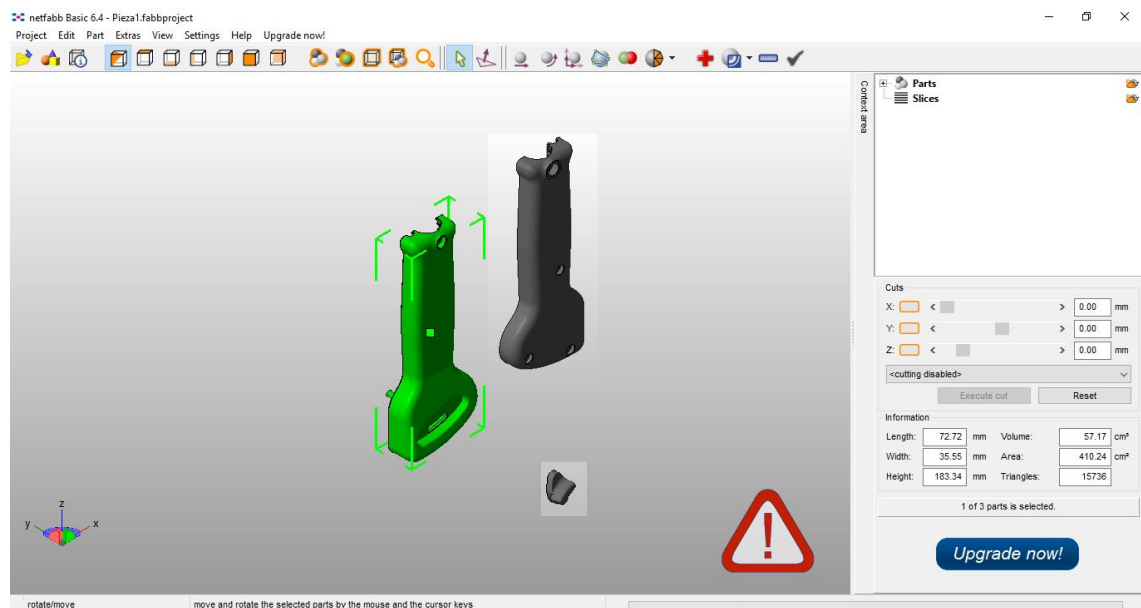
Figura 48. Pantalla de visualización de Netfabb Basic



Fuente: Autores

- Generacion de codigos y centrado de la pieza

Figura 49. Acople Mango



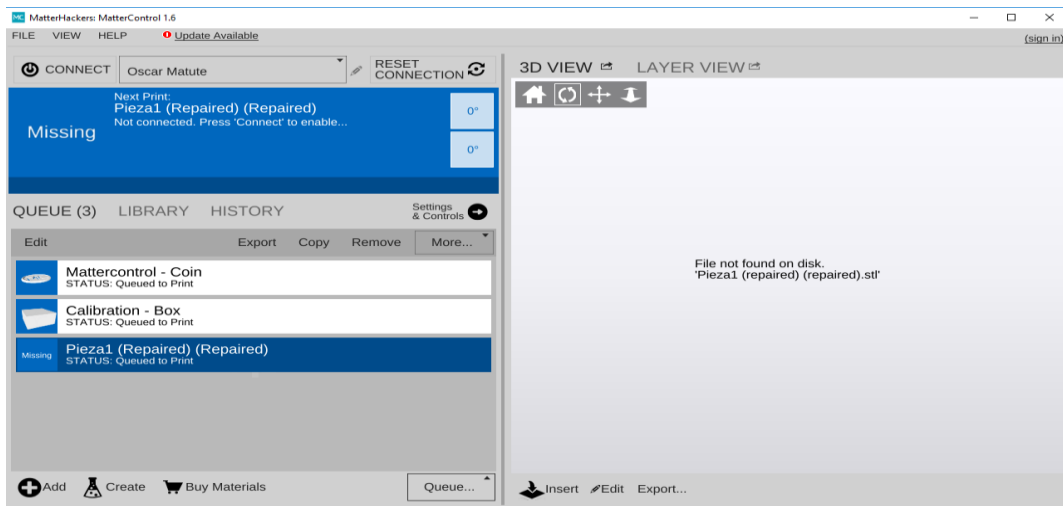
Fuente: Autores

Interpretación. - Como podemos visualizar en las imágenes la generación de códigos G, y las coordenadas influyen mucho al momento de la impresión, dado que si no se tiene las debidas precauciones, esto ocasionaría una mala pieza puesto que no se generaron bien los códigos y las coordenadas.

Matter Controls.- Mediante este programa podemos simular, generar códigos G, determinar la cantidad de filamento y determinar el tiempo de impresión, para poder guardar los códigos y enviarlos a una micro SD para poder imprimir.

- Importación de códigos G al Software Matter Controls

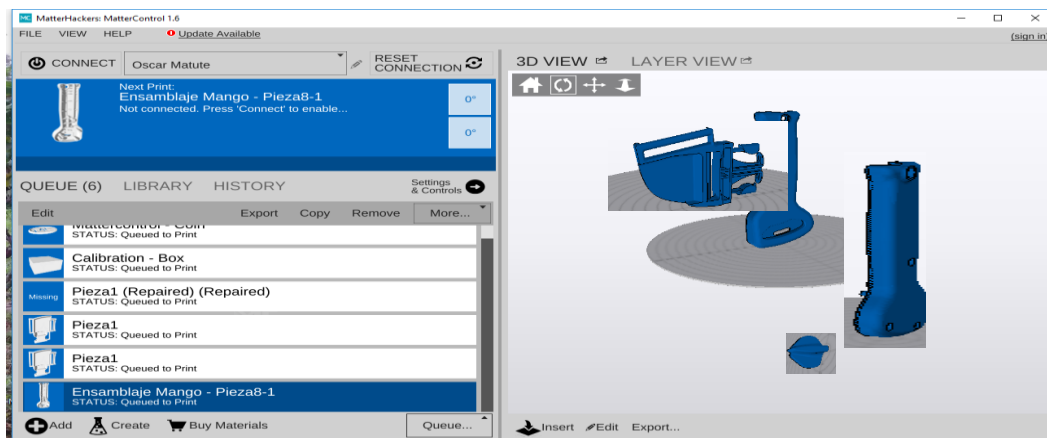
Figura 50. Pantalla de visualización



Fuente: Autores

- Simulación de la impresión de a pieza

Figura 51. Acople Mango



Fuente: Autores




Interpretación. - Mediante la ejecución y manipulación de este software se pudo simular el proceso impresión o fabricación, dando como resultado una vista previa del tiempo que toma en estar terminadas, en cuanto se refiere a la de las piezas realizadas con el polímero (PLA) que forman parte del prototipo de arnés y de la misma manera el mango.

