



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE SECADO DE CACAO MEDIANTE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN LA EMPRESA APROCAI UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS”**

**JINDE GUINDE JOSE LUIS**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN** **TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Previa a la obtención del Título de:**

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

**Riobamba–Ecuador  
2018**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

**2016-10-31**

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**JINDE GUINDE JOSE LUIS**

---

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO EN EL  
ÁREA DE SECADO DE CACAO MEDIANTE UNA BANDA  
TRANSPORTADORA EN LA EMPRESA APROCAI UBICADA EN LA  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ CON EL FIN DE  
MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Juan Carlos Cayán Martínez  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JINDE GUINDE JOSE LUIS**

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE SECADO DE CACAO MEDIANTE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN LA EMPRESA APROCAI UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS”**

**Fecha de Examinación: 2017-12-07**

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Juan Carlos Cayán Martínez <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos <b>ASESOR</b>			

\* 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. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, JINDE GUINDE JOSE LUIS, egresado de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autor del proyecto de titulación denominado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO EN EL ÁREA DE SECADO DE CACAO MEDIANTE UNA BANDA TRANSPORTADORA EN LA EMPRESA APROCAI UBICADA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO CANTÓN CUMANDÁ CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS”**, me responsabilizo en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

---

**Jinde Guinde Jose Luis**

Cédula de Identidad: 180450466-8

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Jinde Guinde Jose Luis, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi 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 autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Jinde Guinde Jose Luis**

Cédula de Identidad: 180450466-8

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios, por haberme dado la fortaleza y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional, de igual manera 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.

**Jinde Guinde Jose Luis**

## **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 Segundo Manuel Jinde y Luzmila Fidelia Guinde por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, no puedo dejar pasar esta oportunidad sin decirles que les amo y gracias.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de ser profesional y ser una persona útil a la sociedad.

**Jinde Guinde Jose Luis**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Historia del cacao.....	4
2.2 Proceso de cultivo de cacao .....	6
2.2.1 Cosecha.....	6
2.2.2 Quiebra.....	6
2.2.3 Fermentación. ....	7
2.3 Condiciones de trabajo.....	7
2.4 Acciones y enfermedades derivadas del trabajo .....	8
2.5 Ergonomía.....	9
2.5.1 Manipulación manual de cargas .....	15
2.5.2 Snook y Ciriello.....	15
2.6 Dimensiones antropométricas .....	16
2.7 Bandas transportadoras .....	17
2.7.1 Tipos de bandas .....	18
2.8 Polipasto.....	19
2.9 Mesa elevadora .....	20
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.</b>	
3.1 Descripción de la empresa .....	21
3.2 Descripción del proceso de obtención del cacao en grano .....	22
3.3 Descripción del puesto de trabajo .....	25
3.4 Análisis del puesto de trabajo .....	27
3.5 Selección del método para la evaluación ergonómica .....	31
3.6 Evaluación de riesgos ergonómicos mediante el método reba .....	32
3.6.1 Grupo A .....	32
3.6.2 Grupo B. Extremidades superiores .....	35
3.7 Puntuación final .....	37
3.8 Resultados .....	39
3.9 Levantamiento de carga .....	40
3.10 Evaluación del levantamiento de carga ecuación INSHT .....	42
3.11 Evaluación del metodo snook ciriello.....	45
3.12 Posturas inadecuadas .....	48



<b>4.</b>	<b>SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA.</b>	
4.1	Funcionamiento de la banda transportadora .....	53
4.1.1	Aplicaciones de las bandas transportadoras.....	53
4.2	Tipos de bandas transportadoras .....	53
4.3	Calculo de longitud de la banda.....	57
4.3.1	Especificaciones.....	58
4.3.2	Capacidad de transporte.....	59
4.3.3	Ancho de banda. ....	60
4.3.4	Selección de cangilones. ....	60
4.3.5	Velocidad de desplazamiento de la banda .....	61
4.3.6	Pernos o bulones. ....	61
4.3.7	Cinta transportadora.....	62
4.3.8	Peso de la banda.....	65
4.3.9	Cálculo del peso del material elevado por metro lineal (Pm).....	65
4.3.10	Cálculo de la tensión efectiva (Te), en función de la carga .....	66
4.3.11	Cálculo de la tensión efectiva (Te), en función del número de cangilones ..	66
4.3.12	Cálculo de la unidad de la tensión (Ut).....	67
4.3.13	Cálculo de la potencia.....	67
4.3.14	Selección de tambores o cilindro. ....	68
4.3.15	Selección del eje del tambor motriz.....	69
4.3.16	Selección de los rodamientos.....	70
4.3.17	Análisis de resistencia.....	74
4.4	Diseño del sistema de control .....	76
4.5	Alineación de la banda en los soportes de los rodillos .....	77
4.6	Implementación de la banda transportadora .....	79
4.7	Evaluación reba.....	80
4.7.1	Grupo A .....	80
4.7.2	Grupo B.....	82
4.7.3	Fuerzas y agarres. ....	84
4.7.4	Agarre de la carga. ....	84
4.7.5	Resultados.....	84
4.7.6	Levantamiento de cargas. ....	85
4.7.7	Arrastre de la carga .....	86
4.8	Evaluación del levantamiento de carga ecuación INSHT .....	87
4.9	Análisis comparativo de posturas .....	89
4.9.1	Posición del cuello.....	89
4.9.2	Posición del tronco.....	90
4.9.3	Posición de las piernas.....	90
4.9.4	Posición del brazo.....	91
4.9.5	Posición del antebrazo. ....	91
4.9.6	Posición de la muñeca.....	91
4.9.7	Puntuación. ....	92
4.10	Manual de usuario y mantenimiento.....	93

4.10.1	Especificaciones técnicas y tolerancias. ....	93
4.10.2	Seguridad. ....	94
4.10.3	Normativa ....	94
4.10.4	Explicación de pictogramas y símbolos.....	96
4.10.5	Funcionamiento. ....	96
4.10.6	Piezas de control. ....	96
4.10.7	Transporte. ....	96
4.10.8	Montaje, instalación y puesta en funcionamiento.....	97
4.10.9	Montaje / conexión. ....	97
4.10.10	Comprobar la dirección de giro. ....	97
4.10.11	Comprobar tensión de la cinta transportadora .....	98
4.10.12	Parada.....	98
4.10.13	Parada de emergencia .....	99
4.10.14	Mantenimiento preventivo.....	99
4.10.15	Consideraciones para el correcto funcionamiento del sistema. ....	99
4.11	Presupuesto .....	100
4.11.1	Costos directos.....	100
4.11.2	Costos indirectos.....	101
4.11.3	Costos totales .....	101
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	
5.1	Conclusiones.....	102
5.2	Recomendaciones .....	103

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-3.</b> Diagrama de procesos del cacao.....	24
<b>Tabla 2-3.</b> Diagrama de proceso del área de secado .....	26
<b>Tabla 3-3.</b> Cálculo del índice de masa corporal.....	28
<b>Tabla 4-3.</b> Índice de masa corporal .....	28
<b>Tabla 5-3.</b> Posturas y tiempo de exposición .....	29
<b>Tabla 6-3.</b> Resultado de la evaluación .....	30
<b>Tabla 7-3.</b> Niveles de actuación EPR .....	30
<b>Tabla 3-3.</b> Árbol de problemas .....	31
<b>Tabla 9-3.</b> Tabla de ponderación .....	32
<b>Tabla 10-3.</b> Resumen grupo A .....	34
<b>Tabla 11-3.</b> Puntuación Grupo A .....	34
<b>Tabla 12-3.</b> Resultados Grupo B.....	36
<b>Tabla 13-3.</b> Puntuación Grupo B .....	36
<b>Tabla 14-3.</b> Calidad de agarre .....	37
<b>Tabla 15-3.</b> Puntuación tabla C.....	38
<b>Tabla 16-3.</b> Puntuación Reba .....	38
<b>Tabla 17-3.</b> Tabla Nivel de actuación .....	39
<b>Tabla 18-3.</b> Puntuación REBA .....	39
<b>Tabla 19-3.</b> Resultado de la evaluación Reba.....	40
<b>Tabla 20-3.</b> Selección del método de levantamiento de cargas .....	40
<b>Tabla 21-3.</b> Datos generales.....	42
<b>Tabla 22-3.</b> Valoración del riesgo Guía INSHT .....	44
<b>Tabla 23-3.</b> Valoración de la carga .....	45
<b>Tabla 24-3.</b> Ingreso de datos .....	46
<b>Tabla 25-3.</b> Resultado de la evaluación .....	47
<b>Tabla 26-3.</b> Valoración de Riesgo .....	47
<b>Tabla 27-3.</b> Puntuación Reba .....	48
<b>Tabla 28-3.</b> Valoración del riesgo Guía INSHT .....	48
<b>Tabla 29-3.</b> Valoración del riesgo Snook y Ciriello .....	49
<b>Tabla 30-3.</b> Empuje de cargas.....	49
<b>Tabla 31-3.</b> Tabla ponderación de acuerdo al nivel de riesgo .....	51
<b>Tabla 1-4.</b> Ventajas y desventajas.....	54
<b>Tabla 2-4.</b> Ventajas y desventajas de cangilones.....	55
<b>Tabla 3-4.</b> Ventajas y desventajas banda lisa.....	56
<b>Tabla 4-4.</b> Ponderación .....	57
<b>Tabla 5-4.</b> Características de los materiales.....	58
<b>Tabla 6-4.</b> Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas .....	71
<b>Tabla 7-4.</b> Factores para el cálculo de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas .	72
<b>Tabla 8-4.</b> Factor de seguridad.....	76

<b>Tabla 9-4.</b> Resumen grupo A .....	82
<b>Tabla 10-4.</b> Puntuación Grupo A .....	82
<b>Tabla 11-4.</b> Resultados Grupo B.....	83
<b>Tabla 12-4.</b> Puntuación Grupo B .....	84
<b>Tabla 13-4.</b> Puntuación tabla C.....	84
<b>Tabla 14-4.</b> Puntuación Reba .....	85
<b>Tabla 15-4.</b> Puntuación REBA .....	85
<b>Tabla 16-4.</b> Valoración de Riesgo .....	86
<b>Tabla 17-4.</b> Datos generales.....	87
<b>Tabla 18-4.</b> Valoración del riesgo Guía INSHT .....	89
<b>Tabla 19-4.</b> Comparación de la puntuación Reba .....	92
<b>Tabla 20-4.</b> Evaluación de riesgos .....	93
<b>Tabla 21-4.</b> Señalética.....	96
<b>Tabla 22-4.</b> Mantenimiento preventivo.....	99
<b>Tabla 23-4.</b> Check List.....	100
<b>Tabla 24-4.</b> Costos directos.....	100
<b>Tabla 25-4.</b> Costos indirectos .....	101
<b>Tabla 26-4.</b> Costos totales.....	101

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-2.</b> Cacao Arriba- Provincia de los Ríos.....	6
<b>Figura 2-2.</b> Objetivos de la ergonomía .....	10
<b>Figura 3-2.</b> Obtención la puntuación REBA.....	11
<b>Figura 4-2.</b> Evaluación ergonómica.....	12
<b>Figura 5-2.</b> Método OWAS .....	12
<b>Figura 6-2.</b> Método RULA .....	13
<b>Figura 7-2.</b> Manipulación manual de cargas.....	15
<b>Figura 8-2.</b> Antropometría .....	16
<b>Figura 9-2.</b> Tipos de bandas.....	18
<b>Figura 10-2.</b> Polipasto.....	19
<b>Figura 11-2.</b> Mesa elevadora .....	20
<b>Figura 1-3.</b> Ubicación de la empresa .....	22
<b>Figura 2-3.</b> Plano del Área de Secado .....	25
<b>Figura 3-3.</b> Área de secado .....	27
<b>Figura 4-3.</b> Posición del cuello .....	33
<b>Figura 5-3.</b> Posición del tronco.....	33
<b>Figura 6-3.</b> Posición de las piernas .....	34
<b>Figura 7-3.</b> Posición del brazo .....	35
<b>Figura 8-3.</b> Posición del antebrazo .....	35
<b>Figura 9-3.</b> Posición de la muñeca.....	36
<b>Figura 10-3.</b> Posición del levantamiento .....	43
<b>Figura 11-3.</b> Giro del tronco .....	43
<b>Figura 12-3.</b> Calidad de agarre .....	44
<b>Figura 13-3.</b> Postura del trabajador .....	45
<b>Figura 14-3.</b> Porecentaje de población a proteger .....	46
<b>Figura 15-3.</b> Arrastre de carga .....	47
<b>Figura 16-3.</b> Secadora de cacao .....	50
<b>Figura 1-4.</b> Transportadora de tornillo.....	54
<b>Figura 2-4.</b> Banda transportadora de cangilón.....	54
<b>Figura 3-4.</b> Banda transportadora lisa.....	55
<b>Figura 4-4.</b> Espacio disponible .....	58
<b>Figura 5-4.</b> Ángulo de inclinación .....	58
<b>Figura 6-4.</b> Cangilones.....	60
<b>Figura 7-4.</b> Fijación del bulón .....	62
<b>Figura 8-4.</b> Banda .....	62
<b>Figura 9-4.</b> Motor ½ HP .....	68
<b>Figura 10-4.</b> Cilindros o Tambor .....	68
<b>Figura 11-4.</b> Rodillos .....	69
<b>Figura 12-4.</b> Banda transportadora .....	74

<b>Figura 13-4.</b> Analisis estructural.....	74
<b>Figura 14-4.</b> Estudio en carga maxima .....	75
<b>Figura 16-4.</b> Analisis coeficiente de seguridad.....	75
<b>Figura 17-4.</b> Conexión eléctrica .....	76
<b>Figura 18-4.</b> Pulsadores .....	77
<b>Figura 19-4.</b> Alineación de la banda.....	77
<b>Figura 20-4.</b> Tensión de las bandas .....	78
<b>Figura 21-4.</b> Banda transportadora .....	78
<b>Figura 22-4.</b> Ubicación de la banda transportadora.....	79
<b>Figura 23-4.</b> Ubicación final de la banda transportadora .....	79
<b>Figura 24-4.</b> Implementación de la banda transportadora .....	80
<b>Figura 25-4.</b> Posición del cuello .....	80
<b>Figura 26-4.</b> Posición del tronco.....	81
<b>Figura 27-4.</b> Posición de las piernas .....	81
<b>Figura 28-4.</b> Posición del brazo .....	82
<b>Figura 29-4.</b> Posición del antebrazo .....	83
<b>Figura 30-4.</b> Posición de la muñeca.....	83
<b>Figura 31-4.</b> Llenado completo.....	86
<b>Figura 32-4.</b> Para el arrastre de la carga Empuje de carga .....	86
<b>Figura 33-4.</b> Posición del levantamiento .....	88
<b>Figura 34-4.</b> Giro del tronco .....	88
<b>Figura 35-4.</b> Calidad de agarre .....	89
<b>Figura 36-4.</b> Posición del cuello inicial y actual.....	90
<b>Figura 37-4.</b> Posición del tronco.....	90
<b>Figura 38-4.</b> Posición de las piernas .....	90
<b>Figura 39-4.</b> Comparación de la Posición del brazo.....	91
<b>Figura 40-4.</b> Comparación de los antebrazos .....	91
<b>Figura 41-4.</b> Ángulos de movimiento.....	91
<b>Figura 42-4.</b> Posición de trabajo .....	92

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1-3.</b> Organigrama .....	22
<b>Gráfico 2-3.</b> Proceso de cultivo de cacao.....	23
<b>Gráfico 3-3.</b> Tabla de posturas .....	29
<b>Gráfico 1-4.</b> Análisis de las ventajas en bandas transportadoras .....	56
<b>Gráfico 2-4.</b> Selección del cangilón de polietileno de alta densidad .....	60
<b>Gráfico 3-4.</b> Selección de pernos o bulones.....	62
<b>Gráfico 4-4.</b> Identificación de capas según el campo de aplicación .....	63
<b>Gráfico 5-4.</b> Selección de cinta transportadora.....	64

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>REBA</b>	Rapid Entire Body Assessment - Valoración Rápida del Cuerpo Completo
<b>RULA</b>	Rapid Upper Limb Assessment -Valoración Rápida de los Miembros Superiores
<b>OWAS</b>	Ovako Working Analysis System - Sistema de análisis de trabajo Ovako
<b>INSHT</b>	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
<b>TME</b>	Transtornos Musculo Esqueleticos



## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Hoja de vida de la banda transportadora
- B** Característica de la cinta transportadora
- C** Planos de la banda transportadora

## RESUMEN

La implementación de un sistema semiautomatizado en el área de secado de cacao mediante una banda transportadora en la empresa APROCAI ubicada en la provincia de Chimborazo cantón Cumandá, con el objetivo de minimizar riesgos ergonómicos. Para desarrollar el trabajo se aplicó la siguiente metodología o procedimiento: se realizó la identificación de las actividades realizadas en el proceso de obtención de granos de cacao; con lo cual se determina el área de secado como el área de mayor afectación de riesgos ergonómicos; con la aplicación del método EPR se determina los riesgos presentes entre las que se aplicó tenemos el método REBA para posturas inadecuadas y sobreesfuerzos, la ecuación INSHT para levantamiento de cargas, estas metodologías fueron aplicadas para la evaluación previa a la implementación de la banda transportadora, la cual fue elaborada a partir del material de transporte así como la selección de rodillos, tensiones de la banda y cálculo de la potencia requerida; como resultado de la implementación de la banda transportadora en el área de secado se observa en la evaluación ergonómica en la cual se tiene una disminución del nivel de riesgo de una puntuación REBA de 14 considerado como riesgo muy alto a una puntuación de 6 que se traduce en un nivel de riesgo moderado. En conclusión la implementación de la banda transportadora incide en la adopción postural por parte del trabajador las cuales se ven disminuidas con la carga directa del cacao, el cual se transporta de la parte inferior del horno de secado hasta la altura promedio de carga del saco de cacao, para ello se debe tener en cuenta el método correcto para la evaluación.

**PALABRAS CLAVE:** <EVALUACIÓN POSTURAL RAPIDA (EPR)>, <EVALUACIÓN COMPLETA RAPIDA DEL CUERPO (REBA)>, <BANDA TRANSPORTADORA>, < CAJA DE CONTROL>, < EVALUACIÓN >, <FACTOR DE SEGURIDAD>, < ERGONAUTAS (SOFTWARE)>

## **ABSTRACT**

The present work carried out the implementation of a semi-automated system in the area of cocoa drying through a conveyor belt in the company APROCAI located in Chimborazo province, Cumandá canton with the aim of minimizing ergonomic risks. The following methodology or procedure was carried out to develop the work the identification of activities realized in the process of obtaining cocoa beans, the drying area had the greatest affectation of ergonomic risks, the EPR method determined the present risks, the REBA method applied for inadequate postures and overexertion, the INSHT equation for uprising loads, these methodologies applied for the prior evaluation to the implementation the conveyor belt elaborated from the material of transport as well as the selection of rollers, tensions of band and the calculation of the required power; as a result of conveyor belt implementation in the drying area observed in the ergonomic evaluation a decrease in the risk level score REBA of 14 considered very high risk to a score of 6 which translates in a level of moderate risk. The research paper concludes the conveyor belt implementation affects the postural adoption on the part of the worker which diminishes the direct load of the cocoa which transport from the bottom of drying oven until the average load height of the cocoa sack for this it must be taken into account the correct method for evaluation.

**KEYWORDS:** <RAPID POSTURAL EVALUATION (EPR)>, <RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT (REBA)>, <CONVEYOR BELT>, <CONTROL BOX>, <EVALUATION>, <SAFETY FACTOR>, <ERGONAUTAS (SOFTWARE)>.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN.