4.6 Proceso de ensamblaje de Ensamblaje del Prototipo

4.6.1 Diagrama de Procesos.

Este tipo de técnica sirve para recoger la información de forma resumida a fin de adquirir un conocimiento superior del mismo y poder mejorarlo. El diagrama de proceso puede mostrar en el orden debido o las faces que atraviesa el producto, la pieza o el material.

Tabla 27. Símbolos convencionales de procesos

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	DESCRIPCION
	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento
	DESPLAZAMIENTO O TRANSPORTE	Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	INSPECCIÓN	Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo
	DEMORA O ESPERA	Indica demora en el desarrollo de los hechos
	ALMACENAMIENTO	Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo o de un objeto cualquiera en un almacén.

Mediante este diagrama de procesos hecho para el arnés y el mango podemos evidenciar que el tiempo de espera en la fabricación de las piezas pasticas tiende hacer muy demorasas, de esta manera retrasan el ensamble de los prototipos.

Fuente: Norma ASME

ANEXO E DIAGRAMA DE PROCESOS

4.7 Resultados de la encuesta aplicada a los operarios en el área de limpieza de huertos de cacao

Tabla 28. Resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

#	PREGUNTAS	Alternativas Para Respuesta			TOTAL
		SI	A VECES	NO	
1	¿El diseño que utiliza garantiza su salud física?	35	20	13	68
2	¿Considera usted que existe una buena funcionalidad en el arnés que utiliza regularmente?	30	27	11	68
3	¿Tiene fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora?	11	35	22	68
4	¿Ha tenido usted accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos?	7	27	34	68
5	¿Usted se siente cómodo con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo?	38	20	10	68
6	¿Los mismos gestos o acciones se repiten mucho?	17	23	28	68
7	¿Las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes?	13	23	32	68
8	¿El trabajo exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano?	10	25	33	68
9	¿La actividad con las manos es muy pesada: presión, agarre?	9	22	37	68
10	¿La actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos?	8	26	34	68

Autores: Oscar Matute y Adolfo Tandazo

Fuente: Instituto de Ergonomía de Valencia

4.7.1 Ponderación de resultados propuesto.

1. ¿El diseño que utiliza garantiza su salud física?

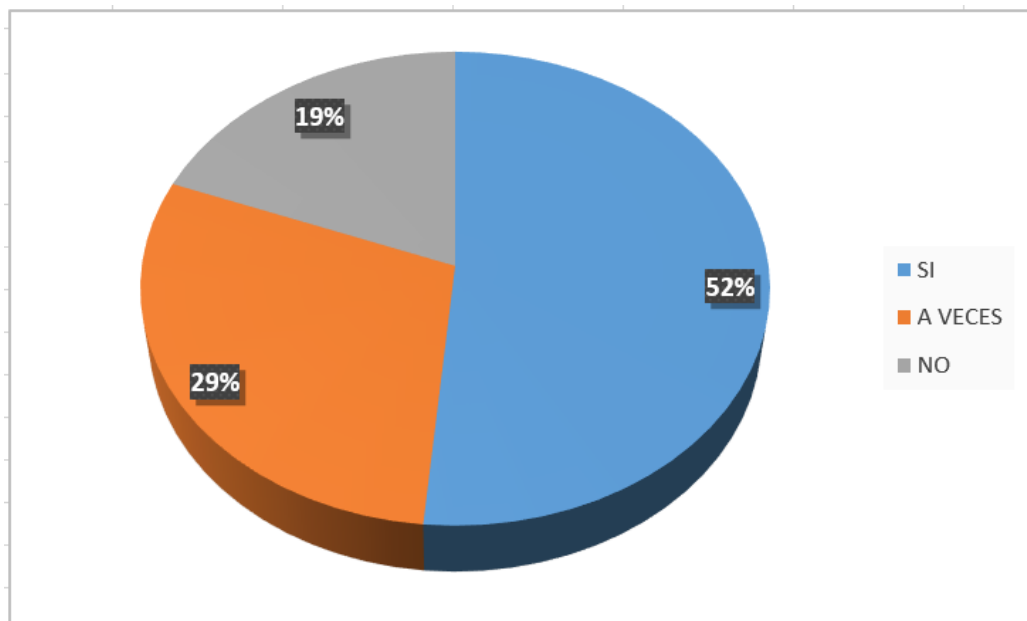
Tabla 29. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	35	51.47%
A VECES	20	29.41%
NO	10	19.12%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 52. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.17

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los operarios de la empresa, señalan que el diseño si garantiza su salud física.

2. ¿Considera usted que existe una buena funcionalidad en el arnés que utiliza regularmente?

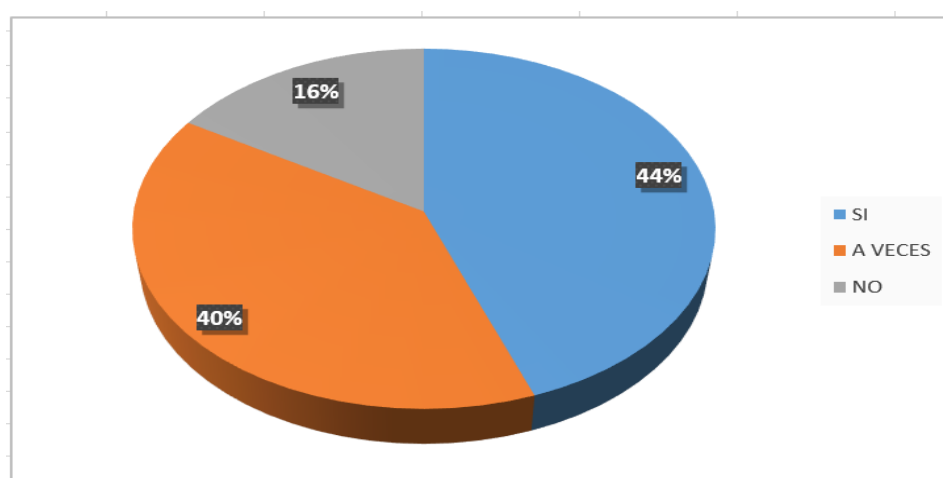
Tabla 30. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	30	44.12%
A VECES	27	39.71%
NO	11	16.17%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 53. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.18

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que si hay una buena funcionalidad en el arnés que utilizan.

3. ¿Tiene fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora?

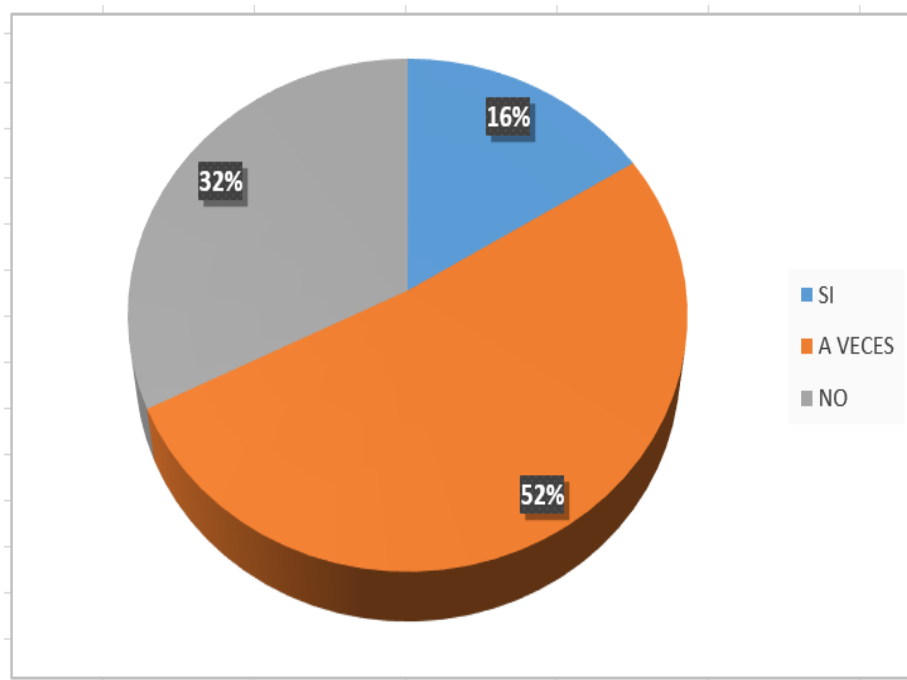
Tabla 31. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	11	16.17%
A VECES	35	51.47%
NO	22	32.36%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 54. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.19

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que si tienen fatiga en el trabajo realizado con la desmalezadora.

4. ¿Ha tenido usted accidentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos?

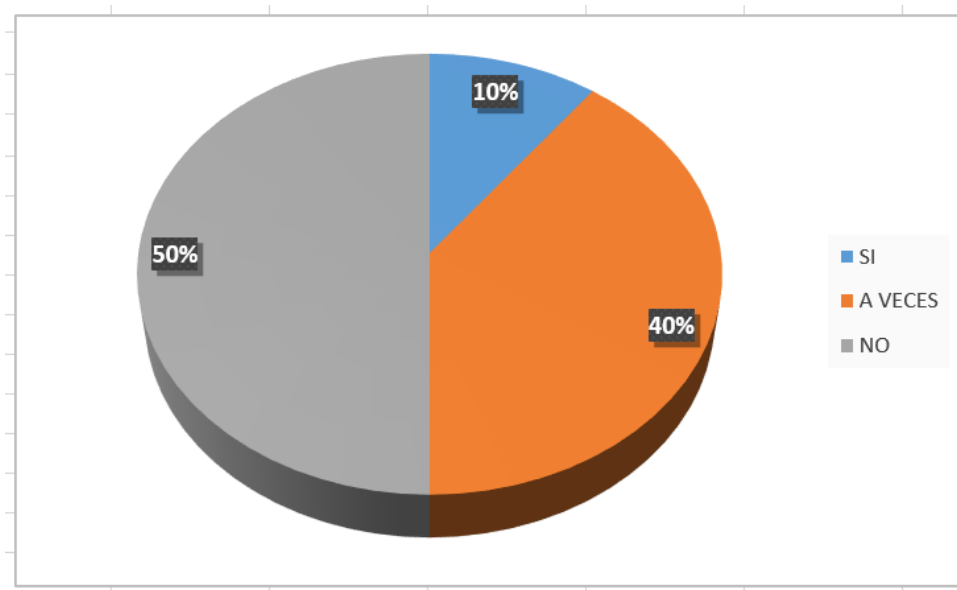
Tabla 32. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	7	10.29%
A VECES	27	39.71%
NO	34	50%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 55. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.20

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 50% de los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que no han tenido accidentes muy frecuentes con lesiones a nivel de los hombros, muñecas, manos.

5. ¿Usted se siente cómodo con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo?

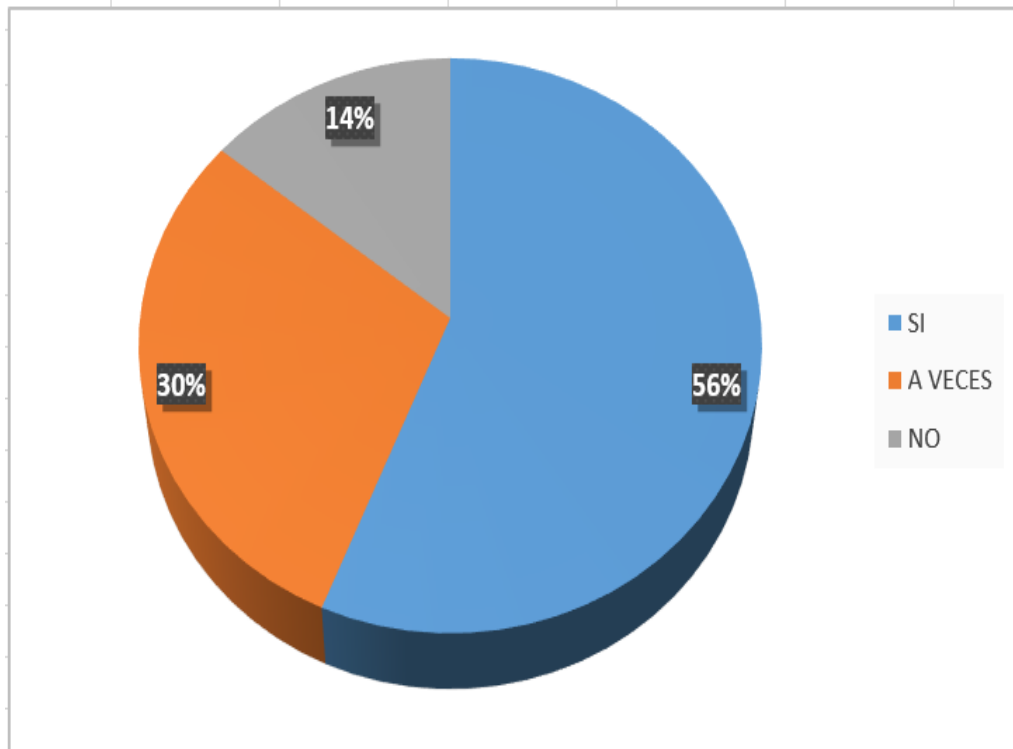
Tabla 33. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	58	55.88%
A VECES	20	29.41%
NO	10	14.71%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 56. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.21

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 56% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que si se sienten cómodos con la distribución de las cargas en su instrumento de trabajo.