#### 1.1 Antecedentes

Tradicionalmente se ha sostenido que el punto de origen de la domesticación del cacao se encontraba en Mesoamérica entre México, Guatemala y Honduras. La cultura del cacao en Ecuador es antigua, se sabe que a la llegada de los españoles en la costa del Pacífico, ya se observaban grandes árboles de cacao que demostraban el conocimiento y la utilización de esta especie en la región costera, antes de la llegada de los europeos. En el Ecuador actual se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como NACIONAL es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma. Para la obtención del grano de cacao se tiene tres fases primordiales en los que esta la cosecha, fermentación y secado. (ANECACAO, 2015)

Con el transcurso de tiempo el cacao se ha convertido en una de las principales actividades económicas del país, lo que ha implicado una mayor demanda en las actividades de los trabajadores y al no existir un departamento de investigación y desarrollo de herramientas y equipos para la mejora de los procesos, se genera una mayor cantidad de riesgos laborales especialmente de riesgos ergonómicos. A nivel de riesgos ergonómicos la postura corporal se hace evidente en la mayor parte de los sectores, sean estos por falta de movilidad (casos de oficina) y en las de mayor actividad física en el área de secado de la empresa APROCAI.

Durante la exhaustiva jornada laboral, el trabajador adopta posturas las cuales generan trastornos musculo esqueléticos, estas afectan el cuello, espalda, hombros y extremidades superiores, no por ello se descarta problemas en las extremidades inferiores.

Las molestias van desde pequeños dolores y molestias a cuadros clínicos con baja laboral obligando al trabajador a seguir un tratamiento médico y en el peor de los casos producir una incapacidad, normalmente no hay una única causa de los trastornos musculo esqueléticos (TME), sino que son varios los factores que trabajan conjuntamente como: manipulación de cargas, Movimiento repetitivos, malas posturas, alto nivel de exigencia laboral, etc.

## **1.2 Justificación**

La industria del cacao en el Ecuador se ha desarrollado con gran magnitud, debido a su calidad se considera que más del 70% de la producción mundial de cacao fino y aroma es producción nacional, esto genera ingresos económicos al país como la creación de 600000 plazas de trabajo aproximadamente. La obtención del grano de cacao nace desde la cosecha en la cual se selecciona las mejores mazorcas de acuerdo a su color, forma, tamaño; para ser fermentados de 6 a 8 días y finalmente en el secado donde se encuentra una de las actividades con alto índice de esfuerzo en el levantamiento de carga.

El levantamiento de cargas implica afecciones en los trabajadores que cumplen con una jornada laboral extenuante y sin medidas correctivas, al ser la mano de obra parte primordial para la obtención de cacao se pretende reducir las afecciones producidas por el levantamiento de cargas, especialmente en el área de secado debido a su alto grado de exigencia física y mental.

Se debe considerar que los problemas generados en los trabajadores durante el proceso de secado generan pérdidas económicas, multas por atrasos, sanciones de organismos reguladores, baja productividad.

Para la mejora de este proceso y disminución de riesgos ergonómicos se ha considerado la implementación de un sistema semiautomatizado de una banda transportadora, para la disminución de problemas ergonómicos en los trabajadores, por consiguiente se tendrá un alto rendimiento en el proceso de secado de cacao, una alta productividad, mayor capacidad de trabajo, entrega a tiempo del producto. Es importante salvaguardar la integridad física de uno de los pilares más importantes en la industria del cacao como lo es la mano de obra.

Con la implantación del sistema semiautomático se busca generar mayor capacidad competitiva de la industria no solo considerando la parte económica sino también la integridad física de los trabajadores, de esta manera el presente trabajo genera el valor agregado hacia el inicio de la investigación para el desarrollo económico del país y de las familias dedicadas a la obtención de cacao o como se lo conoce en la actualidad la pepa de oro.

### **1.3       Objetivos**

**1.3.1**       *Objetivo general.* Implementar un sistema semiautomatizado en el área de secado de cacao mediante una banda transportadora en la empresa APROCAI ubicada en la provincia de Chimborazo Cantón Cumandá con el fin de minimizar riesgos ergonómicos.

**1.3.2**       *Objetivos específicos:*

- Analizar el área de trabajo
  
- Identificar y evaluar los riesgos ergonómicos presentes en el área de secado
  
- Seleccionar el equipo adecuado para reducir los riesgos ergonómicos
  
- Implementar el medio mecánico seleccionado
  
- Evaluar los riesgos ergonómicos después de la implementación.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Historia del cacao**

Se conoce que el punto de origen del cacao inicia en Mesoamérica ubicada entre México, Guatemala y Honduras, a los 2000 años antes de Cristo. Además, una de las variedades de cacao se encontró hace 5000 años en la alta Amazonia. En cuanto tiene que ver con el cacao en el Ecuador, se sabe que se introdujo con la llegada de los españoles en la costa del Pacífico. Con el pasar de los años en el Ecuador se cultivan algunas variedades de cacao, destacando el cacao nacional ya que es la más buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma.

Hace cien años atrás debido a las enfermedades de estas plantas se introdujeron nuevas especies provenientes de Venezuela, estos cacaos se cruzaban con la variedad local, dando híbridos vigorosos y productivos, pero cuyos frutos tenían una calidad aromática menor que la original.

Con la necesidad de recrear la planta ancestral de cacao se realizaron estudios en las universidades del Iniap y de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Las cuales mediante el análisis de ADN se identificaron posibles plantas ancestrales ubicadas en toda la zona costera del Ecuador.

El primer europeo en descubrir los granos de cacao fue Cristóbal Colón, al llegar a lo que hoy es Nicaragua durante su cuarto viaje. Más de un milenio antes del Descubrimiento de América, las culturas Toltecas, Mayas y Aztecas ya lo cultivaban. Usaban el cacao como moneda, y para preparar una bebida deliciosa, el XOCOLAT, como descubría Hernán Cortés, cuando Moctezuma II organizaba banquetes en su honor. Pero por su sabor amargo, tardó casi un siglo en ser introducido en Europa y empleado para hacer una bebida.

Dominado por España, el negocio del cacao fue rentable a mediados del siglo XVI, lo que potenció el cultivo en lo que hoy es la costa ecuatoriana.

En 1600 había ya pequeñas siembras a orillas del río Guayas. Este cacao tenía una fama especial por su calidad y aroma floral típico, proveniente de la variedad autóctona que hoy llamamos Aroma Nacional o Sabor Arriba.

En 1789, la Cédula Real obtiene la facultad de exportar el cacao desde Guayaquil, en lugar del Callao. En las primeras décadas del siglo XIX, más del 50% de la producción de cacao se encontraba en Venezuela.

En la década de 1820, los portugueses introducen la pepa de oro en Ghana y otros países del centro de África. En ese entonces, la tercera parte de la producción mundial de cacao era consumida por los españoles. Durante el mismo siglo, se empieza a extender el cultivo en Brasil.

En 1830, se declara la fundación del Ecuador. Muchas familias adineradas dedican sus tierras a este producto, en haciendas denominadas Grandes Cacao. Ubicadas preferentemente en Vinces y otros cantones de Los Ríos, se hace una costumbre de alcurnia encargar a terceros la administración de estas haciendas para pasar largas temporadas en Europa.

De ahí el nombre de París Chiquito. La producción se duplica hacia 1880 (15.000 TM), y de ahí se triplica por los años 20 (40.000 TM). Durante la década de 1890, Ecuador es el mayor exportador mundial de cacao. Los primeros bancos del país se crean gracias a la base sólida que ofrece el cacao como motor económico nacional.

La década de 1920 es funesta. La aparición y expansión de las enfermedades Monilla y Escoba de la Bruja, reducen la producción al 30%. Sumado eso a la falta de medios de transporte y mercados internacionales como consecuencias de la Primera Guerra Mundial, el cacao y la economía ecuatoriana entran en un periodo de depresión e inestabilidad.

En la actualidad, la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla de Nacional y trinitario introducidos después de 1920 por considerarse más resistente a las enfermedades. Sin embargo, el sabor Arriba sigue permaneciendo ya que el Ecuador tiene las condiciones agro-climáticas para el desarrollo del cultivo.



**Figura 1-2.** Cacao Arriba- Provincia de los Ríos



Fuente: <https://goo.gl/FKrk8J>

## **2.2 Proceso de cultivo de cacao**

**2.2.1 Cosecha.** Es la recolección de las mazorcas la cual inicia cuando estas han logrado su madurez, la cual está dada con el cambio de coloración de la cáscara según la variedad, las que se pueden tornar de verde a amarillas (algunos trinitarios, criollos, forasteros amazónicos y Nacional); y de rojizo a rojo amarillento, o anaranjadas (tipos Trinitarios en su mayoría), deben tomarse las siguientes recomendaciones:

- Utilizar tijeras manuales para las mazorcas bajas.
- Evitar cortes del pedúnculo del fruto a ras del tronco.
- Cosechar solamente mazorcas maduras y sanas.
- No mezclar tipos de cacao.

La frecuencia de cosecha depende de la producción, así en la temporada principal, se debe cosechar cada 8 días; mientras que en la temporada secundaria, se debe tumbar cada 21 días. Una vez tumbadas las mazorcas del árbol, estas deben apilarse en algún lugar dentro de la huerta, cabe recomendar que en cada tumba se cambie el sitio de amontonamiento, donde se procede a la apertura de las mazorcas, tratando de no dañar las almendras. (LA HORA, 2014)

**2.2.2 Quiebra.** Es la operación en la cual se parte la mazorca o parte externa del cacao a partir de la cual se extrae las almendras, una vez separadas de la placenta, serán

sometidas a la fermentación. El tiempo entre el desgrane y la puesta en fermentación no debe exceder las 24 horas. Una vez amontonadas las mazorcas en un lugar determinado, se debe efectuar la quiebra y de allí transportar las almendras en baldes a los fermentadores.

Para realizar la quiebra se pueden utilizar machetes cortos, para ello, se efectúa un corte longitudinal a las mazorcas con sumo cuidado de no cortar las almendras que permanecen adheridas a la placenta. La separación de los granos se realiza a mano. Una alternativa para realizar la quiebra es el uso de un mazo pequeño de madera con el cual se rompen las mazorcas dejando en libertad a las almendras

Los cascarones de las mazorcas quedan dentro de la plantación para su descomposición, así los nutrientes contenidos en ellas se integran nuevamente al suelo.

Otra finalidad es que sirve como medio para el desarrollo de las mosquillas polinizadoras del cacao

**2.2.3** *Fermentación.* Es el proceso al que se someten las almendras frescas para matar el embrión y que permitan generar los precursores de aroma y sabor del chocolate.

Es también conocido como la cura o cocido de cacao, cuando se ha logrado recolectar una buena cantidad de almendras (mínimo 35 kilogramos), estas deben someterse a un proceso de fermentación de varios días.

El tiempo que dura la fermentación depende del tipo de cacao que se fermente, así en nuestro país el complejo Nacional se fermenta en 4 días con remociones cada 48 horas, y los trinitarios en 6 días con una primera remoción a las 24 horas y las siguientes cada 48 horas (WIL, 2013)

## **2.3 Condiciones de trabajo**

Se entenderá como condición de trabajo cualquier característica que tenga influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajador; incluidas en esta definición:

Las características generales de los locales, instalaciones, equipos, productos y demás útiles existentes en el centro de trabajo.

La naturaleza de los agentes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades, concentraciones o niveles de presencia. Los procedimientos para la utilización de los agentes citados anteriormente que influyan en la generación de los riesgos mencionados.

Todas aquellas características o procedimientos del trabajo, incluidas las relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a los que esté expuesto el trabajador.

## **2.4 Acciones y enfermedades derivadas del trabajo**

De acuerdo con la definición del riesgo laboral que establece la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en el decreto 2393, un riesgo puede dar lugar a daños para la salud, cuyas manifestaciones más fácilmente apreciables son:

- Accidentes
- Enfermedades

Las características fundamentales de estas manifestaciones del daño son:

En el accidente: el daño para la salud se presenta de forma brusca e inesperada, es el indicador inmediato y más evidente de unas malas condiciones de trabajo.

En la enfermedad: constituye un deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador producido por una exposición crónica a condiciones adversas durante la realización del trabajo.

Se consideran daños que se originan en el trabajo según los siguientes:

- Accidentes "in itinere", ocurridos durante el trayecto habitual del domicilio del trabajador al puesto de trabajo y viceversa.

- Los accidentes ocurridos durante el ejercicio de la actividad sindical.
- Los accidentes ocurridos en actos de socorro con motivo del trabajo, etc.

De acuerdo con la Ley General de la Seguridad Social, se entiende por accidente de trabajo según:

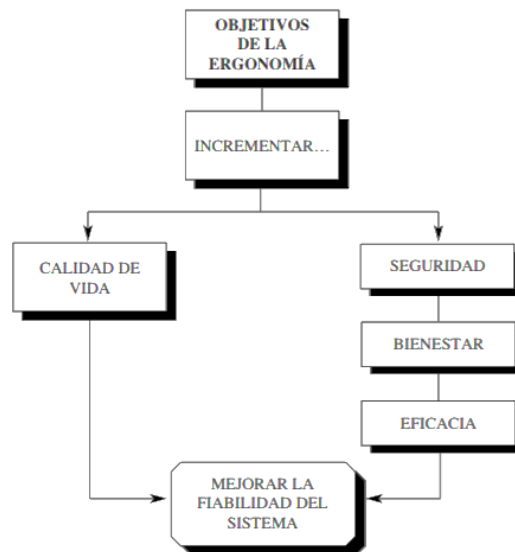
- Toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena
- Toda lesión corporal que el trabajador sufra durante su vida
- Toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta propia
- Un accidente ocurrido durante el ejercicio de actividad sindical
- Un accidente que se produce durante el trayecto habitual del domicilio del trabajador a su lugar de trabajo.
- Un accidente ocurrido en actos de socorro.
- Un accidente ocurrido en el puesto de trabajo

## **2.5 Ergonomía**

Se define como el conjunto de conocimientos empleados en la adecuación de herramientas, productos, sistemas y entornos a las necesidades, limitaciones al usuario para mejorar la eficiencia, seguridad y bienestar. (Ergonomía, 2017)

El objetivo de la ergonomía consiste en el diseño de los productos herramientas y principalmente en puestos de trabajo a los operarios, todo esto se realiza con el fin de mejorar la calidad de vida laboral que con el pasar del tiempo en el Ecuador se ha convertido en requisitos indispensables para la ejecución de las tareas o actividades laborales.

**Figura 2-2. Objetivos de la ergonomía**



Fuente: (Mondelo, 1999)

En la actualidad existe un constante estudio y enfoque en la adaptación del puesto de trabajo hacia el operario, con lo cual se han creado gran variedad de métodos de evaluación, entre los métodos de mayor frecuencia de aplicación se tiene:

- **REBA**

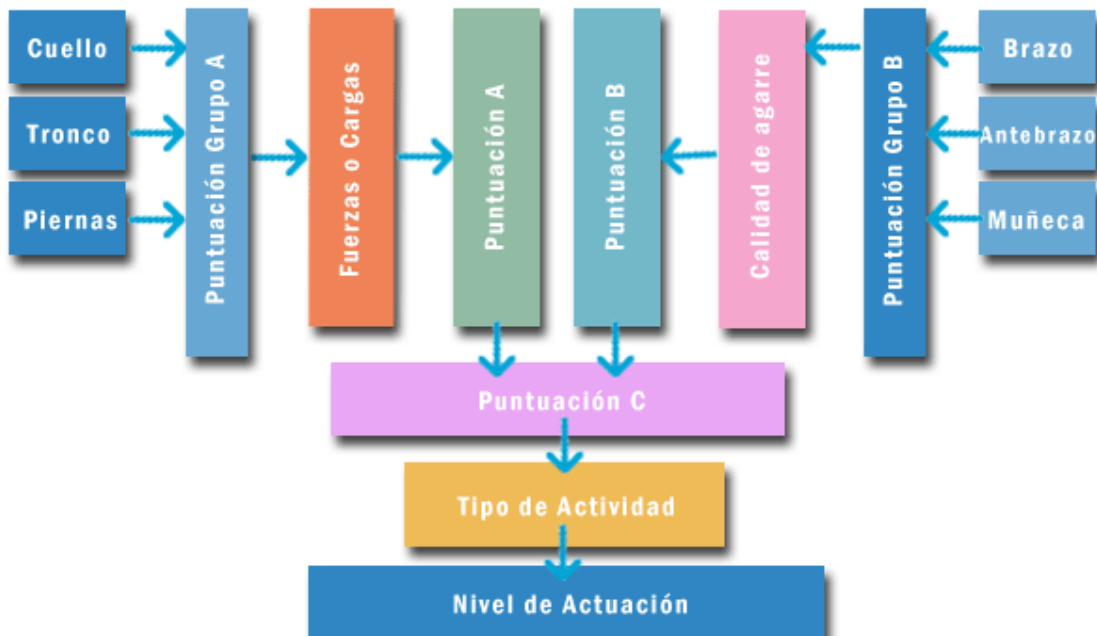
Durante una jornada laboral el trabajador adopta diversas posturas al mismo tiempo que ejecuta tareas repetidas lo que generalmente ocasiona a largo plazo fatiga con afecciones a la salud. Los trastornos musculo esqueléticos producido directamente por la carga postural, por tal motivo la mejora de los puestos de trabajo depende inicialmente de la evaluación de la carga estática.

Existe una gran variedad de métodos de evaluación de carga postural, cada una diferenciada por el ámbito de aplicación. El método REBA es un método basada en identificación a través de la observación, basado en el método RULA, diferenciándose por la evaluación de las extremidades inferiores.

El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. 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. (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

**Figura 3-2.** Obtención la puntuación REBA



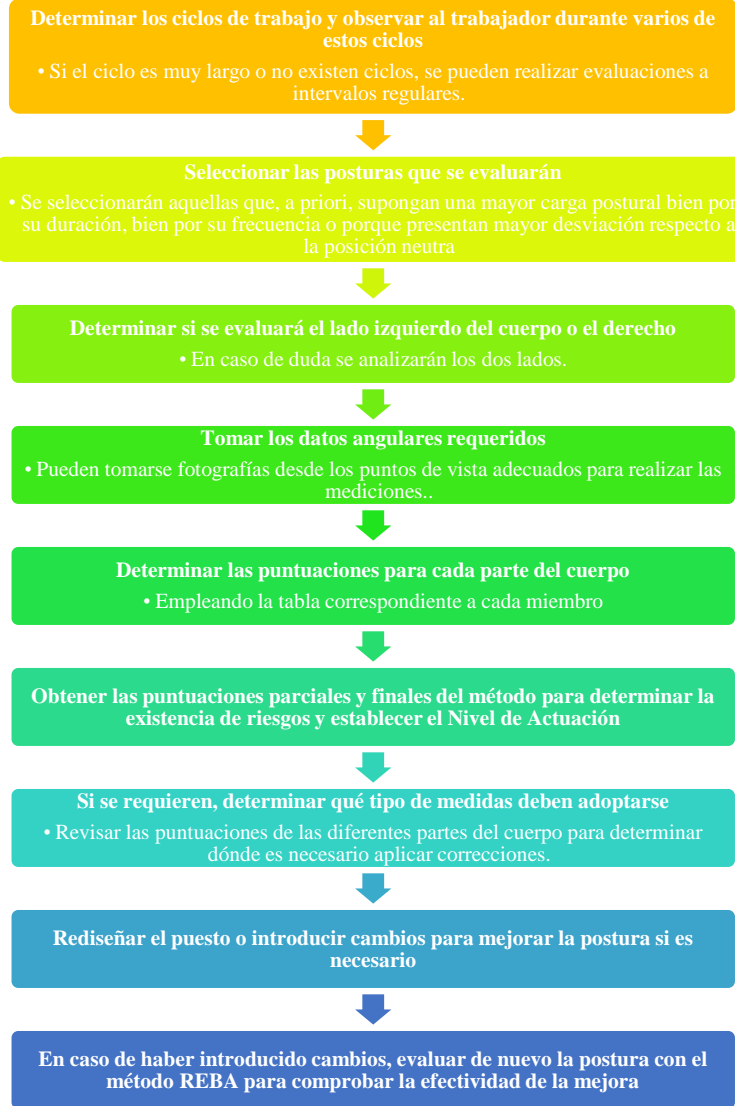
Fuente: (Diego-Mas, 2015)

El conjunto o secuencia de posturas no son evaluadas con el método REBA sino muy diferente a través de la evaluación de posturas individuales, por tal motivo una vez identificado las actividades realizadas por el trabajador, se selecciona aquellas actividades que a priori, supongan una mayor carga postural o estática todo en dependencia de la duración de las actividades, la frecuencia o dicho en el caso a la mayor desviación corporal.