6. ¿Los mismos gestos o acciones se repiten mucho?

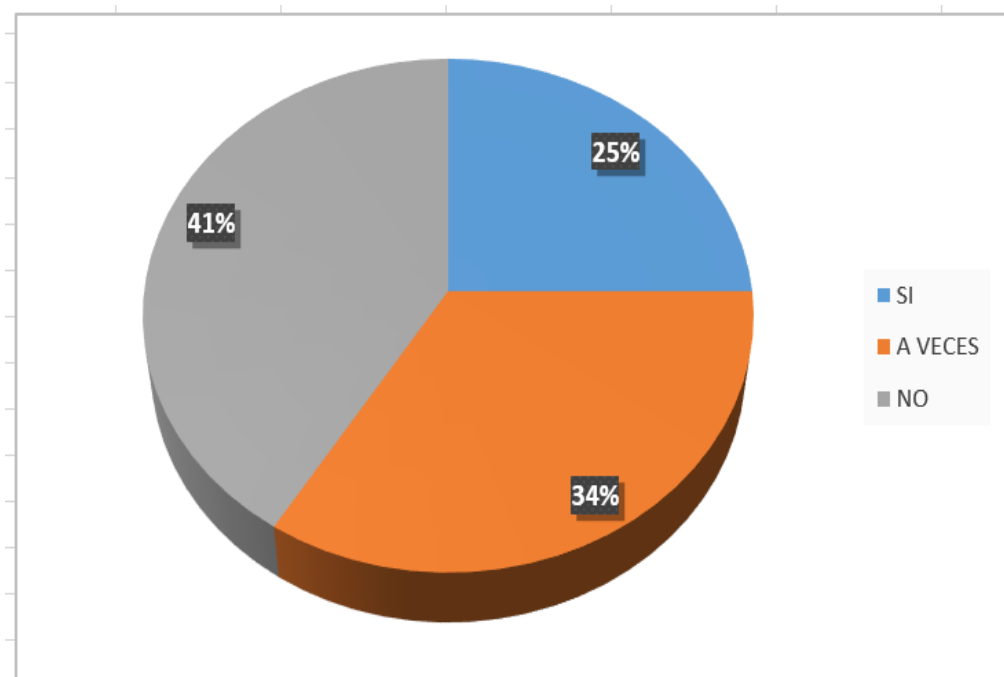
Tabla 34. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	17	25%
A VECES	23	33.82%
NO	28	41.18%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 57. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de Aprocai



Fuente: Tabla N°.22

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 41% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que no se repiten mucho los mismos gestos y acciones.

7. ¿Las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora son: repetitivas y frecuentes?

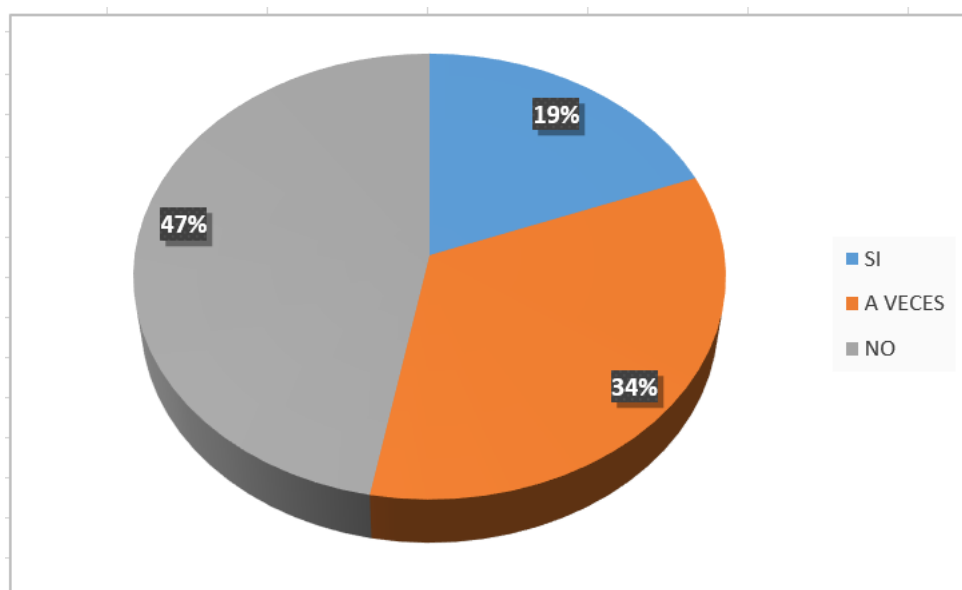
Tabla 35. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	13	19.12%
A VECES	23	33.82%
NO	32	47.06%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 58. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.23

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Con un 47.06% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que las actividades realizadas con la ayuda de la desmalezadora no son: repetitivas y frecuentes.

8. ¿El trabajo exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano?

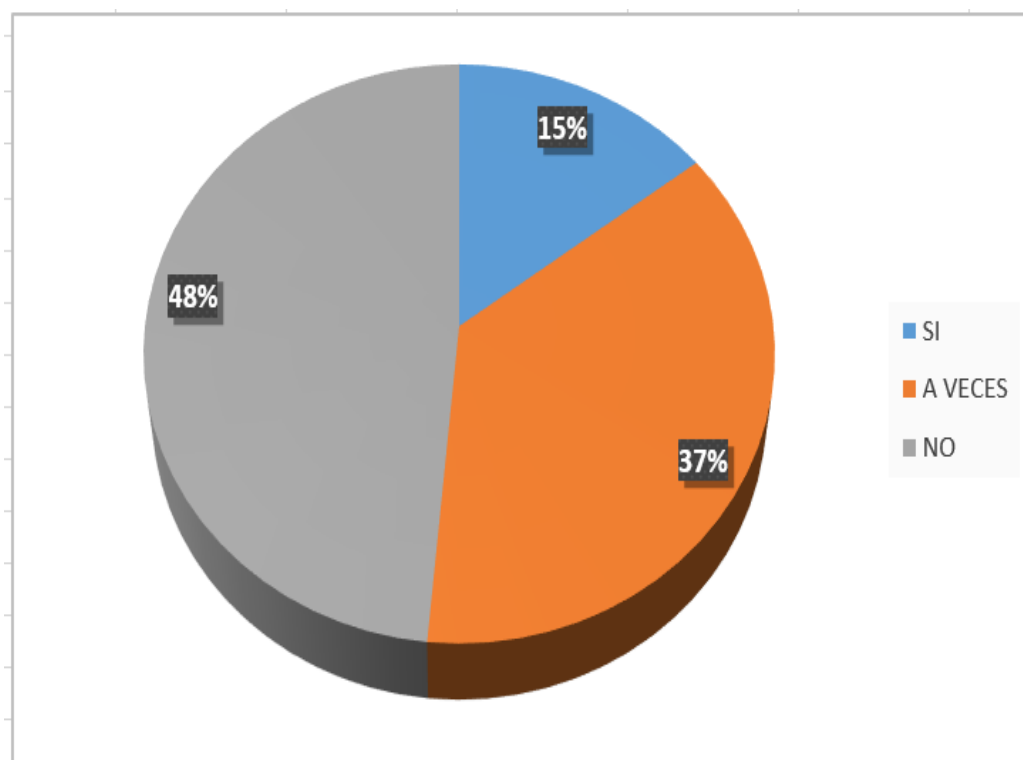
Tabla 36. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	10	14.71%
A VECES	25	36.76%
NO	33	48.53%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 59. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.24

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 48.53% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que el trabajo no exige grandes esfuerzos repetitivos que producen entumecimiento de la mano.

9. ¿La actividad con las manos es muy pesada: presión, agarre?

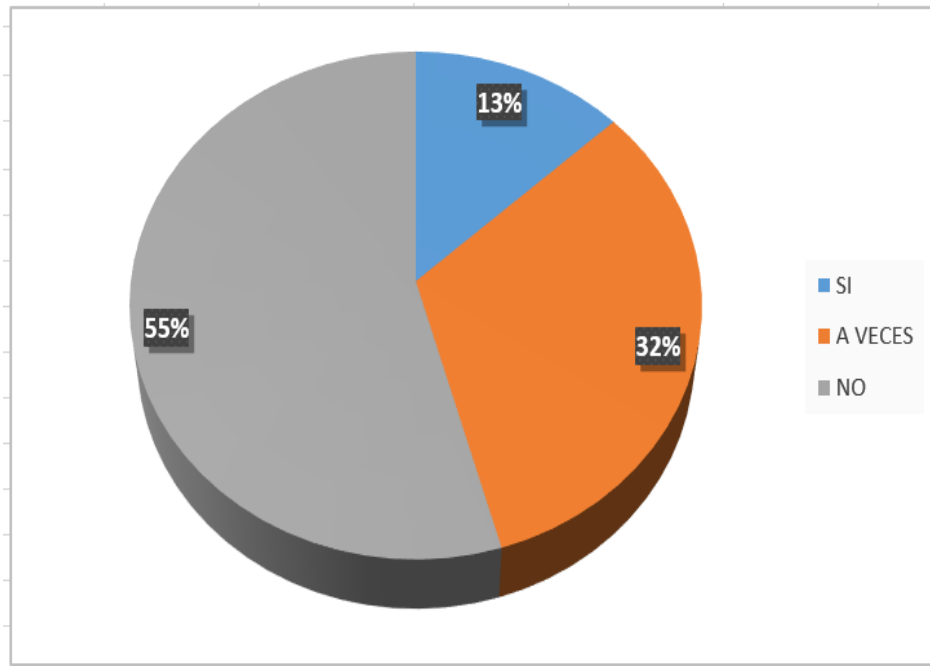
Tabla 37. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	9	13.23%
A VECES	22	32.36%
NO	37	54.41%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16.

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 60. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.25

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 54.41% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que la actividad con las manos no es muy pesada: presión, agarre.

10. ¿La actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos?

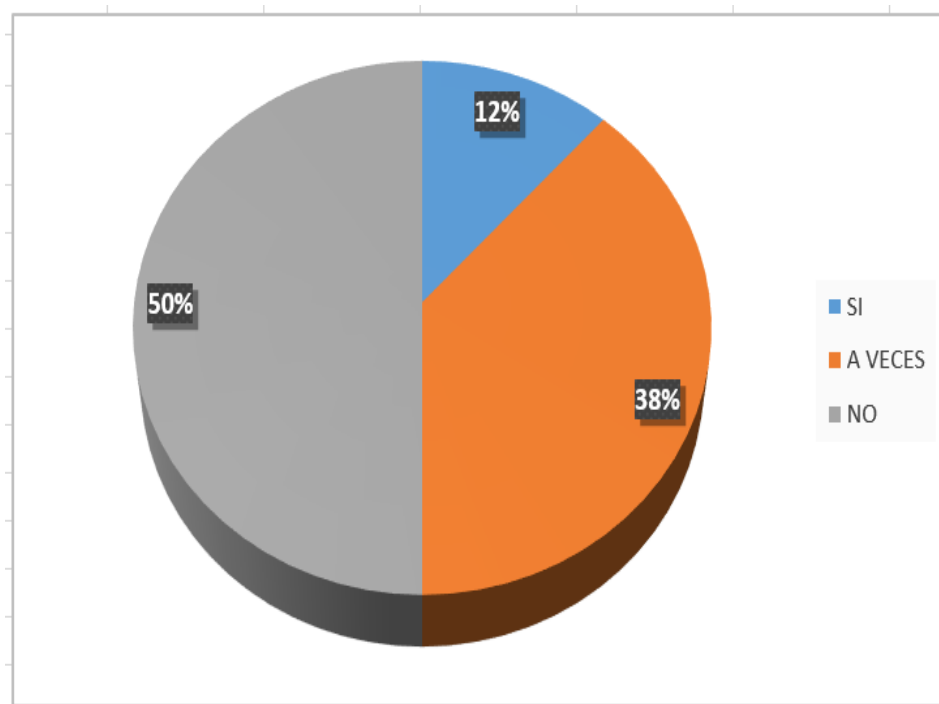
Tabla 38. Resumen de resultados de la encuesta aplicada a los operarios de la empresa APROCAI

ALTERNATIVAS	FRECUENCIAS	PORCENTAJES
SI	8	11.77%
A VECES	26	38.23%
NO	34	50%
TOTAL	68	100%

Fuente: Tabla N°.16

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Figura 61. Ponderación de la encuesta aplicada a los operarios de APROCAI



Fuente: Tabla N°.26

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo 2017

Interpretación. - Un 60.29% de los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los operarios de la empresa, consideran que la actividad con las manos es muy pesada: coger con los dedos.