Para ello, el primer paso consiste en la observación de las tareas que desempeña el trabajador. Se observarán varios ciclos de trabajo y se determinarán las posturas que se evaluarán. Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares. En este caso se considerará, además, el tiempo que pasa el trabajador en cada postura. (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015).

Las mediciones a realizar sobre las posturas son angulares por ello se evaluará al trabajador de manera lateral, en el lado izquierdo y derecho de acuerdo a la observación realizada.

**Figura 4-2. Evaluación ergonómica**



Fuente: (Diego-Mas, 2015), modificado Autor

## OWAS

**Figura 5-2. Método OWAS**



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

El método OWAS es un método observacional, es decir, parte de la observación de las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea a intervalos regulares. Las posturas observadas son clasificadas en 252 posibles combinaciones según la posición de la espalda, los brazos, y las piernas del trabajador, además de la magnitud de la carga que manipula mientras adopta la postura.

Cada postura observada es clasificada asignándole un código de postura. A partir del código de cada postura se obtiene una valoración del riesgo o incomodidad que supone su adopción asignándole una Categoría de riesgo (Owas distingue cuatro Niveles o Categorías de riesgo para cada postura)

Así pues, realizada la codificación de las posturas, el método determina la Categoría de riesgo de cada una de ellas individualmente. Posteriormente se evalúa el riesgo o incomodidad para cada parte del cuerpo (espalda, brazos y piernas) de forma global, es decir, considerando todas las posturas adoptadas. Para ello se asigna una Categoría de riesgo a cada parte del cuerpo en función de la frecuencia relativa de las diversas posiciones que adoptan en las diferentes posturas observadas.

Finalmente, el análisis de las Categorías de riesgo calculadas para cada postura observada, así como para las distintas partes del cuerpo de forma global, permitirá identificar las posturas y posiciones más críticas, así como las acciones correctivas necesarias para mejorar el puesto (Diego-Mas, 2015)

- **RULA**

**Figura 6-2. Método RULA**



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)



El método RULA evalúa posturas individuales y no conjuntos o secuencias de posturas, por ello, es necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en el puesto. Se seleccionarán aquellas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, bien por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.

Para ello, el primer paso consiste en la observación de las tareas que desempeña el trabajador. Se observarán varios ciclos de trabajo y se determinarán las posturas que se evaluarán.

Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares. En este caso se considerará, además, el tiempo que pasa el trabajador en cada postura.

Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas por el trabajador son fundamentalmente angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias).

Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador mediante transportadores de ángulos, electro goniómetros, o cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares.

También es posible emplear fotografías del trabajador adoptando la postura estudiada y medir los ángulos sobre éstas. Si se utilizan fotografías es necesario realizar un número suficiente de tomas desde diferentes puntos de vista (alzado, perfil, vistas de detalle...).

Es muy importante en este caso asegurarse de que los ángulos a medir aparecen en verdadera magnitud en las imágenes, es decir, que el plano en el que se encuentra el ángulo a medir es paralelo al plano de la cámara. El método debe ser aplicado al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo por separado.

El evaluador experto puede elegir a priori el lado que aparentemente esté sometido a mayor carga postural, pero en caso de duda es preferible analizar los dos lados. (Diego-Mas, 2015)

### 2.5.1 Manipulación manual de cargas

**Figura 7-2.** Manipulación manual de cargas



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Al hablar de manipulación manual de cargas se entiende a la tarea más frecuente en cualquier área la cual es culpable de la aparición de lesiones, fatiga física sean estas de forma repentina o por acumulación, estos traumatismos tienen mayor incidencia en la zona dorsolumbar, el 55% de los trabajadores que declaran manipular cargas pesadas, siempre, casi siempre o a menudo durante su jornada laboral, manifiestan sufrir molestias musculoesqueléticas en la zona lumbar, cabe mencionar que este tipo de lesiones son muy difíciles de curar y necesitan de un largo periodo de recuperación. (INSHT, 2011)

**2.5.2 Snook y Ciriello.** Los trastornos musculoesqueléticos relacionados por varios factores laborales de posición, carga y fuerza han sido un importante problema de salud ocupacional, presente principalmente en la región dorso lumbar del trabajador, ocasionado dolor y dificultad para la movilidad, que conllevan a un importante ausentismo laboral.

El establecimiento de una guía para el manejo manual de cargas proporciona directrices para la evaluación y el control de riesgos, considerando las limitaciones de carga y capacidades de los trabajadores.

Los límites de carga segura en el manejo manual está dado por 3 criterios básicos: biomecánico, fisiológico y psicofísico, evaluados en las tablas de Snook y Ciriello que toma en cuenta la cinética de la manipulación de cargas como tareas de levantamiento, depósito, transporte, empuje y tracción de cargas; mientras que la Norma ISO 11228 proporciona normas y recomendaciones ergonómicas para aplicar en las diferentes tareas.

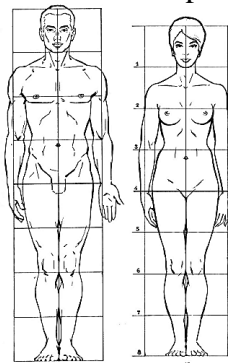
El criterio biomecánico estudia la reacción del esfuerzo interno del cuerpo humano y analiza las consecuencias mecánicas que derivan de una actividad. El criterio fisiológico determina la función metabólica y circulatoria del trabajador dada por el consumo energético asociadas a tareas de elevación de cargas y finalmente el criterio psicofísico que limita la carga de trabajo tomando en cuenta determinadas condiciones y variables de la tarea presentes en los 2 criterios anteriores.

La aplicación de evaluadores de predicción de capacidad de manejo manual de cargas toma en cuenta valores máximos de pesos y fuerzas aplicadas. En las tablas de Snook y Ciriello (1991) evalúa medidas psicofísicas incluyendo consumo de oxígeno, ritmo cardiaco y medidas antropométricas de hombres y mujeres trabajadoras relacionadas con la cinética de la tarea en la que incluyen levantamiento, descenso, transporte, tracción y empuje de cargas, que son consideradas como variables independientes de la evaluación, dentro de cada una se toman en cuenta subvariables que determinan el valor máximo aceptable de carga para una persona trabajadora.

La conclusión de estos autores después de varios experimentos consideran Aceptable una tarea cuando al menos el 90% de la población trabajadora es capaz de realizarla, si el 75 – 90% de la población puede realizar una tarea, ésta debe ser mejorable considerando que ciertos trabajadores pueden realizarlas sin riesgos significativo para la salud y las tareas que puedes ser realizadas por menos del 75% de la población trabajadora se considera en riesgo para la salud y deben ser rediseñadas para evitar complicaciones. (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

## 2.6 Dimensiones antropométricas

**Figura 8-2.** Antropometría



Fuente: <https://goo.gl/PEobDv>

Las dimensiones que se toman en un estudio antropométrico están determinadas por las variables predominantes de la actividad en análisis. Consecuentemente la movilidad postural del sujeto en su accionar resuelve cuáles deberán ser las dimensiones involucradas. Estas dimensiones estáticas de la secuencia del movimiento permiten elaborar tablas con información procesable biométricamente (ALBERTO, 2012)

## **2.7 Bandas transportadoras**

En el mercado se tienen máquinas desarrolladas para el levantamiento de cargas que se pueden adaptar adecuadamente a la producción de cacao y así mejorar las condiciones laborales con lo que tenemos:

Una cinta transportadora o banda transportadora es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

Por lo general, la banda es arrastrada por la fricción de sus tambores, que a la vez este es accionado por su motor. Esta fricción es la resultante de la aplicación de una tensión a la banda transportadora, habitualmente mediante un mecanismo tensor por husillo o tornillo tensor. El otro tambor suele girar libre, sin ningún tipo de accionamiento, y su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores, denominados rodillos de soporte.

Debido al movimiento de la banda el material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor de accionamiento donde la banda gira y da la vuelta en sentido contrario. En esta zona el material depositado sobre la banda es vertido fuera de la misma debido a la acción de la gravedad y/o de la inercia.

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias).

A menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento,

medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o pallets.

Las cintas transportadoras ligeras, se usan como componentes en las cadenas de montaje, como extracción en procesos de fabricación, como enlace y fundamentalmente como ayuda en el transporte de cargas. Asimismo son utilizadas en distribución y almacenaje automatizados.

Combinados con equipos informatizados de manejo de pallets (normalmente transportados por caminos de rodillos), permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario.

Esta misma tecnología se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas y escaleras mecánicas y en muchas cadenas de montaje industriales. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos comprados. Las estaciones de esquí también usan cintas transportadoras para remontar a los esquiadores

### 2.7.1 *Tipos de bandas*



Fuente: <https://goo.gl/VwmuTD>

Dependiendo de la movilidad se denominan cintas fijas a aquellas cuyo desplazamiento no puede cambiar, caso contrario de aquellas provistas de ruedas u otros sistemas que permiten un cambio fácil de ubicación construidas generalmente con altura regulable.

Así mismo, las bandas de caucho industriales están constituidas por varias capas de tejidos engomados separados una capa intermedia para mejorar su flexibilidad recubiertas de caucho grueso y calidad, según el trabajo a realizar y el tipo de material a transportar, mientras que las bandas industriales se dividen en

- Lisa: para transporte horizontal o de poca inclinación
- Nervada: para instalaciones de ángulos elevados de transporte
- Rugosa: Para el transporte de productos manufacturados generalmente o trabajos al interior de las empresas, en el movimiento de piezas, cajas.
- De Caucho Botones: Fabricadas para el transporte inclinado de material empacado capaz de incrementar el rozamiento entre la banda y el producto todo el tiempo.

## 2.8 Polipasto

**Figura 10-2.** Polipasto



Fuente: (Martinsprocket)

Un polipasto es una herramienta que se utiliza en los talleres para levantar o mover cargas con facilidad. Su utilidad radica en que apenas se necesita aplicar fuerza para mover un peso, por eso los polipastos se suelen sujetar a un brazo giratorio que se acopla a una máquina o en el propio techo del taller, cumpliendo diferentes funciones.

El polipasto tiene diferente capacidad de elevación dependiendo de la carga que puedan llegar a levantar. Se puede aumentar esta capacidad aumentando el número de ramales.

Un ejemplo: un polipasto con un ramal que puede levantar 500 kilos se puede ampliar con otro ramal para poder levantar 1000 kilos.

El polipasto se maneja mediante un cuadro de mandos que debe estar perfectamente visible y ser fácilmente comprensible para los operarios:

- Botón verde o blanco: Encendido
- Botón rojo: Parada
- Suele haber otro botón para la parada de emergencia, de color rojo sobre fondo amarillo. La orden de parada tiene prioridad sobre las demás.

## 2.9 Mesa elevadora

**Figura 11-2.** Mesa elevadora



Fuente: (Martinsprocket)

Una mesa elevadora es lo que su nombre implica. En su forma más simple, es una mesa o plataforma que puede ser elevada o bajada a cualquier altura en el movimiento vertical. El grupo hidráulico (normalmente electro-hidráulico) consiste en un motor eléctrico, una bomba hidráulica, un tanque hidráulico, cilindro hidráulico, tuberías, válvulas y un sistema eléctrico de control. Cuando se pulsa el botón SUBIR, la bomba empuja el fluido del tanque a los cilindros provocando que el pistón se mueva. El pistón está mecánicamente unido a las tijeras causando la elevación de la plataforma.

## **CAPITULO III**

### **3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA.**

La asociación de agricultores y productores de Cacao APROCAI, es una agrupación de pequeños agricultores la cual vela por el bienestar y el desarrollo del sector de agrícola y productor de cacao del cantón Cumandá, por lo que es importante resaltar la obra permanente desempeñada con el sector productor, actor fundamental de la cadena de cacao.

- **Misión**

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)

- **Visión**

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 Descripción de la empresa**

El capital más valioso de la 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, APROCAI S.A., cuenta con 68 empleados divididos estratégicamente en sus diferentes áreas y/o departamentos, como se expone en el organigrama estructural.

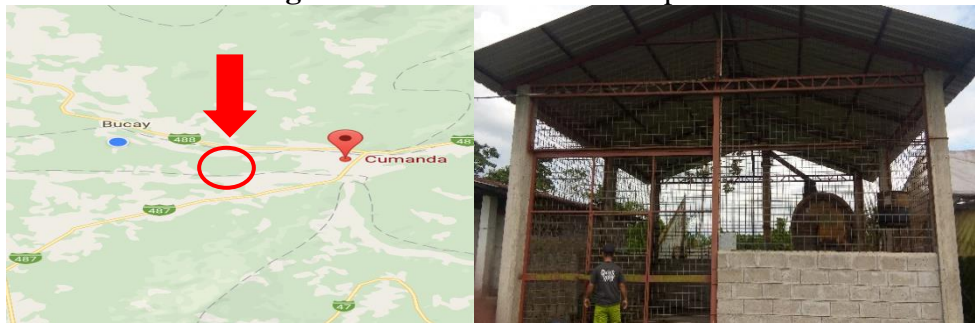


**Gráfico 1-3. Organigrama**



Fuente: APROCAI

**Figura 1-3. Ubicación de la empresa**



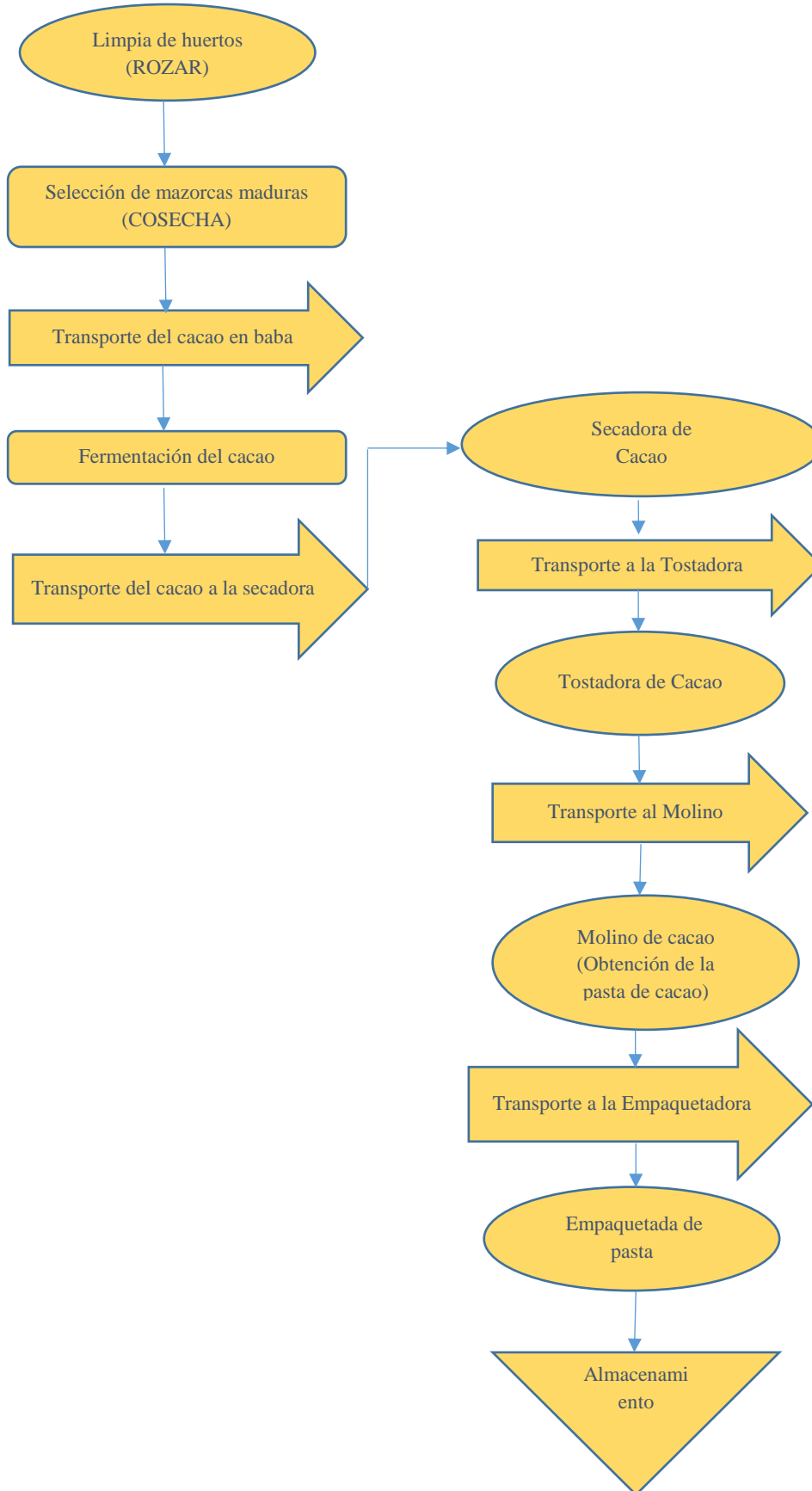
Fuente: Autor

**DIRECCIÓN:** 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.

### **3.2 Descripción del proceso de obtención del cacao en grano**

La empresa APROCAI dedicada al cultivo y cosecha de grano de cacao, para cada uno de sus procesos se requiere de un esfuerzo físico y mental. En épocas de cosecha APROCAI, incrementa su número de trabajadores en más de un 50% por tal razón busca la mejora de sus procesos por el bienestar de sus trabajadores y accionistas. El proceso de obtención de cacao se inicia en la cosecha, para posteriormente realizar el quiebre y finalmente la fermentación.

**Gráfico 2-3.** Proceso de cultivo de cacao































































Fuente: Autor

Para obtener un producto de calidad es importante el cultivo de la planta en el sector y clima apropiado para su desarrollo.

El proceso para la obtención de cacao inicia desde el cultivo hasta el almacenado después de ingresar el grano en la secadora de cacao, la cual determina la calidad y aroma.

**Tabla 1-3.** Diagrama de procesos del cacao

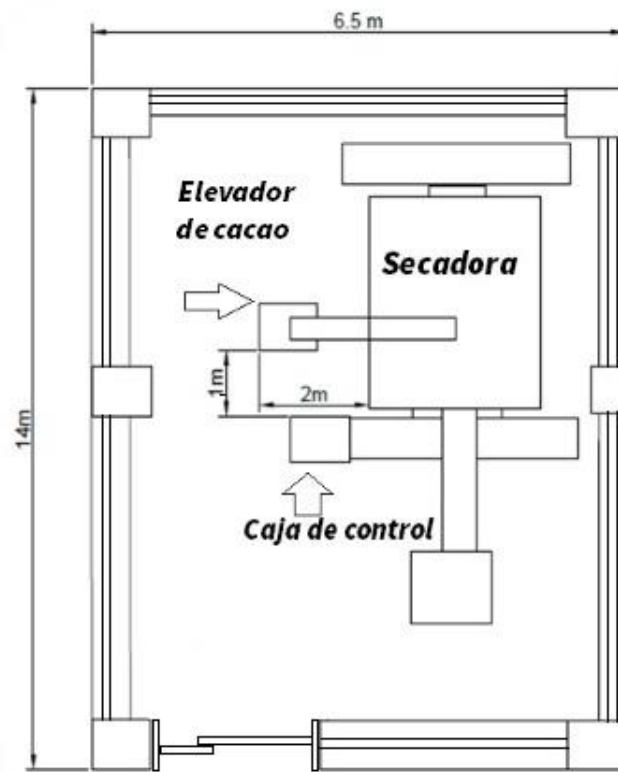
Método actual							<b>DIAGRAMA DEL PROCESO TIPO HOMBRE</b>	
SUJETO DE DIAGRAMA								
COSECHA Y ALMACENAMIENTO DE CACAO						Fecha	18/2/2017	
						Hecho por		
						Diagrama N°	1	
Departamento : Zona de procesamiento de cacao						Hoja N°	1 de 1	
TIEMPO (s)	#	Símbolos del diagrama					Descripción del proceso	
	1						Seleccionar las mazorcas de cacao maduras	
	1						Corte de las mazorcas maduras	
	1						Transporte al área de partido de mazorcas	
	2						Partido de las mazorcas de cacao	
	3						Recolectar en sacos	
	1						Espera para la fermentación	
	2						Transporte al área de secado de cacao	
	4						Carga de la secadora cilíndrica de cacao	
	2						Espera del secado	
	2						Inspeccionar el secado del cacao	
	5						Recoger en sacos de yute	
	1						Almacenar los sacos de cacao	
		5	2	2	2	1	Total	

Resumen		
Operación		5
Transporte		2
Inspección		2
Espera		2
Almacenamiento		1
Total		12

Fuente: Autor

### 3.3 Descripción del puesto de trabajo

**Figura 2-3.** Plano del Área de Secado






Fuente: Autor

El área de secado de la empresa APROCAI integra la parte medular de la calidad de cacao, debido a que el producto que se obtiene de la cosecha pasa a través del secado artificial, el ingreso de cacao en la secadora genera un tiempo de espera de seis horas aproximadamente, al final del secado se abre las compuertas para descarga del grano de cacao, el cual se transporta en sacos de yute a las plantas procesadoras.

En esta área se encuentran cuatro trabajadores los cuales realizan la descarga y empaque de los granos de cacao.

Cabe mencionar que durante el turno de trabajo el secado puede variar de 6 horas a 8 horas, una vez terminado el secado se produce la descarga y llenado de sacos, con una duración de 4 horas aproximadamente, lo que conlleva una alta exigencia física.

**Tabla 2-3. Diagrama de proceso del área de secado**

Método actual							<b>DIAGRAMA DEL PROCESO TIPO HOMBRE</b>	
SUJETO DE DIAGRAMA								
SECADO DE CACAO						Fecha	18/2/2017	
						Hecho por	JJ	
						Diagrama	1	
						Nº		
Departamen Zona de faenamiento						Hoja Nº	1 de 1	
TIEMPO	#	Símbolos del diagrama					Descripción del proceso	
	1						Almacenamiento de cacao	
	1						Trasnporte al área de secado	
	1						Abrir los sacos de cacao	
	2						trasnporte a la compuerta del horno	
	2						Ingresar el cacao en el horno	
	3						Cerrar compuerta	
	4						Encender horno	
	1						Esperar secado	
	1						Inspeccionar el cacao	
	5						Abrir compuerta de descarga de cacao seco	
	6						Recolectar el cacao en el saco	
	7						Llenar saco	
	3						Transporte del saco de cacao	
	2						Almacenamiento de cacao seco	
		7	3	1	1	2	Total	

Resumen		
Operación		7
Transporte		3
Inspección		1
Espera		1
Almacenamiento		2
Total		14

Fuente: Autor

El puesto de trabajo se compone de un horno el cual mantiene una temperatura de 35 grados Celsius para el secado de cacao, el cual se controla por la caja de control.

Para el proceso de extracción se utiliza la bandeja de descarga en la parte inferior, para transportar por gravedad el cacao el lado lateral, para el ingreso del cacao cuenta con una banda transportadora vertical la cual ingresa el cacao por la parte superior.

Es importante conocer el proceso de secado para determinar las actividades que generan posibles problemas ergonómicos, por lo cual se identifica el área de secado el cual consta de un cilindro de manera horizontal, una banda transportadora de cangilones vertical, una caja de control y una bandeja de descarga como se observa en la siguiente figura.

**Figura 3-3.** Área de secado



Fuente: Autor

### **3.4 Análisis del puesto de trabajo**

Durante la jornada laboral las actividades realizadas por los trabajadores comprometen la salud e integridad física, entre las actividades que han generado molestias se encuentra: levantamiento de cargas, sobreesfuerzos y movimientos repetitivos estas actividades han generado dolores de espalda, cuello, hombros; estas enfermedades se han presentado en los trabajadores de APROCAI que han manifestado sus molestias durante las visitas realizadas en la empresa.

Las enfermedades producidas en el ámbito laboral no deben ser influenciados por problemas ajenos a la actividad, con lo cual es conveniente descartar problemas sean estos cardiovasculares, diabetes, apnea del sueño, padecimientos de la vesícula, esofagitis, osteartrosis, osteoporosis, esteatosis hepática, problemas ortopédicos y disfunciones renales y muchas de estas complicaciones pueden llevar a la muerte.

Es importante identificar la fuente de estos problemas para no relacionar posibles enfermedades por causas del trabajo es por esto que a continuación se presenta el índice de masa corporal de los trabajadores del área de secado.

$$IMC = \frac{\text{Peso(kg)}}{\text{Estatura}^2(\text{Mts.})} \quad (1)$$

**Tabla 3-3.** Cálculo del índice de masa corporal

Trabajadores	Estatura	Peso	IMC
Trabajador 1	1.57	72 kg	29.21
Trabajador 2	1.68	78 kg	27.64
Trabajador 3	1.65	69kg	25.344
Trabajador 4	1.69	74 kg	25.91

Fuente: Autor

Una vez calculado el IMC se determina que el total de los trabajadores presenta sobrepeso de acuerdo a la tabla de índice de masa corporal, por lo cual puede producir enfermedades a largo plazo sino se toma medidas preventivas.

**Tabla 4-3.** Índice de masa corporal

Índice de masa corporal (IMC)	Clasificación
Menor a 18	Peso bajo. Necesario valorar signos de desnutrición
18 a 24.9	Normal
25 a 26.9	Sobrepeso
Mayor a 27	Obesidad
27 a 29.9	<b>Obesidad grado I. Riesgo relativo alto.</b> Para desarrollar enfermedades cardiovasculares
30 a 39.9	<b>Obesidad grado II. Riesgo relativo muy alto.</b> Para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.
Mayor a 40	<b>Obesidad grado III Extrema o mórbida.</b> Riesgo relativo extremadamente alto para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares.

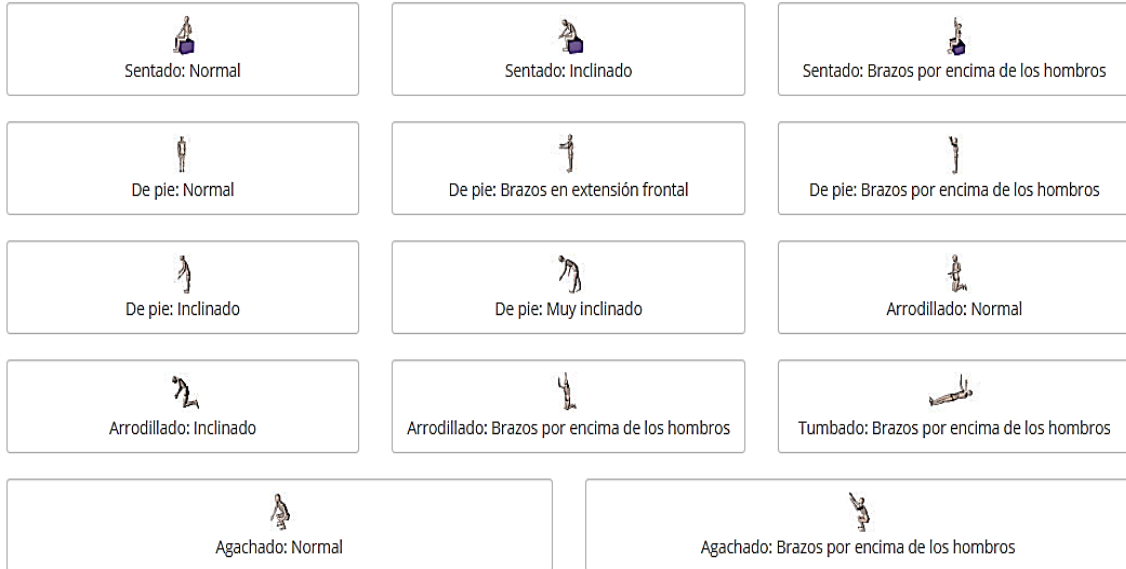
Fuente: (DISTRITO, 2017)

El área de secado contiene gran cantidad de riesgos por lo cual se ha procedido a la aplicación del método EPR (Evaluación Postural Rápida), que es una herramienta de evaluación inicial rápida y somera, la herramienta considera que un trabajador puede adoptar 14 posibles posturas las cuales se pueden observar en la siguiente tabla.

Esta evaluación inicial permite identificar la existencia de carga postural, para posteriormente iniciar con la evaluación correspondiente, debido a las problemáticas manifestadas por los trabajadores y por lo cual la empresa en vista de las diferentes

afectaciones se ve en la necesidad de identificar y evaluar los problemas en el área de secado, para mejorar el ambiente y condiciones laborales.

**Gráfico 3-3. Tabla de posturas**



Fuente: (ERGONAUTAS, 2006)

Se procede a la evaluación con el método EPR, para ello se identifica las posturas que el trabajador realiza a lo largo de la jornada laboral, de igual manera se ingresa el tiempo de exposición, así se obtiene un puntaje de carga estática.

**Tabla 5-3. Posturas y tiempo de exposición**

Posturas y tiempos				
Introduce las diferentes posturas adoptadas por el trabajador y el tiempo que las mantiene por cada hora de trabajo. Una misma postura no debe aparecer en más de una casilla.				
1	Arrodillado: Normal	postura	<10'	min/hora
2	De pie: Muy inclinado	postura	10' a <20' 20' a <35' 35' a <50' >=50'	min/hora
3	Agachado: Normal	postura	<10'	min/hora

Fuente: (ERGONAUTAS, 2006)

Una vez que se ingresó los datos el software calcula el nivel de actuación EPR, este método propone un nivel de actuación entre 1 y 5 en el caso de ser un puntaje elevado se



recomienda la aplicación de uno de los métodos de evaluación postural como: REBA, OCRA, OWAS, etc.

**Tabla 6-3. Resultado de la evaluación**



Fuente: (ERGONAUTAS, 2006)

A continuación se observa los niveles de actuación EPR la cual se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 7-3. Niveles de actuación EPR**

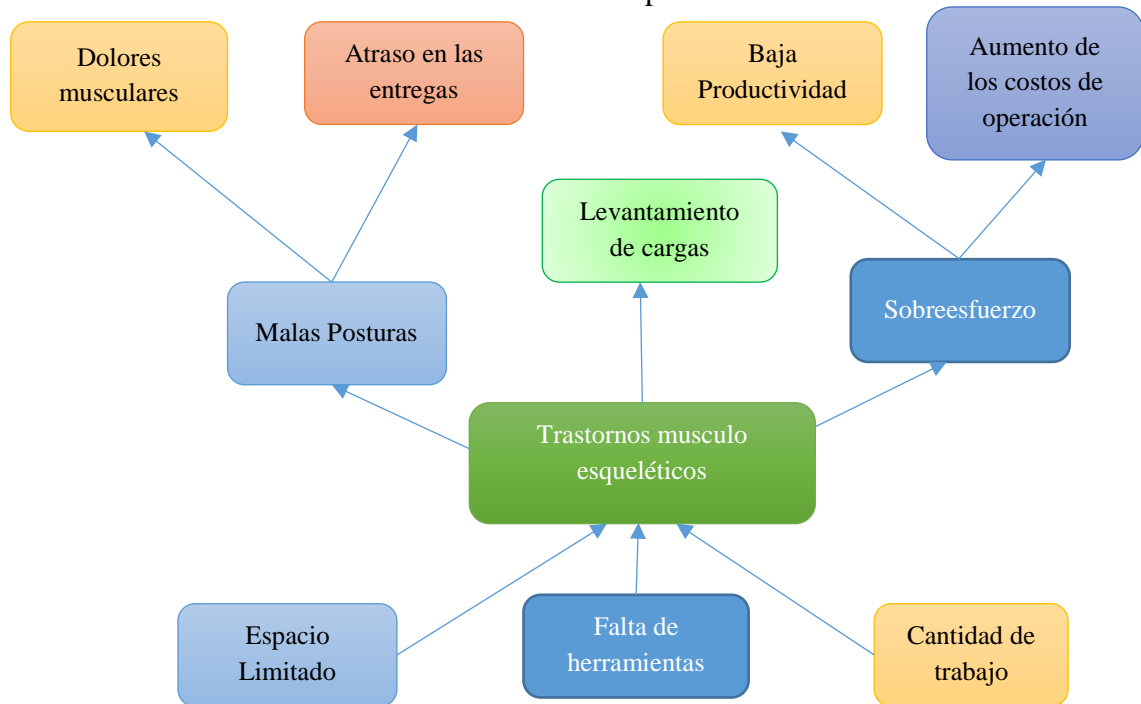
Nivel	Carga estática	Comentario
1	0,1 ó 2	Situación satisfactoria.
2	3,4 ó 5	Débiles molestias. Algunas mejoras podrían aportar más comodidad al trabajador.
3	6 ó 7	Molestias medias. Existe riesgo de fatiga.
4	8 ó 9	Molestias fuertes. Fatiga
5	10 o más	Nocividad.

Fuente: (ERGONAUTAS, 2006)

Con la evaluación EPR se obtuvo un nivel de actuación de cuatro en la que se tiene una carga estática de ocho, en la que se considera molestias fuertes con riesgo de fatiga, al tener una guía del enfoque a seguir, se realiza un árbol de problemas aquí se identifica las causas, problemas y consecuencias de carga posturales.

Una vez analizado se procede a la selección del método de mejor adaptación a las actividades que se realizan en el área de secado, con lo que se tiene:

**Tabla 8-3. Árbol de problemas**



Fuente: Autor

A través del árbol de problemas aplicado en el área de secado tenemos como principal a los trastornos musculo esqueléticos producidos por el espacio limitado para la ejecución de las actividades laborales, la falta de herramientas contribuye a incrementar estos problemas ya que la recolección se lo realiza con las manos, esto sumado a la cantidad de granos. Esto ha generado problemas en las posturas y sobreesfuerzos del trabajador principalmente, lo que ha generado como consecuencias, dolores musculares y atraso en las entregas como producto de malas posturas, los sobreesfuerzos generados durante la jornada ha afectado directamente en la productividad del trabajador acompañado del aumento de los costos de operación.

### 3.5 Selección del método para la evaluación ergonómica

Existe una gran variedad de metodologías para evaluaciones de riesgos ergonómicos, cada una con propiedades adecuadas a la situación de riesgo, con el árbol de problemas se obtuvo las causas, efectos y problemáticas frecuentes entre las que se menciona, sobreesfuerzo y malas posturas. Para la selección del método más adecuado se establecerá una tabla de ponderación en la cual se incluirá los métodos, REBA, RULA, OWAS, por ser metodologías de evaluación de carga postural.

Se considera los parámetros de:

- Carga.- La carga se considera a la materia prima la cual se va a transportar.
- Agarre.- Debido a la exigencia de las tareas es importante mantener el agarre adecuado para el manejo de cargas.
- Extremidades inferiores y superiores
- Fiabilidad.

**Tabla 9-3.** Tabla de ponderación

Método-Parámetros	Carga o fuerza	Agarre	Extremidades inferiores	Extremidades superiores	Fiabilidad
RULA	X			X	X
REBA	X	X	X	X	X
OWAS	X		X	X	

Fuente: Autor

En la tabla de ponderación se ubica los parámetros a tener en cuenta para la selección del método adecuado, cada método tiene sus fortalezas y debilidades por ello se ponderaron, entre los métodos el más adecuado tenemos el método REBA, el cual evalúa las extremidades inferiores y superiores de manera individual. Al considerar las posturas de forma individual se incrementa la fiabilidad de los resultados adicional a esto, el método evalúa las cargas y forma de agarre de los trabajadores, convirtiendo al método REBA en el método más adecuado para la evaluación.

### **3.6 Evaluación de riesgos ergonómicos mediante el método reba**

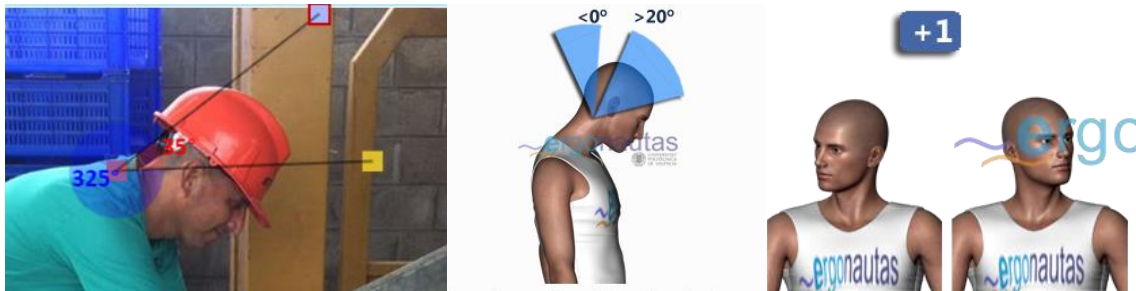
Para la evaluación del método REBA se inicia con el grupo A correspondiente a cuello, tronco y extremidades inferiores como se muestra a continuación:

#### **3.6.1 Grupo A**

**3.6.1.1 Posición del cuello.** La puntuación del cuello se obtiene a partir de la flexión/extensión medida por el ángulo formado por el eje de la cabeza y el eje del tronco.

Se consideran tres posibilidades: flexión de cuello menor de 20°, flexión mayor de 20° y extensión. Según el ángulo de inclinación del cuello se presenta un ángulo de 35°, y se selecciona la imagen correspondiente a un ángulo mayor a 20°.

**Figura 4-3.** Posición del cuello



Fuente: Autor

Al existir inclinación y torsión se agrega un puntaje adicional de +1

**3.6.1.2** *Posición del tronco.* La puntuación del tronco dependerá del ángulo de flexión del tronco medido por el ángulo entre el eje del tronco y la vertical. Para la posición del tronco se tiene una flexión de 52°.

**Figura 5-3.** Posición del tronco



Fuente: Autor

Al existir varias torsiones en la jornada laboral se le agrega un puntaje de +1

**3.6.1.3** *Posición de las piernas.* La puntuación de las piernas se incrementará si existe flexión de una o ambas rodillas. El incremento podrá ser de hasta 2 unidades si existe flexión de más de 60°. Si el trabajador se encuentra sentado no existe flexión y por tanto no se incrementará la puntuación de las piernas. Para la posición de piernas del trabajador se observó un soporte unilateral e inestable. La flexión de las rodillas esta entre 30° y 60°.