4.7.2 Cuadro de datos acorde al tiempo de exposición y molestias presentadas modelo propuesto.

Tabla 39. Toma de tiempos de exposición aplicada a los operarios de la empresa APROCAI.

Sectores en estudio	Tiempo de exposición que generan molestias por la utilización del modelo propuesto			
	1 hora	2 hora	3 hora	4 hora
Operarios de la empresa Aprocai limpieza	0%	0%	25%	40%

Fuente: autores

Elaborado por: Oscar Matute y Adolfo Tandazo

Interpretación. - Por medio de este cuadro podemos evidenciar que los trabajadores a partir de la tercera hora un 25% respectivamente, al realizar su tarea comienza a tener inconvenientes debido al tiempo de exposición y en cuanto continúa sumando las horas de exposición, aumenta considerablemente el porcentaje de personas que presentan molestias.

Mediante la presente encuesta y cuadro de datos para la utilización del modelo propuesto, debido al tiempo de exposición que se realizó a los operarios, que cumplen la actividad de rozar empresa Aprocai determinamos que, el arnés y el mango de operación si cumplen con los parámetros de tiempo de uso a los que se ven inmersos los operarios en el área de limpieza de huertos de cacao.

4.7.3 Comprobación de hipótesis método propuesto.

Para la comprobación de la Hipótesis diseñada en la presente investigación se manejará la prueba de Chi Cuadrado (Ji cuadrado: χ^2) para el 95.00% de Confianza, con un 5% de error de muestreo y con GL= 2 (grados de libertad).

De este sentido para la comprobación de hipótesis es obligatorio el planteamiento de hipótesis nula que desapruueba la presente propuestas y de hipótesis alternativa que confirma la validez de la propuesta, a continuación, se plantea cada una de ellas.

Hipótesis Nula Ho: El prototipo de Arnés de Sujeción y Mango de Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola NO incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga.

Hipótesis Alterna Ha: El prototipo de Arnés de Sujeción y Mango de Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola SI incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga.

Nivel de significación y regla de decisión

A continuación, se tiene las medidas y datos que se han manejado para manifestar la hipótesis:

- Probabilidad: $P=0.05$

De la misma manera se calcula los grados de libertad para aplicar la prueba Chi-cuadrado, utilizando la siguiente formula:

- $GL = (\text{número de filas}-1) * (\text{número de columnas} - 1)$

Donde:

- **GL:** Grados de libertad
- **Numero de filas:** Corresponden al número de preguntas a tomar en cuenta para la prueba Chi-cuadrado.
- **Numero de columnas:** Corresponden al número de alternativas de cada pregunta.

❖ *Cálculo grados de libertad*

Se realiza las operaciones necesarias:

- $GL = (3-1) * (2-1)$
- $GL = 2$

De acuerdo a $p=0.05$ y $GL=2$, se procede a intersecar estos dos valores en la tabla del Chi-cuadrado y se obtiene:

Tabla 40. Tabla de Chi Cuadrado (x^2)

DF	P = 0,05	P = 0,01	P = 0,001
1	3,84	6,64	10,83
2	5,99	9,21	13,82
3	7,82	11,35	16,27
4	9,49	13,28	18,47

Fuente: Pulido, 2010

Elaborado por: Oscar Matute Adolfo Tandazo (2017)

❖ *Regla de decisión*

Se **acepta la hipótesis nula** si el valor de (x^2c) es igual o **menor a** (X)

Se **acepta la hipótesis alternativa** si el valor de (x^2t) es igual o **mayor a** (X)

La fórmula de la prueba de Chi-cuadrado es:

$$x^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde;

- x^2 Chi-cuadrado
- o_i Frecuencias observadas
- e_i Frecuencias esperadas

Tabla 41. Tabla de contingencia

FRECUENCIAS OBSERVADAS (o_i)	FRECUENCIAS ESPERADAS (e_i)	$o_i - e_i$	$(o_i - e_i)^2$	$\frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$
30	23.706	6.294	105.969	1.67
13	15.058	-2.058	32.557	0.28
12	13.033	-1.033	21.052	0.08
230	240.235	-10.235	105.969	0.44
150	140.284	9.716	94.401	0.905
110	104.138	4.588	21.052	0.36
Chi-cuadrado calculado = $\sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$				3.735

Elaborado por: Oscar Matute Adolfo Tandazo (2017)

Chi-cuadrado calculado $X^2c = 3.735$

En la campana de Gauss está figurada tanto el área de la hipótesis nula con su valor crítico, como el área de la hipótesis alterna con el valor calculado chi cuadrado. Dejando ver que la hipótesis nula es rechazada porque el chi cuadrado está dentro del área de H_0 .

Decisión

- Si Chi-cuadrado calculado $X^2c = 3.735 <$ Chi cuadrado de la tabla $X^2t = 5,99$, aceptamos la Hipótesis nula (H_0) y rechazamos la Hipótesis alternativa (H_1).

- Si Chi-cuadrado calculado $X^2c = 3.735 >$ Chi cuadrado de la tabla $X^2t = 5,99$, rechazamos la Hipótesis nula (H0) y aceptamos la Hipótesis alternativa (H1)

En virtud de los resultados observados en el gráfico anterior, el valor de Chi-cuadrado calculado es mayor que el Chi-cuadrado de la tabla, por lo cual cae en la zona de rechazo de la Hipótesis nula (H0), por lo que se procede a verificar aceptar la hipótesis nula (H0) y se rechaza Hipótesis alternativa (H1), la cual indica que: “El prototipo de Arnés de Sujeción y Mango de Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola NO incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga”

4.7.4 Comprobación de resultados método actual vs método propuesto.

- **Método actual**

Chi-cuadrado calculado $X^2c = 6.113$

Decisión

Si Chi-cuadrado calculado $X^2c = 6.113 >$ Chi cuadrado de la tabla $X^2t = 5,99$, rechazamos la Hipótesis nula (H0) y aceptamos la Hipótesis alternativa (H1).