**Figura 6-3.** Posición de las piernas



Fuente: Autor

Una vez evaluado las posturas y ángulos correspondientes se tiene las siguientes puntuaciones para cuello, tronco y piernas.

**Tabla 10-3.** Resumen grupo A

GRUPO A		
Tronco	Cuello	Piernas
4	3	2

Fuente: Autor

Con el puntaje de cada uno de los miembros, se determina el puntaje global en la cual se ubica el puntaje del tronco que se ubica al lado izquierdo, el cuello tiene un puntaje en la parte superior, de acuerdo a nuestra tabla se selecciona el puntaje; las piernas forman parte de un subconjunto del puntaje del cuello con lo que se tiene un puntaje del 1 al 4 como se observa en la siguiente figura. El cruce de las líneas da un puntaje de 7 como se observa en la imagen.

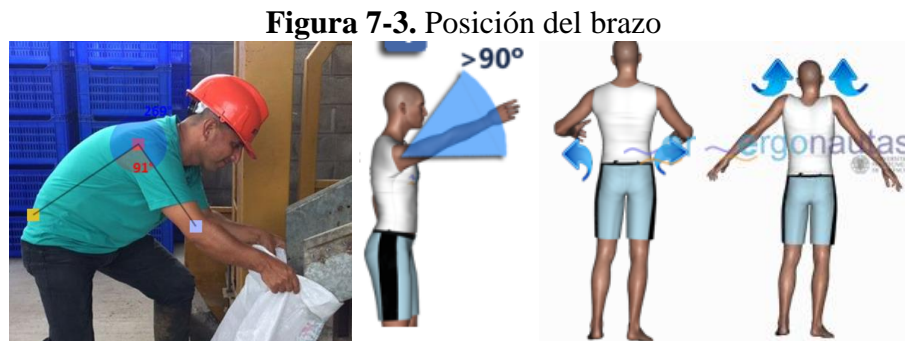
**Tabla 11-3.** Puntuación Grupo A

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

Fuente: Autor

### 3.6.2 Grupo B. Extremidades superiores

**3.6.2.1 Posición del brazo.** El ángulo de flexión del brazo es de  $91^\circ$  que corresponde a la imagen en la cual la flexión es mayor a 90 grados de flexión.



Fuente: Autor

A esta posición se añade un puntaje adicional por la abducción del antebrazo y la elevación de los hombros.

**3.6.2.2 Posición del antebrazo.** La puntuación del antebrazo se obtiene a partir de su ángulo de flexión, medido como el ángulo formado por el eje del antebrazo y el eje del brazo. La posición del antebrazo está flexionado en un ángulo de  $33^\circ$  como se muestra en la siguiente imagen.



Fuente: Autor

**3.6.2.3 Posición de la muñeca.** La puntuación obtenida de esta forma valora la flexión de la muñeca. Esta puntuación se aumentará en un punto si existe desviación radial o cubital de la muñeca o presenta torsión. La posición de la muñeca se encuentra entre  $0$  y  $15^\circ$ .

**Figura 9-3.** Posición de la muñeca



Fuente: Autor

Para el grupo B se tiene los siguientes resultados:

**Tabla 12-3.** Resultados Grupo B

GRUPO B		
Brazo	Antebrazo	Muñeca
5	2	3

Fuente: Autor

Similar al grupo A, se obtiene el puntaje como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 13-3.** Puntuación Grupo B

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

Fuente: Autor

El puntaje obtenido es de 8, las puntuaciones globales de los Grupos A y B consideran la postura del trabajador. A continuación se valorarán las fuerzas ejercidas durante su adopción para modificar la puntuación del Grupo A

**3.6.2.4 Fuerzas y agarres.** La carga manejada o la fuerza aplicada modificarán la puntuación asignada al Grupo A (tronco, cuello y piernas), excepto si la carga no supera los 5 kilogramos de peso, caso en el que no se incrementará la puntuación.

Además, si la fuerza se aplica bruscamente se deberá incrementar una unidad más a la puntuación anterior. En adelante la puntuación del Grupo A, incrementada por la carga o fuerza, se denominará Puntuación A.

La calidad del agarre de objetos con la mano aumentará la puntuación del Grupo B, excepto en el caso de que la calidad del agarre sea buena o no existan agarres.

La puntuación del Grupo B modificada por la calidad del agarre se denominará Puntuación B.

Se considera un agarre malo debido al material (el agarre es malo pero no aceptable).

**Tabla 14-3.** Calidad de agarre

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

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La actividad muscular se describe como:

- Una o más parte permanecen estáticas, por ejemplo soportadas más de un minuto
- Se produce movimientos repetitivos, por ejemplo más de 4 veces por minuto
- Se produce cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables

### 3.7 Puntuación final

Con la obtención de las puntuaciones A y B se selecciona la puntuación C con la siguiente tabla:



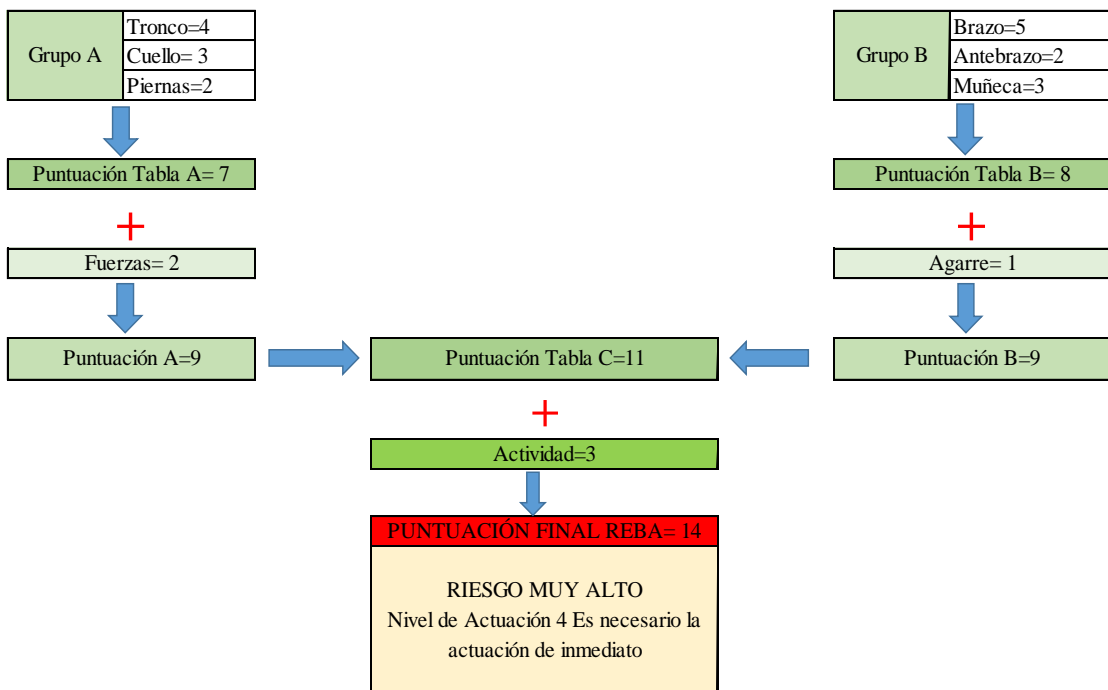
**Tabla 15-3. Puntuación tabla C**

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

Fuente: Autor

El resumen de la puntuación se observa a continuación con la modificación del puntaje por fuerzas y agarre como se observa en la siguiente figura:

**Tabla 16-3. Puntuación Reba**



Fuente: Autor

Obtenida la puntuación final, se proponen diferentes Niveles de Actuación sobre el puesto. El valor de la puntuación obtenida será mayor cuanto mayor sea el riesgo para el trabajador; el valor 1 indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo, 15, indica riesgo muy elevado por lo que se debería actuar de inmediato.

Se clasifican las puntuaciones en 5 rangos de valores teniendo cada uno de ellos asociado un Nivel de Actuación. Cada Nivel establece un nivel de riesgo y recomienda una actuación sobre la postura evaluada, señalando en cada caso la urgencia de la intervención.

La siguiente tabla indica los Niveles de Actuación según la puntuación final.

**Tabla 17-3.** Tabla Nivel de actuación

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

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

### 3.8 Resultados

Una vez realizado la evaluación de los riesgos ergonómicos se tiene un puntuación REBA de 14 que se traduce en un nivel de riesgo Muy Alto con un nivel de actuación 4 la cual requiere una actuación inmediata.

**Tabla 18-3.** Puntuación REBA

Puntuación REBA

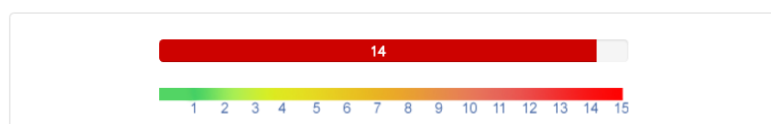
**14**

Nivel de Riesgo:

Riesgo Muy alto

Nivel de Actuación:

Nivel de actuación 4  
Es necesaria la actuación de inmediato



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

El número de trabajadores que realizan actividades en este puesto asciende a 4, con lo cual de manera general se tiene a continuación:

**Tabla 19-3. Resultado de la evaluación Reba**

Postura	Frecuencia	Puntuación Reba	Nivel de riesgo
Trabajador 1	Media	14	Muy Alto
Trabajador 2	Media	14	Muy Alto
Trabajador3	Media	14	Muy Alto

Fuente: Autor

### 3.9 Levantamiento de carga

El estudio para el levantamiento de carga inicia con la selección del método más idóneo para ello se recopila las metodologías más frecuentes y de mayor confiabilidad entre estos métodos se tiene: Ecuación de Niosh, Tablas de Snook y Ciriello, Guía de levantamiento de carga INSHT.

Una vez detallado los métodos acorde al levantamiento de carga se puntúa los factores que condicionen el uso adecuado y afín a las actividades en área de secado con lo que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 20-3. Selección del método de levantamiento de cargas**

Método/ Factores	Establece límites de carga	Confiabilidad	Facilidad de uso	Velocidad de evaluación
Ecuación de Niosh	X	X		
Tablas de Snook y Ciriello	X		X	X
Guía de levantamiento de carga INSHT	X	X	X	X

Fuente: Autor

El método con mayores ventajas es la guía de levantamiento de carga Insht el cual evalúa las tareas en las que se realizan levantamientos de carga. El resultado de la aplicación de la ecuación es el peso máximo recomendado que se define como el peso máximo que es recomendable levantar en las condiciones del puesto para evitar el riesgo de lumbalgias o problemas de espalda. Además, a partir del resultado de la aplicación de la ecuación, se obtiene una valoración de la posibilidad de aparición de trastornos como los citados dadas las condiciones del levantamiento y el peso levantado.

Los resultados intermedios obtenidos durante la aplicación de la ecuación sirven de guía para establecer los cambios a introducir en el puesto para mejorar las condiciones del levantamiento. Para el complemento de la evaluación se considera el método Snook y Ciriello el cual consiste en evitar la aparición de trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la zona dorso lumbar de la espalda.

Este método establece límites de carga tomando en consideración criterios: fisiológico, biomecánico y psicofísico. La aplicación de estos límites son muy costosas y de un alto nivel de complejidad para obtener el límite más seguro. Con el estudio del criterio psicofísico se relaciona criterios biomecánicos y fisiológico para tareas de levantamiento.

Las tablas de Snook y Ciriello, establecen los valores máximos aceptables de pesos y fuerzas para un determinado porcentaje de la población en unas condiciones dadas.

Las tablas recogen los pesos máximos aceptables para los diferentes tipos de manipulaciones de cargas. Existen un total de 9 tablas: levantamiento para hombres, levantamiento para mujeres, descarga para hombres, descarga para mujeres, arrastre para hombres, arrastre para mujeres, empuje para hombres, empuje para mujeres y transporte para hombres/mujeres (en este caso la misma tabla contiene los valores para hombres y mujeres).

Su utilización es muy sencilla. Consiste en la consulta de la tabla correspondiente a la acción de manipulación manual de cargas que se desea evaluar. Sin embargo, existe una dificultad en la aplicación del método: las entradas para la consulta de las tablas no contemplan todas las situaciones posibles de la acción. Así pues, será el evaluador el que seleccione aquellas entradas que más se aproximen a su situación concreta. Se recomienda que ante diferentes alternativas de aproximación se seleccione la más restrictiva en peso, es decir, aquella con un resultado del peso máximo aceptable menor. Por otra parte, es posible en este caso realizar una interpolación lineal entre los valores tabulados inmediatamente inferior y superior.

Una vez obtenido el Peso Máximo Aceptable para la situación que se está estudiando, habrá que corregir su valor si se producen circunstancias especiales como que la carga no tenga asas y no permita un agarre aceptable o que la carga se maneja alejada del cuerpo.

- Si la carga no tiene asas o no permite un agarre aceptable el Peso Máximo Aceptable deberá reducirse un 15%.
- Si la carga se maneja alejada del cuerpo el Peso Máximo Aceptable deberá reducirse un 50%.

### 3.10 Evaluación del levantamiento de carga ecuación INSHT

Se inicia con la introducción relativa a la forma en la que se manipula la carga, en esto se tiene datos generales con la que se detalla:

- Postura de levantamiento, que se divide en de pie y sentado.
- Peso de la carga manipulada, para la evaluación se selecciona un peso aproximado de 35kg.
- La duración de la tarea 8 horas lo que equivale a la jornada laboral.
- Tiempo de descanso equivale a un promedio de 40 a 60 minutos.
- La distancia de transporte es menor a 10 metros.

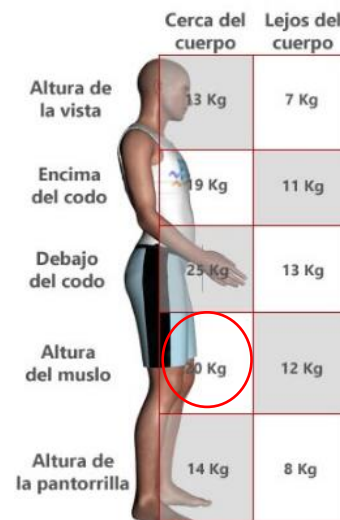
**Tabla 21-3. Datos generales**

Datos generales	
Postura de levantamiento	<input checked="" type="radio"/> De pie <input type="radio"/> Sentado
(*) Ten en cuenta que en cualquier caso es conveniente que la manipulación de carga se realice de pie.	
Peso de la carga manipulada	35 kg
Duración de la tarea	4 h
(*) Tiempo total en horas en el que el trabajador desarrolla la tarea incluidos los descansos. No se trata de la duración de la manipulación, sino de la tarea completa en la que se manipulan cargas.	
Tiempo de descanso	60 min
(*) Tiempo de descanso en minutos durante la tarea.	
Distancia de transporte	<input checked="" type="radio"/> Hasta 10 metros. <input type="radio"/> Mas de 10 metros.
(*) Distancia que la carga es transportada por el trabajador.	

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La posición de levantamiento muestra las zonas en las que se realiza el levantamiento aquí se detalla nuestra situación actual con lo que se tiene debajo del codo y cerca del cuerpo:

**Figura 10-3. Posición del levantamiento**



Fuente: (ALBERTO, 2012)

A continuación se detalla los factores de corrección entre los que esta:

- Duración de la manipulación que va desde menos de una hora al día hasta dos y ocho horas al día, para la evaluación se selecciona menos de 1 hora al día.
- La frecuencia de la manipulación es de 1 vez cada cinco minutos.
- El desplazamiento vertical es de hasta 50cm.
- El giro del tronco es poco girado (hasta treinta grados)

**Figura 11-3. Giro del tronco**



Fuente: (ALBERTO, 2012)

Finalmente la calidad de agarre se considera regular.



Fuente: (ALBERTO, 2012)

A continuación se selecciona las condiciones ergonómicas del puesto con lo que se tiene:

- El trabajador inclina el tronco al manipular la carga.
- El trabajador ejerce fuerzas de empuje o tracción elevada el tamaño de la carga supera los 60x50x60 centímetros.
- El espacio disponible para el levantamiento es limitado.

Para finalizar la evaluación de determina las condiciones del trabajador.

- El calzado es inadecuado.
- El trabajador carece de información sobre el peso de la carga.
- El trabajador carece de entrenamiento para realizar la manipulación con seguridad.
- El trabajador carece de información sobre los riesgos para la salud derivados de la manipulación manual de cargas.

**Tabla 22-3. Valoración del riesgo Guía INSHT**

<b>RIESGO NO TOLERABLE</b> Son necesarias medidas correctoras.
---

El resultado indica si, dadas las condiciones de levantamiento, el peso real manejado se encuentra dentro de los límites considerados como aceptables.

El Peso de la carga excede los límites aceptables de levantamiento.  
Existen factores de corrección que no cumplen con las condiciones recomendadas de manipulación de cargas.

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La valoración indica un valor de riesgo No Tolerable por lo que se requiere medidas correctoras. Este resultado indica el peso requerido teóricamente y aceptable en el caso de sobrepasar estas consideraciones se evidencia los siguientes resultados:

**Tabla 23-3. Valoración de la carga**

Peso Real	Peso Teórico Recomendado	Peso Aceptable
35 Kg	25 Kg	19,45 Kg
Peso real manipulado en el puesto	Peso máximo recomendado para la carga en función de la zona de manipulación, altura y separación respecto del cuerpo, en condiciones ideales de manipulación de cargas.	Peso máximo recomendado considerando las condiciones en que se produce el levantamiento. Es el resultado de corregir el peso teórico considerando las características del puesto analizado y la población a proteger.

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

### 3.11 Evaluación del metodo Snook y ciriello

Para la evaluación se selecciona la postura del trabajador para ello se debe seleccionar la actividad relacionada con el levantamiento de carga con lo que se tiene:

- Levantamiento de carga
- Descarga de la carga
- Empuje de la carga
- Arrastre de la carga
- Transporte de la carga

Durante la actividad se tiene levantamiento de carga con lo que se tiene:

**Figura 13-3. Postura del trabajador**

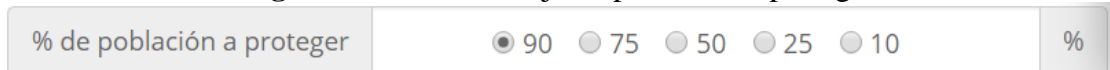


Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)



A continuación se ingresa las características de carga en las que se tiene el peso medio de la carga con un valor de 35Kg, se procede con el porcentaje de población a proteger con un porcentaje de 90%,

**Figura 14-3.** Porecentaje de población a proteger



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Si se desea mostrar resultados válidos para toda la población el porcentaje de la población protegida a escoger es de 90%. Cuanto menor sea el valor menos población será protegida por los resultados calculados. Valores muy bajos, como 10%, serán solo aceptable para trabajadores de características especiales, quedando el resto de trabajadores desprotegidos.

En este caso el valor asignado para la evaluación depende del sexo en este caso masculino, la frecuencia de levantamientos es por minutos o por hora la cual se ingresa un valor de 8 levantamientos/ hora, al llenar los sacos de yute no se permite un agarre adecuado por lo que se considera, al partir la carga del piso la altura inicial es de 0cm, la altura final de la carga es de 30 cm, la anchura de la carga es de 71 cm, la zona de manipulación es desde el nivel del suelo a la altura de los nudillos.

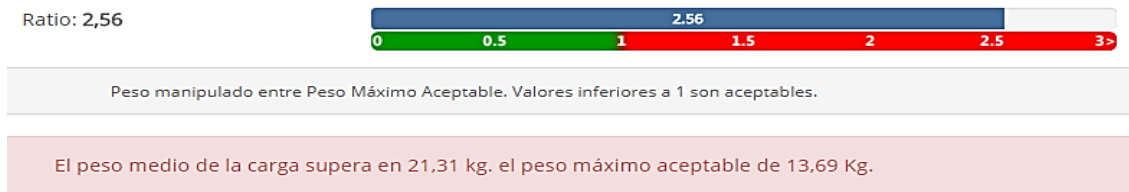
**Tabla 24-3.** Ingreso de datos

Sexo	<input type="radio"/> Mujer <input checked="" type="radio"/> Hombre	
Frecuencia	8	<input type="radio"/> levantamientos/minuto <input checked="" type="radio"/> levantamientos/hora
La carga no permite un agarre adecuado	<input checked="" type="checkbox"/>	
La carga se manipula alejada del cuerpo	<input type="checkbox"/>	
Altura inicial de la carga:	0	▼ cm.
Altura final de la carga:	30	▼ cm.
Anchura de la carga:	72	▼ cm.
Zona de manipulación:	Desde el nivel del suelo a la altura de los nudillos. ▼	

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Una vez finalizado el ingreso de datos se tiene como resultado:

**Tabla 25-3. Resultado de la evaluación**



Fuente: (Diego-Mas, 2015)

Una de las actividades en el área de secado es el levantamiento el cual se ubica en el lado lateral para el almacenamiento, con lo cual la actividad realizada ejecuta movimiento de empuje con lo cual se evalúa: Primero es la selección de la actividad en la que se tiene:

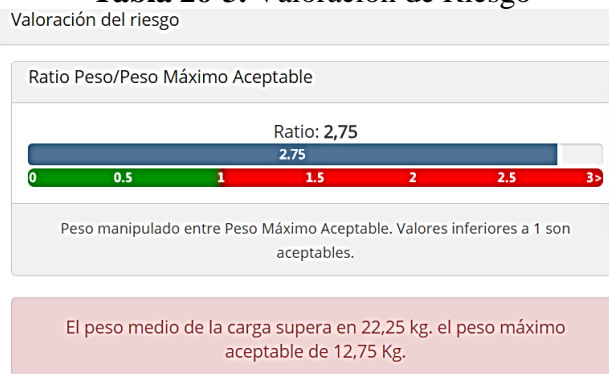
**Figura 15-3. Arrastre de carga**



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Aquí se ingresa datos de sexo, frecuencia, la manipulación de la carga similares a la anterior, con una manipulación no adecuada, la frecuencia a 8 levantamientos por hora, al trasladar el saco de yute la manipulación de la carga es alejada del cuerpo en una altura de 30 cm del piso la ubicación lateral está a una distancia de 1m.

**Tabla 26-3. Valoración de Riesgo**



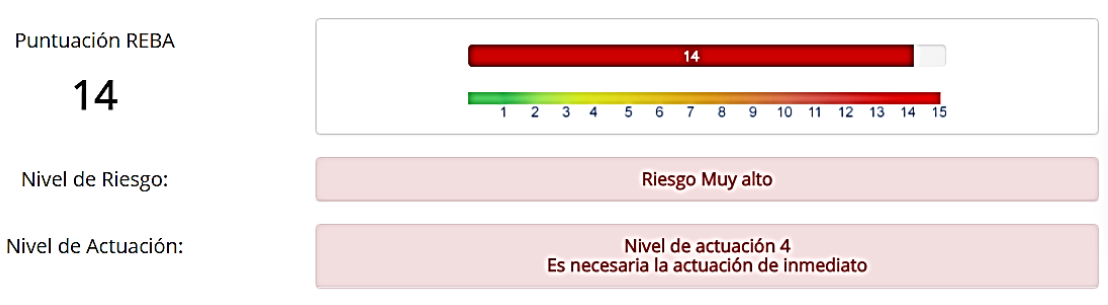
Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Una vez determinado los riesgos ergonómicos existentes en el área de secado artificial de cacao se tiene:

### 3.12 Posturas inadecuadas

Para lo correspondiente a posturas inadecuadas se tiene una puntuación REBA de 14 considerado un nivel de riesgo muy alto, por lo que es necesario una actuación inmediata, todo esto debido a las limitaciones del área de trabajo para la descarga y recolección de los granos de cacao.

**Tabla 27-3. Puntuación Reba**



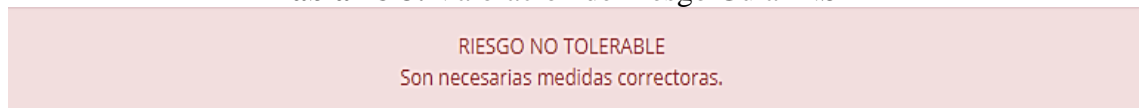
Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La evaluación del levantamiento de carga se la realizó con la evaluación de la guía INSHT y Snook y Ciriello, con el fin de establecer los valores de la evaluación.

La guía INSHT determina la valoración del riesgo considerando las condiciones del trabajador y el ambiente laboral con lo que se obtuvo un riesgo no tolerable

La valoración de la evaluación riesgo no tolerable, en el cual el peso de la carga excede los límites aceptables de levantamiento.

**Tabla 28-3. Valoración del riesgo Guía INSHT**



El resultado indica si, dadas las condiciones de levantamiento, el peso real manejado se encuentra dentro de los límites considerados como aceptables.

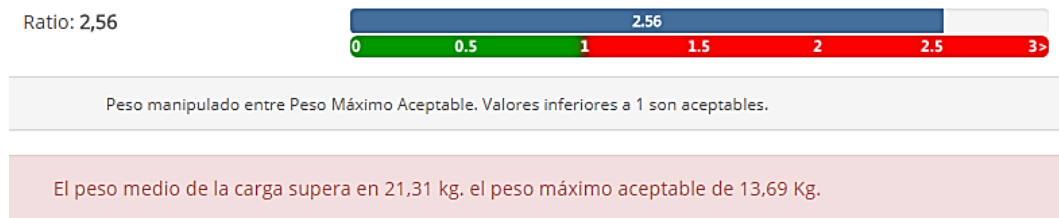
El Peso de la carga excede los límites aceptables de levantamiento.

Existen factores de corrección que no cumplen con las condiciones recomendadas de manipulación de cargas.

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La valoración de Snook y Ciriello determina un ratio de carga de una escala de 0 a 3 en la cual a partir del valor considera los valores de carga aceptable, el resultado obtenido es 2,56 el cual excede el peso máximo aceptable.

**Tabla 29-3.** Valoración del riesgo Snook y Ciriello



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

El ratio para empuje de carga es de 2,75 el cual supera el límite aceptable de la evaluación como se observa en la siguiente imagen.

**Tabla 30-3.** Empuje de cargas



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Con niveles de riesgo altos para las actividades del área de secado se gestiona los riesgos de manera más adecuada, iniciando con el control de riesgo en la fuente, al medio y finalmente al individuo.

Las mejoras de control de riesgos ergonómicos están principalmente en el diseño del puesto de trabajo, capacitación en manejo de cargas y posturas.

El diseño de la máquina secadora de cacao es un tambor rotatorio que mantiene el movimiento del cacao a una temperatura máxima de 35 grados Celsius con el fin de secar uniformemente los granos.

**Figura 16-3.** Secadora de cacao



Fuente: Autor

Las compuertas de salida de los granos están ubicadas en la parte inferior del cilindro hacia la bandeja de descarga para la salida por gravedad del grano hacia los sacos, lo que ocasiona que el grano en la mayor parte del tiempo se disperse sobre el piso, adicional a esto la bandeja tiene una altura máxima de 30 cm lo que genera mayores complicaciones en el levantamiento y transporte de cargas.

Con este antecedente se busca mejorar las condiciones laborales del trabajador al considerar las características más influyentes entre las que tenemos: carga del material, altura de carga del material, capacidad de carga, altura de levantamiento del material, velocidad de carga, tiempo de trabajo.

Estas características limitan las soluciones entre las que se tiene:

- Mejora de la bandeja de descarga
- Implementación de un elevador de cacao.

Con la ayuda de la siguiente tabla se ubica los problemas a solucionar con las posibles soluciones, con lo cual la mejor opción será la mejor puntuada.

La puntuación se establece desde 1 a 3 siendo uno la puntuación más baja de acuerdo a los parámetros establecidos y tres la puntuación más alta. Entre los factores a solucionar están:

Tiempo de trabajo: En la situación actual existe un gran consumo de tiempo debido a la exigencias del puesto de trabajo como: posturas inadecuadas en la recolección de granos, levantamiento de cargas, etc.

Costos: La mejor opción debe estar dentro del presupuesto manejado por la empresa, así como debe contribuir a optimizar recursos con el fin de mejorar la rentabilidad.

Facilidad de uso: La máquina empleada debe ser de fácil uso para el entrenamiento de nuevos operarios.

Facilidad de carga y descarga: La máquina a ser implementada debe estar acorde a las exigencias del trabajo tanto para la carga y descarga del material.

**Tabla 31-3.** Tabla ponderación de acuerdo al nivel de riesgo

Parámetros	Tiempo de Trabajo	Facilidad de uso	Facilidad de carga y descarga	Costos	Total
Bandeja de descarga	1	3	2	3	9
Elevador de cacao	3	3	3	2	11
Tecele	2	3	1	2	8
Mesa elevadora	2	3	2	2	9

Fuente: Autor

Una vez realizada la puntuación se tiene un puntaje de 9 para la bandeja de descarga la cual se acoplaría en la parte inferior del horno lo cual reduciría el tiempo de trabajo al momento de la descarga pero existiría dificultades en el mantenimiento ya que se encontraría en una zona de difícil acceso, en el caso del elevador sería de ubicación correcta, en cuanto a costos mantendría un nivel bajo ya que sería una estructura que no funcionaría con dispositivos eléctricos.

El tecele o también conocido como polipasto tiene una movilidad muy adecuada para el trabajo, el problema radica en la carga y descarga del material, este necesitaría acoples para la carga de los sacos de yute lo cual incrementaría los tiempos de trabajo, en cuanto a los costos se considera el consumo energético, instalación de la estructura lo cual no beneficiaría a la empresa, lo cual indica el menor puntaje de todas las opciones consideradas.

En cuanto a la mesa elevadora funcionaria adecuadamente para el levantamiento de la carga desde el nivel desde descarga pero no para la carga del grano en los sacos de yute por lo que resulta una opción poco aceptable.

Como la mejor opción se tiene el elevador el cual funcionaria con una estructura funcional para el espacio disponible en la zona de descarga, el cual transportara hacia la altura de descarga con el fin de llenar los sacos de yute, evitando la adopción de posturas inadecuadas y de sobre esfuerzo en el trabajador.

Una vez realizado el análisis con el trabajador y el gerente de la empresa se ve las posibilidades económicas para la implementación que tiende a ser uno de los mayores limitantes para la empresa, con lo cual se opta como una de las mejoras que promueve el desarrollo el ambiente laboral sano al igual que mejora la capacidad de producción.

En el mercado se pueden encontrar una gran variedad de elevadores, por ello se analiza las posibilidades de elevadores disponible y de mejor adaptación para el área de trabajo, como se muestra a continuación en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO IV

### 4. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA.

Al existir una gran variedad en cuanto se refiere a bandas transportadoras es necesario conocer las características de cada una de ellas entre las que se destacan por su uso. Una banda transportadora es un sistema de transporte que consistente en una cinta que se mueve continuamente entre dos tambores. Esta banda es arrastrada por fricción por uno de los dos tambores, que es accionado por un motor. El otro tambor gira libremente y tiene como función el de servir de retorno a la banda. (QuimiNet, 2012).

#### 4.1 Funcionamiento de la banda transportadora

El material depositado sobre la banda es transportado hacia el tambor con motor de accionamiento, que es precisamente donde la banda gira y da vuelta en sentido contrario. Cuando el material de la banda llega a esta zona sale fuera de la misma por la acción de la fuerza de gravedad.

**4.1.1** *Aplicaciones de las bandas transportadoras.* Las bandas transportadoras se utilizan para el transporte de:

- Materiales como carbón, minerales y cereales
- Transporte de personas en recintos cerrados
- Cargar y descargar buques cargueros o camiones
- Transportar material por terreno inclinado

A continuación se detalla los tipos de elevadores de carga de granos.

#### 4.2 Tipos de bandas transportadoras

- Transportadora de tornillo



Son máquinas de transporte continuo con el órgano de tracción rígido que se emplean para la manipulación de residuos orgánicos en el tratamiento de aguas, transporte de sólidos en infinidad de industrias, teniendo aplicaciones de toda índole. Este equipo está diseñado para realizar el transporte de material mediante una espiral basado en el principio de Arquímedes. Tienen la posibilidad de trabajar en diferentes ángulos desde la horizontal hasta la vertical.

**Figura 1-4.** Transportadora de tornillo



Fuente: <https://goo.gl/SMvCdM>

**Tabla 1-4.** Ventajas y desventajas

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Son compactos.	Varias zonas de carga y descarga
Diseño modular: fácil instalación.	No se pueden transportar materiales frágiles, delicados o abrasivos
Soportes y apoyos simples	Mayores requerimientos de potencia.
Soportan altas temperaturas.	Al quedar resto de materiales transportados con anterioridad existen riesgos de contaminación.
Fácil hermeticidad.	Volumen de material bajo
Extremadamente versátiles.	Alto costo
Varias zonas de carga y descarga	Mayor consumo de energía

Fuente: <https://goo.gl/SMvCdM>

- Los transportadores o elevadores de cangilones

**Figura 2-4.** Banda transportadora de cangilón



Fuente: <https://goo.gl/SMvCdM>

Son máquinas de transporte continuo que se emplean para la manipulación de materiales a granel como talcos granulados y en pedazos pequeños por una traza vertical o inclinada (más de 60 grados sobre la horizontal, sin que se produzcan paradas entre la carga y descarga del material transportado).

**Tabla 2-4.** Ventajas y desventajas de cangilones

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Variedad de manipulación de materiales	Atrancamiento por exceso de material
Amplio rango de capacidades	
Amplio rango de longitudes de transportación	
Gran facilidad para la carga y descarga del material	
Estructura liviana	
Desgaste mínimo y fácil mantenimiento	
Bajo consumo de energía.	
Bajos niveles de ruido	
Construcción y montaje simple comparado con otros transportadores	
Desgaste mínimo y fácil mantenimiento	

Fuente: Autor

- Transportador de banda

**Figura 3-4.** Banda transportadora lisa



Fuente: <https://goo.gl/FrHQAR>

Son máquinas de transporte continuo con órgano de tracción flexible donde la carga o material a transportar se desplaza a través de la ruta dada sin que se produzcan paradas entre la carga y descarga del material transportado.

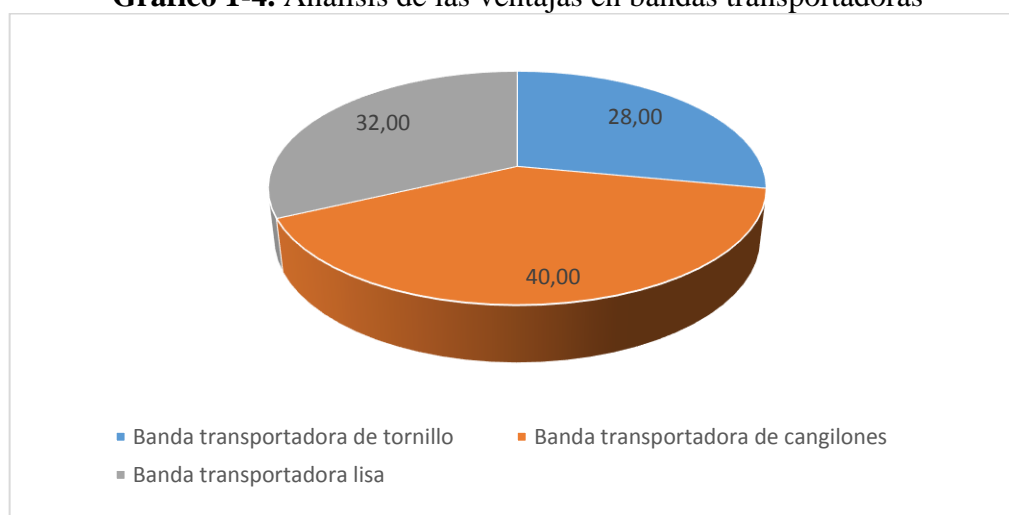
**Tabla 3-4.** Ventajas y desventajas banda lisa

Ventajas	Desventajas
Amplio rango de capacidades.	Son muy sensibles a las sobrecargas
Desgaste mínimo y fácil mantenimiento	Bajo rango de elevación
Amplio rango de longitudes de transportación	En su mayoría son para recorrido rectos.
Gran facilidad para la carga y descarga del material	
Estructura liviana	
Desgaste mínimo y fácil mantenimiento	
Bajo consumo de energía.	
Bajos niveles de ruido	
Construcción y montaje simple comparado con otros transportadores	

Fuente: <https://goo.gl/FrHQAR>

Una vez analizado las ventajas y desventajas de cada una de las bandas transportadoras de mayor uso, se identifica aquella con mayores ventajas para la empresa APROCAI, en este análisis se considera el consumo energético, costo de fabricación etc. La banda de cangilones contiene mayor cantidad de ventajas, así como características de adaptabilidad y considera este tipo de transportadores como máquinas agrícolas para el transporte, granos de cacao, cebada y más.

**Gráfico 1-4.** Análisis de las ventajas en bandas transportadoras



Fuente: Autor

En esta situación se tiene el cacao en grano, deslizante. La necesidad de transporte es a una altura de 2m y debido al espacio reducido de 1.75 x 1.20 m, se considera una inclinación de 60°, por consecuencia se requiere de una banda transportadora con

cangilones de polietileno, este material es usado para productos agrícolas como: granos de cacao, cebada entre otros.

**Tabla 4-4. Ponderación**

<b>Banda transportadora</b>	<b>Eficacia</b>	<b>Levantamiento vertical</b>	<b>Costo</b>	<b>Consumo de energía</b>	<b>Velocidad de trabajo</b>	<b>Total</b>
Transportadora de tornillo	3	2	1	1	2	9
Banda transportadora lisa	3	1	3	3	3	13
Banda transportadora de cangilones	3	3	3	3	2	14

Fuente: Autor

En la tabla de ponderación se califica en escala de uno a tres con lo cual, uno es valor más bajo y tres el valor más alto referente a las mejores condiciones con lo que se ha analizado las siguientes bandas:

La banda de tornillo es muy eficaz en el funcionamiento, sea de forma horizontal y limitado en la inclinación, el costo de la transportadora de tornillo son elevados en comparación con los demás opciones, al igual que la construcción el consumo de energía es alto y requiere de mayores prestaciones energéticas.

La transportadora de banda lisa es de fácil mantenimiento, y el consumo de energía y su construcción son de bajo costo, el limitante de las bandas lisas es su inclinación el uso frecuente de estas bandas son para transporte horizontal.

La banda de cangilones es especialmente diseñada para el levantamiento de material de forma vertical, lo que en conjunto con sus bajos costos de consumo energético y de construcción comprende la mejor opción a implementar.

#### **4.3 Cálculo de longitud de la banda**

Una vez analizado el modelo de la banda a ser seleccionado se realiza la simulación de la banda de acuerdo al espacio disponible en el área de secado como se observa en la figura. En el modelado de la banda se considera las dimensiones disponibles del área de secado para la mayor eficiencia sin interrumpir las actividades de transporte y almacenamiento de cacao.