En virtud de los resultados observados en el gráfico anterior, el valor de Chi-cuadrado calculado es mayor que el Chi-cuadrado de la tabla, por lo cual cae en la zona de rechazo de la Hipótesis nula (H0), por lo que se procede a verificar el rechazo de la hipótesis nula (H0) y se acepta Hipótesis alternativa (H1), la cual indica que: “El prototipo de Arnés de Sujeción y Mango de Operación, para la desmalezadora utilizada en el sector agrícola incide significativamente en la reducción de los niveles de fatiga”

- **Método propuesto (prototipo)**

Decisión

- Si Chi-cuadrado calculado $X^2c = 3.735 <$ Chi cuadrado de la tabla $X^2t = 5,99$, aceptamos la Hipótesis nula (H0) y rechazamos la Hipótesis alternativa (H1).

4.7.5 *Análisis de propuesta.*

Mediante la comprobación de chi cuadrado de método propuesto vs el método actual, y con una confiabilidad del 95% de los softwares Ergo IBV y Ansys, indicamos que el prototipo cumple los parámetros de tiempo exposición en la utilización de la desmalezadora para la limpieza de huertos de cacao, inside significativamente en la reducción de los niveles de fatiga.

4.8 Fase de uso adecuado del prototipo

4.8.1 *Uso del arnés.*

- Colocación de las correas superiores en los hombros y brazos.
- Apriete de seguro del broche superior (pechera).
- Apriete de seguro del broche inferior (correa).
- Ajuste ergonómico de los tirantes superiores (acorde a cada persona que utiliza el arnés).
- Ajuste ergonómico de los tirantes laterales, acorde a cada persona que utiliza el arnés.
- Ajuste ergonómico del tirante frontal, acorde a cada persona que utiliza el arnés.
- Ajuste ergonómico de la correa inferior (cinturón), acorde a cada persona que utiliza el arnés.
- Verificar que todos los componentes estén ajustados al operario.
- Enganchar la máquina.

4.8.2 *Fase de pausas activas.*

Estas guías deben ser implementadas en cada compañía dependiendo del riesgo expuesto, no obstante a todo lo expuesto sobre dolencias musculares y situaciones estresantes, en el ámbito laboral se han creado para realizar al interior de las compañías las pausas activas o pausas laborales activas, que son momentos en el día laboral para pasar de períodos tensionantes tanto físicos como mentales a tiempos de recuperación, y son altos en la jornada laboral en los cuales se realizan una serie de ejercicios de estiramiento de los grupos musculares especialmente aquellos en los que se acumula mucha tensión o poca movilidad, también se utiliza en los músculos involucrados en movimientos repetitivos.

Los momentos en los cuales se realizan las pausas activas se deben volver parte de la vida diaria y necesariamente con ellos se buscan, en primer lugar, mejorar la calidad de vida de los colaboradores, cambiar por unos minutos los movimientos repetitivos y generar conciencia de cuidado por la salud en cada uno de ellos.

Guía de pausas para la utilización correcta del arnés:

- Al cabo de la segunda hora de utilización del arnés realizar una pausa en la actividad de rozar de 5 minutos, complementar esta pausa con ejercicios de relajación muscular.
- Al cabo de la tercera hora de utilización del arnés realizar una pausa en la actividad de rozar de 10 minutos, complementar esta pausa con ejercicios de relajación muscular.

4.8.3 Ejercicios de relación muscular.

La relajación muscular, junto a una correcta respiración son dos de los mecanismos más potentes que tenemos a nuestro alcance para alcanzar un estado de relax y bienestar, existe numerosas técnicas de relajación muscular, como por ejemplo puede ser la relajación muscular progresiva de Jacobson.

Casi todas estas técnicas de relajación muscular requieren de tiempo para realizarlas correctamente además de un espacio, también se necesita disponer tiempo, ya que una sesión de relajación suele durar entre 20 minutos y media hora. Los ejercicios de relajación muscular son importantes, porque mejoran la irrigación sanguínea de la musculación.

1. Estiramiento del cuello y cabeza

Para relajar y estirar el cuello correctamente podemos realizar dos ejercicios básicos. El primero consiste en girar la cabeza lentamente de izquierda a derecha y hacer pequeños círculos con el cuello. En el segundo ejercicio se deja caer la cabeza, siempre acompañándola de las manos y nunca haciendo fuerza hacia delante y hacia los lados. Si se tiene problemas de cervicales es mejor no forzar el cuello, por lo que no conviene dejar caer el cuello hacia atrás.

2. Estiramiento de los hombros

El ejercicio básico para estirar los hombros consiste en subir y bajar los hombros en dos tiempos. Primero, se sube los hombros con los brazos estirados y dejados caer. El segundo paso consiste en bajar los hombros.

3. Estiramiento de la parte alta de la espalda

Para estirar la parte alta de la espalda podemos realizar varios ejercicios, como levantar los brazos o poner las manos sobre los hombros y flexionar los brazos intentando juntar los codos por delante.

4.9 Estudio de Costos

Para el siguiente análisis de costos identificaremos:

- Mango de operación
- Arnés de sujeción

Esta división se lo realiza por los diferentes materiales y proceso de producción, ya que en el mango de operación se polímero (PLA), mientras que en el arnés de sujeción se emplea principalmente textil (poliéster PLA) y polímero (PLA).

4.9.1 Costos Directos Mango de Operación.

Los costos directos están inmiscuidos en el proceso de producción.

Tabla 42. Costos del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO INDIVIDUAL (DÓLARES)	COSTOS TOTAL (DÓLARES)
Accionador ON - OFF	1	10	10
Mango de Polímero (PLA)	1	10	10
Regulador de Velocidades	1	8	8
TOTAL			38

Realizado por: Autores

Como se puede identificar en la tabla anterior el costo directo de fabricación del mango de operación utilizado en la empresa Aprocai, tiene un valor de 38 dólares americanos.

4.9.2 Costos Indirectos del Mango de Operación.

Tabla 43. Costos indirectos en el proceso de producción.

COSTOS INDIRECTOS PROTOTIPO DE MANGO	
DESCRIPCIÓN	COSTO (DÓLARES)
Mano de obra indirecta	5
Transporte	5
TOTAL	10

Realizado por: Autores

Como se puede identificar en la tabla anterior el costo indirecto de fabricación del mango de operación utilizado en la empresa Aprocai, tiene un valor de 10 dólares americanos.

4.9.3 Costos Totales del Prototipo de Mango de Operación.

Tabla 44. Costos totales en el proceso de producción.

COSTOS TOTALES PROTOTIPO DE MANGO	
Costos directos	38
Costos indirectos	10
TOTAL	48

Realizado por: Autores

Como se puede identificar en la tabla anterior el costo total de fabricación del mango de operación utilizado en la empresa Aprocai, tiene un valor de 48 dólares americanos.