**Figura 4-4.** Espacio disponible



Fuente: Autor

**4.3.1** *Especificaciones.* Para el diseño se establece las características del material a ser transportado El material manejado es cacao, este tiene un peso de 30-45  $\frac{lb}{ft^3}$  o 721kg/m<sup>3</sup> este valor se obtiene del catálogo Martin. Cabe mencionar que la capacidad de la secadora es de 30 quintales o 3000kg.

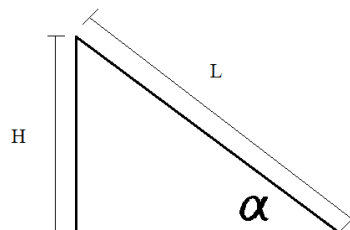
**Tabla 5-4.** Características de los materiales

Material	Peso lb por pie cubico	Factor del material
Cacao en escamas	35	0.5
Cacao en polvo	30-45	0.9
Cacao en semilla	30-45	0.5

Fuente: (Martinsprocket)

Para la altura promedio del trabajador de H =1.58m lo que corresponde a una altura en la cual el trabajador se mantiene erguido, sin necesidad de adoptar posiciones inadecuadas.

**Figura 5-4.** Ángulo de inclinación



Fuente: Autor

Datos:

H= 1.58m

D= distancia horizontal= 1,25m

L= Longitud de transporte=?

$$\text{Longitud de transporte} = \sqrt{H^2 + D^2} \quad (1)$$

$$\text{Longitud de transporte} = \sqrt{1,58^2 + 1,25^2}$$

$$\text{Longitud de transporte} = 2,01\text{m}$$

Tomando en consideración la distancia de transporte y la altura requerida para la descarga del cacao se tiene una inclinación de:

$$\sin \alpha = \frac{\text{op}}{\text{hip}} \quad (2)$$

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{1,58}{2}$$

$$\text{Ángulo de inclinación } \alpha = 52,19^\circ$$

Tipo de carga= Por dragado

Tipo de descarga= Fuerza centrífuga

Se conoce que en la salida de la secadora de cacao tiene un flujo de 184 Kg/h y una densidad de granos de cacao de  $721,68 \text{ kg/m}^3$

**4.3.2** *Capacidad de transporte.* La capacidad de transporte ( $Q'$ ) equivale al caudal de alimentación del material

$$Q' = Q/\gamma \quad (3)$$

Donde:

Q= volumen de cacao (184kg/h)

$\Gamma$ =peso específico del producto (721kg/m<sup>3</sup>)

$$Q' = Q/\gamma$$

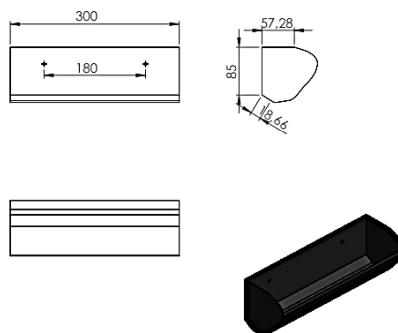
$$Q' = 184/721$$

$$Q' = 0,26 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

**4.3.3 Ancho de banda.** Dado a que el cacao pertenece al grupo de alimentos, considera las dimensiones de la zona de carga y descarga para definir el ancho del transportador. La elección de la banda se la realiza de acuerdo a las condiciones de la planta, el espacio disponible se basa en las dimensiones de la bandeja de descarga, la cual tiene un ancho de 20 cm, acorde a esta entrada se selecciona el ancho de la banda de 30 cm en estrecha relación con el caudal de alimentación. La anchura de la banda se hace, generalmente, una pulgada mayor a la anchura de los cangilones.

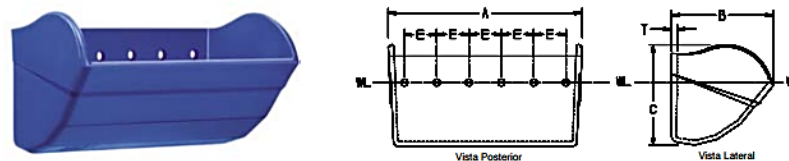
**4.3.4 Selección de cangilones.** Como cangilón se denomina al elemento de carga especialmente en sistemas de transporte vertical sean de granel o cualquier material. El cangilón que se tiene es de 300x85mm, para la sujeción a la banda se utiliza bulones de cabeza plana y de gran diámetro como se observa en la siguiente figura.

**Figura 6-4. Cangilones**



Fuente: Autor

**Gráfico 2-4. Selección del cangilón de polietileno de alta densidad**



**CANGILONES TIPO CC-XD**

TAMAÑO Pulgadas (Nominal)	Dimensiones Reales (Pulgadas) Tolerancia A, B y C ± 1/8" G. T ± 1/64"				Perforaciones Estándar (Pulgadas) Agujeros Perforados 1/32" más grandes			Capacidad (1) Tolerancia ± 3%				Espaciado (Mínimo) en Correa Pulgadas	Peso (Libras)		
	Largo A	Proy. B	Prof. C	Espesor T	Centro a Centro E	Cantidad Agujeros	Diámetro Tornillo	WL		WL + 10%			C/U (Prom.)	Por caja (Prom.)	Cant. por Caja
								Pulg. Cúb.	Pie Cúb.	Pulg. Cúb.	Pie Cúb.				
12 X 7 300-180					3-3/8	4	5/16	248.2	.1436	273.0	.1550	8			
14 X 7 350-180					3	5	5/16	301.9	.1747	332.1	.1922	8			
16 X 7 400-180					2-7/8	6	5/16	346.5	.2005	381.2	.2206	8			
12 X 8 300-215	12-11/16	9-1/16	8-7/8	1/2	3-3/8	4	5/16	362.0	.2095	398.2	.2304	9			
13 X 8 330-215					3-5/8	4	5/16	390.2	.2258	492.2	.2484	9			
14 X 8 350-215	14-11/16	9-1/16	8-7/8	1/2	3	5	5/16	429.6	.2486	422.6	.2775	9	5.26	46.0	8
16 X 8 400-215	16-11/16	9-1/16	8-7/8	1/2	2-7/8	6	5/16	511.1	.2958	562.2	.3254	9	5.75	50.0	8
18 X 8 450-215	18-11/16	9-1/16	8-7/8	1/2	3-1/8	6	5/16	564.4	.3266	620.8	.3593	9	6.59	57.0	8

Fuente: (WIL, 2013)

El número de cangilones está dado por la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Peso de la carga} &= \frac{2}{3} * \text{volumen del cangilon} * \text{densidad} & (4) \\ &= \frac{2}{3} * 0,061 \text{ ft}^3 * 721,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ &= 0,83 \text{ kg} \end{aligned}$$

Para mover 3000 kg/h se necesita:

$$\frac{3000\text{kg/h}}{0.83 \text{ kg/cangilon}} = 3614,45 \frac{\text{cangilones}}{\text{h}} = \frac{60,24 \text{ cangilones}}{\text{min}} = \frac{1,00 \text{ cangilones}}{\text{seg}}$$

El paso de los cangilones normales es de  $[2h, 3h]$

Altura del cangilón= 85mm el paso = 255 mm

#### 4.3.5 *Velocidad de desplazamiento de la banda*

$$\begin{aligned} V &= 1 \frac{\text{cangilon}}{\text{seg}} * 255\text{mm} & (5) \\ V &= 0,255 \text{ m/seg} \end{aligned}$$

La capacidad del cangilón (Cc) es 0,83 kg cuando está totalmente lleno. Se debe cubrir una distancia de 2 m que es el largo de la banda. De acuerdo a su capacidad se calcula el paso entre cangilones con lo que se tiene:

Esta sería la distancia que se debe perforar la banda para colocar los cangilones. El número de veces que la banda gira por hora= 230veces/ hora

Capacidad máx. Transportador = N x capacidad máxima cangilón

Capacidad máx. Transportador = 9960 gramos por revolución.= 9.960kg/rev

**4.3.6 *Pernos o bulones.*** Estos pernos sujetan los cangilones a la banda, están expuestos al peso de los cangilones.



**Figura 7-4.** Fijación del bulón



Fuente: (WIL, 2013)

**Gráfico 3-4.** Selección de pernos o bulones

Tamaño	Cantidad/Caja	Kg./Caja
1/4" x 3/4"	100	1.4
1/4" x 1"	100	1.5
1/4" x 1-1/4"	100	1.6
1/4" x 1-1/2"	100	1.8
5/16" x 1-1/4"	100	2.4
5/16" x 1-1/2"	100	2.8
5/16" x 2"	100	3.3
3/8" x 1"	50	1.7
3/8" x 1-1/4"	50	1.8
3/8" x 1-1/2"	50	2.0
3/8" x 2"	50	2.3

Los pernos incluyen tuercas sin arandelas. También

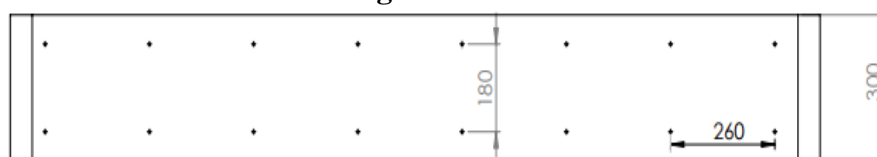


Fuente: (WIL, 2013)

**4.3.7 Cinta transportadora.** Las bandas en elevación son iguales a las utilizadas en transporte. No obstante, al momento de la selección se tiene una banda de mayor robustez, como consecuencia del perforado para la sujeción de los cangilones su resistencia longitudinal además debe poseer mayor resistencia transversal para la correcta sujeción de los mismos.

Generalmente las bandas pueden ser de algodón, goma o plástico termoestable; los diferentes materiales permiten altas velocidades empleando una correa fina y cangilones ligeros, como por ejemplo, los utilizados para la elevación de granos secos. Sin embargo en las minas se emplean gruesas correas de caucho o cintas de tejido metálico, accionadas por tambores de gran diámetro para la elevación de productos de machaqueo, carbones o minerales

**Figura 8-4.** Banda



Fuente: Autor

Durante el proceso de selección de la cinta transportadora, el primer parametro que se requiere conocer es que clase de material que se desea transportar. En base a este dato se selecciona el tipo de banda que puede ser empleado. En este caso el material es cacao el cual es un grano el cual ingresa en el campo de aplicación de materiales con contenido moderado de aceite y alimentos. Con dicho dato se identifica el número de capas recomendables.

**Gráfico 4-4.** Identificación de capas según el campo de aplicación

Campos de aplicación de las bandas según el tipo de material		
Campo de aplicación	Materiales ejemplo	Tipos de banda
Materiales abrasivos	cemento, carbón coque, tierra, piedra granos, granito, grava piedra caliza, madera escoria, minerales	RO-PLY banda de 2 capas Múltiples capas tipos A, B y BW
Materiales abrasivos calientes	alto horno clinker escoria	Múltiples capas tipos K y N Múltiples capas tipo TCC
Materiales calientes con aceites	abono forrajes basura	RO-PLY GWF banda de 2 capas Múltiples capas tipos GW y GWF
Materiales contenido moderado de aceite	granos forrajes basura	RO-PLY GWM banda de 2 capas Múltiples capas tipos GWM y GWS
Alimentos	pan, chocolate carne, pescado	Tipo IWE
Paquetes transporte inclinado	equipaje paquetes sacos	RO-PLY Grip 4 banda de 2 capas Múltiples capas con patrones
Bienes en bulto trans. inclinado	remolacha, carbón coque, grava, piedra caliza, paquetes papas, sacos, piedra	Bandas nervadas
Bienes en bulto indus. maderera	aserrín	Bandas especiales para la industria de la madera
Materiales conteniendo terpe	aserrín	Múltiples capas tipo GT

Fuente: <https://goo.gl/QbUQ9m>

Una vez identificado el material a transportar y el número de capas se prosigue a seleccionar el revestimiento de la cinta transportadora. En el mercado existe varios tipos de revestimientos para alimentos entre ellos tenemos:

- Bandas revestidas de TPO

Los revestimientos de poliolefina termoplástica se utilizan cuando la superficie de la banda debe ofrecer una excelente resistencia química y propiedades antiadherentes. Este revestimiento se utiliza más en la industria panificadora

- Bandas revestidas de TPU

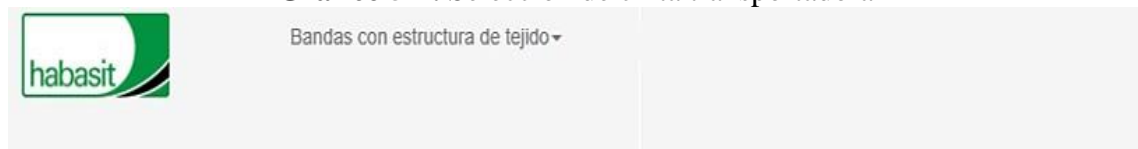
El poliuretano termoplástico (TPU) se utiliza de forma generalizada en el procesamiento de alimentos como material de revestimiento de bandas u utilización mas favorable en los productos terminado, listos para el consumo.

- Bandas revestidas de PVC

Las bandas revestidas de PVC continúan siendo una buena elección para manipular alimentos húmedos y grasos, como carnes o aves procesadas y granos.

Las bandas de uso general de PVC ofrecen seguridad alimentaria en aplicaciones secas y húmedas. Esta gama de alta calidad está caracterizada por superficies con revestimiento fundido, no porosas y de baja migración, y constituye el eje central de la oferta de bandas de PVC para alimentos de Habasit. Bien probada para la manipulación de frutas y verduras, incluidas aplicaciones como la clasificación de patatas, la amplia gama de variaciones de superficie incluye resistentes acabados en mate para una descarga mejorada de los productos, y ofrece la banda adecuada para cada aplicación.

**Gráfico 5-4.** Selección de cinta transportadora



## Bandas alimentarias

Arrastre el título de una columna y suéltelo aquí para agrupar por ese criterio									
Grupo del producto	Subgrupo del prod...	No...	En...	Datos técnicos	Construcción del producto/ Diseño				
				Espesor	Lado de transporte				Capa d...
					mm	Material	Patrón	...	...
Bandas de PVC	Banda de transporte general	3P120/100 DP	JDS	4.7	Cloruro de polivinilo (PVC)	Suave	No adhesivo	Blanco	3
Bandas de PVC	Banda de transporte general	NAB-10EVCV 11	JDS	3	Cloruro de polivinilo (PVC)	Mate	Median... adhesivo	Azul	2
Bandas de PVC	Banda de transporte general	NAB-10EVDV 11	JDS	3	Cloruro de polivinilo (PVC)	Mate	Median... adhesivo	Verde oscuro	2

Fuente: <https://goo.gl/8PC6PR>

Tomando en cuenta recomendaciones del fabricante y catálogos, se seleccionó una banda con revestimiento de PVC con un espesor de 3 mm y dos capas de Poliéster, para el adecuado transporte del producto y sugestión de cangilones. Datos técnicos de la cinta transportadora se encuentran en el Anexo B

**4.3.8** *Peso de la banda.* El peso lineal de la banda está en función del ancho de la misma.

$$45 * B < qb < 55 * B$$

Por lo que:

$$qb = 50 * a \quad (6)$$

Donde:

qb= peso de la banda (kg/m)

a= ancho de la banda (0.3m)

Por lo tanto:

$$qb = 15 \text{ kg/m}$$

**4.3.9** *Cálculo del peso del material elevado por metro lineal (Pm)*

$$Pm = 17 * \frac{T}{v} \quad (7)$$

Donde:

T= Toneladas por hora elevadas en tn/h

V= velocidad de la banda en (m/min)

$$P_m = 17 * \frac{2.25 \frac{\text{Ton}}{\text{h}}}{0,255 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 60\text{s}/\text{min}}$$

$$P_m = 2.5 \text{ kg/m}$$

**4.3.10** *Cálculo de la tensión efectiva (Te), en función de la carga*

$$T_e = P_m (H + H_o) \quad (8)$$

Donde

$P_m$  = Peso del material elevado

$H$  = Altura de elevación

$H_o$  = *Altura equivalente* Para compensación de los efectos de las fuerzas de carga y fricción en los tambores en (mm), como el elevador descarga por fuerza centrífuga se adopta  $H_o = 1\text{m}$ .

$$T_e = 2.5 \text{ kg/m} * (1.58\text{m} + 1)$$

$$T_e = 6.45 \text{ kgf}$$

**4.3.11** *Cálculo de la tensión efectiva (Te), en función del número de cangilones*

$$T_e = 0.8 * C_c * N * \frac{H + H_o}{H} \quad (9)$$

Donde:

$C_c$  = Peso del material contenido en cada cangilón, en Kg;

$N$  = número de cangilones;

$$T_e = 0.8 * 0.83 * 12 * \frac{1.58 + 1}{1.58}$$

$$T_e = 13.01 \text{ kgf}$$

Tensión Máxima (TM)

$$T_m = (1+k) \cdot T_e$$

Donde:

K= Factor de accionamiento=0.85

$$T_m = (1+0.85) \cdot 13.01$$

$$T_m = 24.06 \text{ kgf}$$

#### 4.3.12 *Cálculo de la unidad de la tensión (Ut)*

$$U_t = \frac{T_m}{a} \quad (10)$$

Donde:

a= Ancho de la banda, en cm.

$$U_t = \frac{24.06}{30} = 0.802 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}}$$

#### 4.3.13 *Cálculo de la potencia*

$$\text{Pot} = \frac{T_e \cdot v}{4500} \quad (11)$$

Donde:

Pot= Potencia absorbida en HP

T<sub>e</sub>= Tensión efectiva mayor

V= Velocidad de la banda

$$\text{Pot} = \frac{13.01 * 2.55 \frac{\text{m}}{\text{seg}} * \frac{60}{\text{min}}}{4500} = 0.44\text{hp}$$

La potencia requerida del motor es de 0.44 hp, por factores de seguridad se utiliza un motor de mayor capacidad.

Se selecciona un motor de ½ HP

**Figura 9-4.** Motor ½ HP

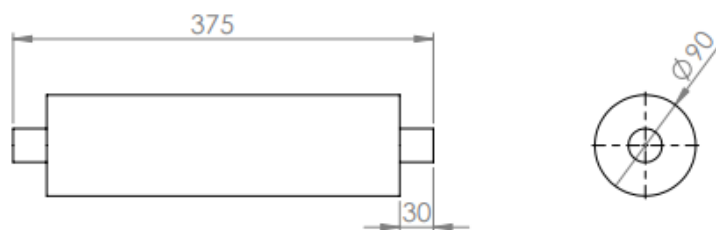


Fuente: Autor

**4.3.14 Selección de tambores o cilindro.** Los tambores fueron diseñados de acuerdo al tamaño de la banda, es recomendable que sobrepasen una pulgada de cada lado de la banda, fabricado en acero, tiene una pequeña biconicidad para evitar que la banda salga de los tambores

- Tambor o cilindro de accionamiento

**Figura 10-4.** Cilindros o Tambor

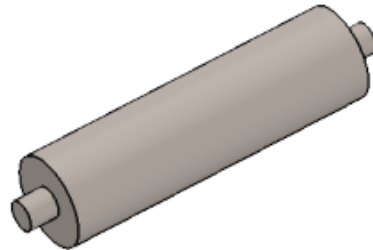


Fuente: Autor

El cilindro de accionamiento es el encargado de transmitir el movimiento a la banda, recubierto con caucho con el fin de alargar la vida útil al evitar el desgaste prematuro de la banda y al mismo tiempo aprovecha eficazmente la potencia ahorrando energía.

También aumenta el coeficiente de rozamiento haciendo más difícil un eventual deslizamiento. El diámetro del mismo se calcula en función de la descarga y la velocidad para lograr una operación eficiente.

**Figura 11-4.** Rodillos



Fuente: Autor

El cilindro de reenvío es el que se encuentra en la parte inferior de la banda, este cilindro es de forma aleteada, con el fin de evitar que el material derramado ingrese en el tambor, este cilindro en el mayor de los casos es de igual diámetro o menor al cilindro de accionamiento.