4.9.4 Costos directos del prototipo de arnés.

Tabla 45. Costos directos en el proceso de producción.

COSTOS DIRECTOS PROTOTIPO DE ARNÉS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO INDIVIDUAL (DÓLARES)	COSTOS TOTAL (DÓLARES)
Correas ajustables para hombros	2	5	10
Tirantes de seguridad inferior	6	1.25	7.50
Tabla de seguridad para espalda	1	3	3
Broche de seguridad frontal superior	1	5	5
Broche se seguridad inferior	1	5	5
Regulador de tirantes	3	2	6
Soporte de maquina	1	5	5
Regulador de tirantes combinados	2	2	4
TOTAL			45.50

Realizado por: Autores

Como se puede identificar en la tabla anterior el costo directo de fabricación del prototipo de arnés de sujeción utilizado en la empresa Aprocai, tiene un valor de 45.50 dólares americanos.

4.9.5 Costos indirectos del prototipo de arnés.

Tabla 46. Costos indirectos en el proceso de producción.

COSTOS INDIRECTOS PROTOTIPO DE ARNÉS	
DESCRIPCIÓN	COSTO (DÓLARES)
Mano de obra indirecta	5
Transporte	5
TOTAL	10

Realizado por: Autores

Como se puede identificar en la tabla anterior el costo indirecto de fabricación del prototipo de arnés de sujeción utilizado en la empresa Aprocai, tiene un valor de 10 dólares americanos.

4.9.6 Costos Totales del prototipo de arnés.

Tabla 47. Costos totales en el proceso de producción.

COSTOS TOTALES PROTOTIPO DE ARNÉS	
Costos directos	45.50
Costos indirectos	10
TOTAL	55.50

Realizado por: Autores

Como se puede identificar en la tabla anterior el costo total de fabricación del prototipo de arnés de sujeción utilizado en la empresa Aprocai, tiene un valor de 55.50 dólares americanos.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados generales obtenidos en las encuestas realizadas a los operarios determinaron la existencia de la repetitividad y el tiempo de exposición en la utilización de las máquinas desmalezadoras lo que conlleva a una afectación física en las personas que utilizan esta herramienta en el sector agrícola.
- Mediante el software Ansys (permite analizar las cargas y esfuerzos), se procedió a aplicar una fuerza de 7.9 Kgf (77.42N) con un material echo del polímero PLA (ácido poliláctico), dando como resultado una deformación total de 4mm en la parte de la carga efectuada, evidenciando que no afecta a la deformación total de diseño del arnés.
- La evaluación del estudio ergonómico del arnés de sujeción por medio del software Ergo IBV determino que la frecuencia de la actividad es media, dándonos una puntuación Reba -1 con un nivel de riesgo inapreciable, por lo cual el diseño es aceptable.
- Con el desarrollo de este trabajo se obtuvo una herramienta muy útil para realizar la actividad de rozar, ya que por medio de este prototipo se logra mejorar la distribución de cargas, de esta manera se obtiene un mayor rendimiento del personal que ocupa esta herramienta, dicha evaluación se la realizó por el software ERGO IBV y Ansys, los mismos que cuentan con una confiabilidad del 95%.

5.2 RECOMENDACIONES

- La utilización del modelo o prototipo propuesto para minimizar la repetitividad del movimiento paulatino de los hombros, estableciendo pausas en las jornadas de trabajo.
- Verificar si existe actualizaciones de las normas que se utilizaron en la selección de materiales.
- Para el mecanizado de los elementos del prototipo se debe considerar que el dimensionamiento de las cotas se mantenga a escala real y verificar la calibración de la impresora de control numérico automatizado.
- Mediante la evaluación en el software Ansys que se realizó para una carga de 70N, 80N y 90N, se determina que la distribución de cargas es la ideal; por ende, si la carga es superior a 90N se debería realizar un nuevo análisis o una nueva investigación.
- Para la utilización del software Ergo IBV se recomienda utilizar una versión 3.0 o superior.
- Realizar pausas activas en los tiempos propuestos, para de esta forma tener reducción de niveles de fatiga en los operarios.

BIBLIOGRAFÍA

CRUZ, Alberto. & GARNITA, Gaitán. *Ergonomía Aplicada*. Bogotá. Alfa Omega 2011. pp. 7 – 10.

ANDRADE, Carlos. *Mantenimiento preventivo, predictivo y monitoreo industrial*. Córdoba, Argentina: Dimas. 1989. pp. 50.

AVALLONE, Eugene. & BAUMEISTER, Theodore III. *Manual del Ingeniero Mecánico*. D.F.- México: McGraw-Hill. 1995. pp. 39 – 42.

CALLISTER, Washintong. *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Tomo 2, Barcelona - España: Reveté. 1995. pp. 67 – 69.

CREUS, Samuel . & ARENAS, Stevens. *Técnicas para la prevención de riesgos laborales*. Madrid - España: Marcombo. 2012. pp. 53.

CREUS SOLE, Antonio. & MANGOSIO, José. *Seguridad e higiene en el trabajo un enfoque integral*. Buenos Aires – Argentina: Alfaomega. 2011. pp. 24.

CORTÉS, Diego. & JARA, Marco. *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. Madrid – España: Tebar. 1987. pp. 45 – 49.

CUATRECASAS, Lourdes. & ERRAES, Mauro. *TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia en los equipos de producción*. Barcelona – España. Gestión 2000. pp. 54.

GARCÍA, Julio. & PUETATAE, Allison. *Fundamentos del diseño mecánico*. Bogota - Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle. 2004. pp. 74.

GONZÁLEZ, Rodrigo. & Sornosa, Kevin. *Manual básico prevención de riesgos laborales*. Madrid - España: Thomson. 2011. pp. 21 – 23.

LARREA, Manuel. *Diseño y Manufactura Asistida por Computador (CAD-CAM) en la construcción de pieza con proceso de Torneado de Control Numérico (CNC)*. (Tesis). (Tecnología. Mecánico. Industrial). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Instituto de Tecnologías. Guayaquil - Ecuador 2010. pp. 31 – 35.

MELO, Lucas. *Guia Práctica de Ergonomía. 1ª ed.* Buenos Aires – Argentina: Contartese Gráfica S.R.L. 2009. pp. 55 – 65

WALPOLE, Erick. *Probabilidad y estadística para ingenieros. 6ª ed.* D.F. - México: Prentice - Hall Hispanoamerica S.A.1999. pp. 33.