Su diámetro fue calculado de acuerdo a la velocidad y al tipo de descarga

$$R = \frac{v^2}{g} = \frac{(2.55 \frac{m}{s})^2}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 0.66 m$$

$$\text{Diámetro} = 2 * R = 1.32m = 13.2 \text{ cm}$$

Los tambores se fijan a los ejes a través de anillos de bloqueo, por lo cual, consideramos, desde el punto de vista de la Ingeniería Mecánica, hacer un análisis de los esfuerzos que están aplicados sobre los ejes tanto del tambor de accionamiento y el de tensión para saber si realmente van a poder soportar con seguridad las cargas aplicadas sobre ellos. Una vez realizado la selección de los elementos se tiene:

**4.3.15 Selección del eje del tambor motriz.** Se realiza el cálculo para un diseño estático, ya que las revoluciones son bajas y su eje es de 132 mm de diámetro. El eje va a estar sometido a flexión y torsión, como el eje motriz va a ser mayormente afectado por las fuerzas y configuración de los ejes tanto motriz, conductor y de retorno de la misma,



se concluye que al calcular dicho eje los otros quedan calculados con un factor mayor que el que tiene el factor motriz. Los fabricantes de los tambores, tienen dimensionado el eje que va a soportar el tambor motriz. Para saber si nos encontramos del lado de la seguridad, se calculan los factores de seguridad en los puntos que se consideren como "los más críticos"; de esta forma habrá confianza en el diseño previo de los ejes hechos por los fabricantes.

Las cargas aplicadas sobre el eje son:

1.- Peso del tambor y eje  $F_1=19\text{kg} =186.2 \text{ N}$

2.- Tensión del lado flojo del tambor,  $F_2= T_m - T_e = F_2 = 24.06-13.01= 11.05\text{N}$

3.- Tensión del lado más ajustado del tambor,  $F_3= T_m= F_3= 24.06 \text{ N}$

Todos estos vectores fuerza están dirigidos hacia abajo con respecto al tambor motriz, por lo cual se deben sumar para detener un vector fuerza resultante, aplicado sobre el eje, cuya magnitud se da a continuación:

$$F= F_1+F_2+F_3 \quad (12)$$

$$F= 186.2+11.05+24.06$$

$$F= 221.31 \text{ N}$$

Esta fuerza se distribuye para los dos puntos de apoyo del transmisor sobre el eje.

Para seleccionar la potencia del motor es aconsejable utilizar un margen de seguridad del 20 al 30 % con el objeto de contemplar situaciones particulares de sobrecargas (arranque a plena carga, transporte de materiales de mayor peso específico, rotura de algún cangilón)

**4.3.16 Selección de los rodamientos.** Se puede escoger el rodamiento únicamente considerando el diámetro del eje, pues de acuerdo a la experiencia estos dan el resultado esperado, pero no está por demás realizar la selección adecuada mediante el cálculo de acuerdo al tipo de carga que se aplica. Los rodamientos rígidos de bolas pueden soportar cargas radiales moderadas, así como cargas axiales. Tienen una baja fricción y pueden

ser fabricados con una gran precisión y con un diseño de funcionamiento silencioso. Por tanto, estos rodamientos son los preferidos para los motores eléctricos de tamaño pequeño y mediano. El cálculo de la vida útil es dependiente del rodamiento en particular, esto lo convierte en un cálculo iterativo en el cual se escoge un rodamiento y se comprueba su vida útil, si el resultado es satisfactorio, la selección ha terminado, pero si la vida es menor o muy mayor de lo recomendado debe escogerse otro rodamiento y recalcular la vida. Las tablas siguientes entregan recomendaciones para la vida útil que debería tener un rodamiento para las aplicaciones que se detallan.

**Tabla 6-4.** Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas

Clases de máquinas	L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias	20 000 a 30 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos.	60 000 a 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, ventiladores y bombas para minas, rodamientos para la línea de eje de trasatlánticos	100 000

Fuente: Catálogo General SKF

Una vez ubicada la vida sugerida, se procede a escoger un rodamiento del catálogo considerando el tipo de carga a soportar y las limitaciones dimensionales del problema. Una vez ubicados algunos candidatos se extraen los valores de C, Pu, D y d. Con estos valores se procede a realizar los cálculos que a continuación se detallan. En particular, la carga equivalente sobre el rodamiento se obtiene de fórmulas como la siguiente:

$$P=XFr+ YFa \quad (13)$$

Donde:

Fr: es la carga radial que se aplica sobre el rodamiento.

Fa: es la carga axial que se aplica sobre el rodamiento

X e Y son valores adimensionales que varían para cada tipo de rodamiento.

Debido a que la carga axial es nula esta no es tomada en cuenta.

$$P = 0.5Fr + 2Fa \quad Fr = 10 \text{ N}; P = 5$$

En la tabla siguiente se muestran los valores de estas variables para el caso de rodamientos radiales de bolas con juego normal.

**Tabla 7-4.** Factores para el cálculo de los rodamientos rígidos de una hilera de bolas

Juego Normal			
Fa/C0	E	X	Y
0,025	0,22	0,56	2
0,04	0,24	0,56	1,8
0,07	0,27	0,56	1,6
0,25	0,37	0,56	1,2
0,5	0,44	0,56	1

Fuente: Catalogo skf

Se desarrollaran tres fórmulas para la vida útil: Vida Nominal [L10]; Vida Nominal Ajustada [Lna] y Vida Nominal Ajustada SKF

- Vida Nominal

$$L_{10} = (C / P)^p \quad (14)$$

Donde:

L10 es la vida estimada en millones de revoluciones

C es la capacidad de carga dinámica

P es la carga equivalente sobre el rodamiento, se calcula en función de las cargas radiales y axiales que afectan al rodamiento su fórmula depende del tipo de rodamiento a utilizar

p es 3 para los rodamientos de bolas y 10/3 para los rodamientos de rodillos

La vida nominal puede expresarse en otras unidades más adecuadas al problema que se analiza, de esta forma se tiene:

$$L_{10h} = (1000000 / 60 n) L_{10}$$

$$L_{10} = (1000000 / 60(36)) = 462.9$$

Cuando el tamaño del rodamiento requerido se determina en base a la capacidad de carga estática, se emplea un factor de seguridad  $S_o$  que representa la relación entre la capacidad de carga estática  $C_o$  y la carga estática equivalente  $P_o$  para calcular la capacidad de carga estática básica requerida

La capacidad de carga estática requerida  $C_o$  se puede calcular según:

$$C_o = S_o P_o \quad (15)$$

Donde:

$C_o$  = capacidad de carga estática, kN

$P_o$  = carga estática equivalente, kN

$S_o$  = factor de seguridad estática

$$S_o = 19/5 = 3.8$$

El factor de seguridad cumple con lo requerido.

**Figura 12-4.** Banda transportadora

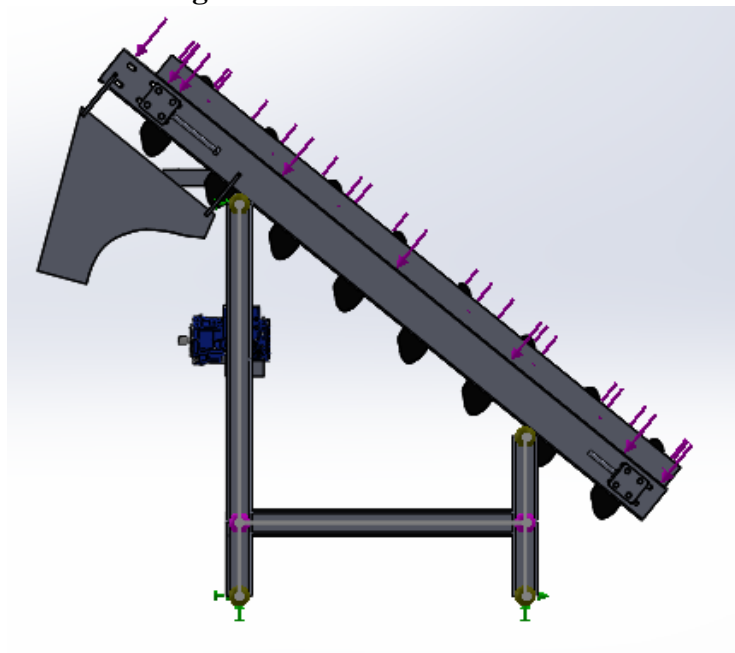


Fuente: Autor

**4.3.17** *Análisis de resistencia.* Para analizar la resistencia de la estructura de la banda transportadora se realiza un análisis en el programa de modelado Solid Works, se coloca una carga de 30 kg en la parte superior específicamente en la base de la banda donde soportara el peso de los granos de cacao.

Para el análisis se selecciona como material acero estructural.

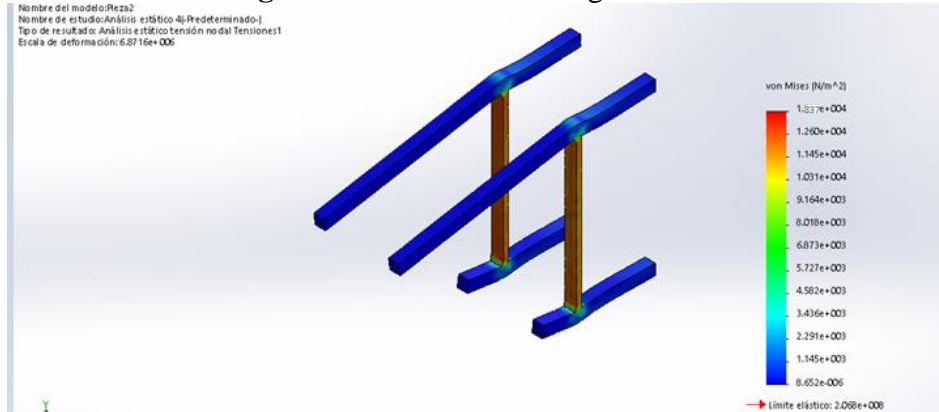
**Figura 13-4.** Analisis estructural



Fuente: Autor

Una vez concluido el estudio muestra que la carga máxima que estará soportando es de 183 Mpa que es inferior a la resistencia del material que es de 200 Mpa.

**Figura 14-4.** Estudio en carga maxima

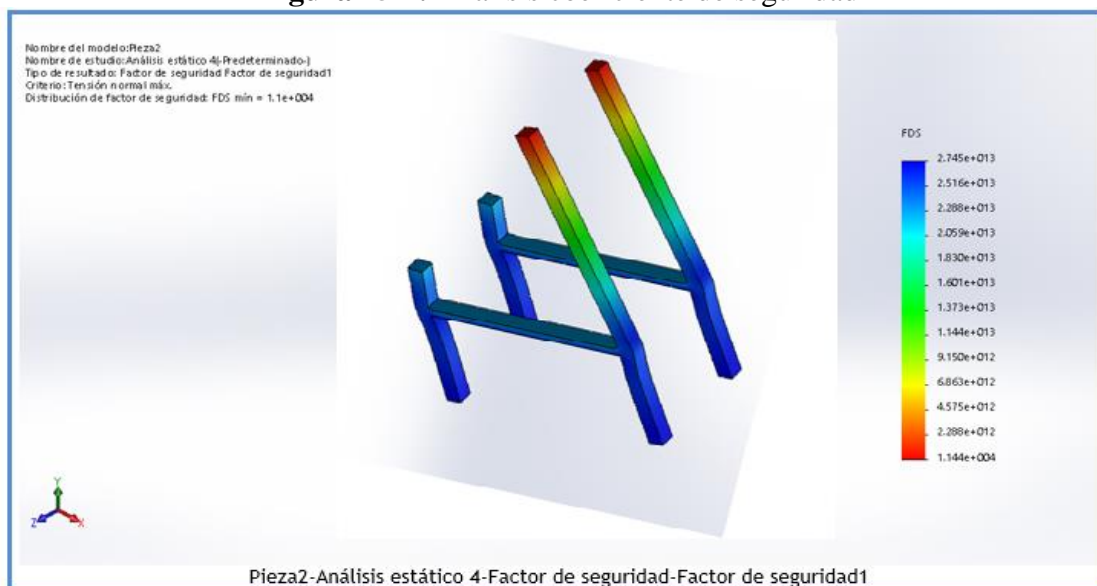


Fuente: Autor

Factor de seguridad: es el coeficiente que da como resultado al relacionar el esfuerzo que soporta un material y el esfuerzo que se aplica en el estudio.

Para determinar el factor de seguridad se aplicó el esfuerzo máximo de Von Misses, el resultado refleja un coeficiente de seguridad de 1,1 esto quiere decir que la estructura resistirá 1.1 veces la fuerza a la que está sometida sin que se produzca ninguna deformación. El coeficiente de seguridad se puede apreciar en la siguiente imagen.

**Figura 15-4.** Analisis coeficiente de seguridad



Fuente: Autor

Para calcular una carga aplicada a la guía LM, se debe obtener primero la carga promedio necesaria para calcular la vida útil, y la carga máxima necesaria para calcular el factor de seguridad estático. En un sistema en el cual se realizan puestas en marcha y paradas frecuentes, y que se encuentra bajo fuerzas de corte o bajo un momento elevado debido a una carga descentrada, puede aplicarse una carga excesivamente elevada (TECH)

**Tabla 8-4. Factor de seguridad**

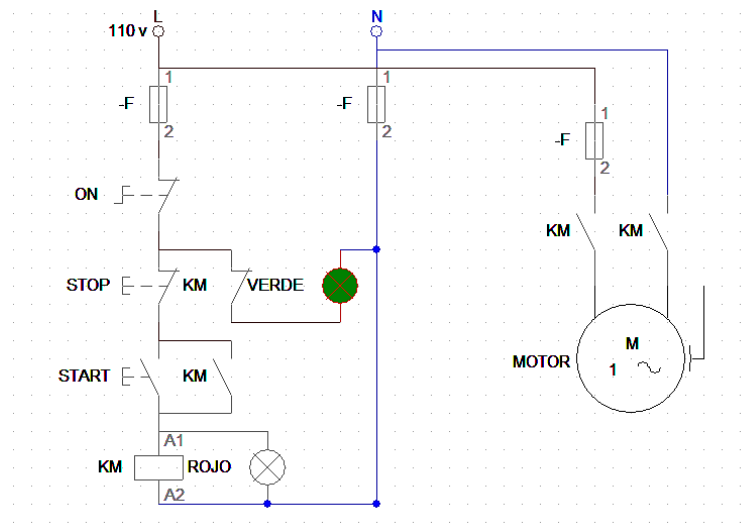
Máquina que utiliza la guía LM	Condiciones de carga	Límite más bajo de fs
Maquinaria industrial general	Sin vibración ni impacto	1,0 a 3,5
	Con vibración o impacto	2,0 a 5,0
Máquina-herramienta	Sin vibración ni impacto	1,0 a 4,0
	Con vibración o impacto	2,5 a 7,0

Fuente: (TECH)

#### 4.4 Diseño del sistema de control

**4.4.1** Unidad de accionamiento. Para la unidad de accionamiento se considera las necesidades de trabajo, el trabajo en el área de secado conlleva pausas para el empuje de la carga y la reposición de un nuevo saco para almacenar la carga, tras esto se selecciona un mando junto al operador para las pausas de manera inmediata, el circuito está compuesto por pulsadores contactores, luces indicadores a continuación se muestra el circuito de conexión del mando de accionamiento.

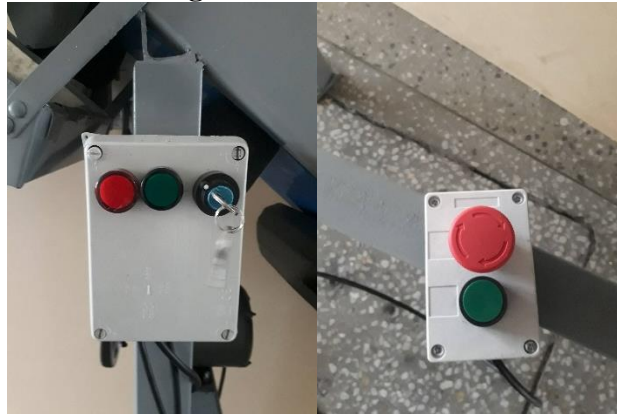
**Figura 16-4. Conexión eléctrica**



Fuente: Autor

El circuito de la banda está compuesto por una caja de energizado en la cual indica el encendido, esta caja es accionada mediante una llave, según las condiciones de trabajo e tiene pulsadores de avance y parada los cuales están al alcance del trabajador.

**Figura 17-4. Pulsadores**



Fuente: Autor

Durante el ensamblado se toma en consideración aspectos importantes como

#### **4.5 Alineación de la banda en los soportes de los rodillos**

La banda transportadora debe ser ubicada en la parte central de los rodillos, para evitar daños, debido a rozamientos con la estructura adyacente, para el caso de nuestra banda no se utiliza los tensores, por ello de la importancia de la correcta alineación de los rodillos para evitar las subsecuentes variaciones en el cargado de cacao como en la alineación.

**Figura 18-4. Alineación de la banda**



Fuente: Autor



Una vez alineada la banda se aplica las tenciones necesarias en la estructura con lo que se tiene:

**Figura 19-4. Tensión de las bandas**



Fuente: Autor

Finalmente se tiene:

**Figura 20-4. Banda transportadora**



Fuente: Autor

#### 4.6 Implementación de la banda transportadora

Para la ubicación de la banda transportadora, se instala en la parte inferior del horno entre la banda vertical y la caja de control del horno, las compuertas de descarga se encuentran en la parte inferior por lo que limita la salida de los granos a una zona específica entre la banda de carga y la caja de control, el espacio disponible establece las dimensiones requeridas para la banda la cual se alimenta a través de la bandeja de descarga que conduce los granos secos hacia la alimentación de la banda transportadora para la carga de material hacia los sacos, finalmente los sacos son transportados a las camionetas para ser distribuidas en los centros de procesamiento y acopio.

**Figura 21-4.** Ubicación de la banda transportadora



Fuente: Autor

La ubicación final de la banda, le proporciona la alimentación energética de 110V necesaria para el control del motor, así como la alimentación de la máquina con los granos de cacao que salen del horno de secado.

**Figura 22-4.** Ubicación final de la banda transportadora



Fuente: Autor

## 4.7 Evaluación reba

Para determinar el objetivo principal de la banda transportadora, que es la disminución de los riesgos ergonómicos del trabajador se considera la nueva posición adoptada durante la jornada laboral en la cual se tiene:

**Figura 23-4.** Implementación de la banda transportadora



Fuente: Autor

La evaluación inicial considera la carga postural como un riesgo Muy Alto, con esta consideración y una vez implementado la banda transportadora se procede a la evaluación.

### 4.7.1 Grupo A

**4.7.1.1 Posición del cuello.** Según el ángulo de inclinación del cuello se presenta un ángulo de  $23^\circ$ , y se selecciona la imagen correspondiente a un ángulo mayor a  $20^\circ$ .

**Figura 24-4.** Posición del cuello



Fuente: Autor

Al existir inclinación y torsión se agrega un puntaje adicional de +1

**4.7.1.2** *Posición del tronco.* Para la posición del tronco se tiene una flexión entre 0 y 20°, la posición del tronco medido es de 0°.

**Figura 25-4.** Posición del tronco



Fuente: Autor

Al existir varias torsiones en la jornada laboral se le agrega un puntaje de +1

**4.7.1.3** *Posición de las piernas.* Para la posición de piernas del trabajador se observó un soporte bilateral

**Figura 26-4.** Posición de las piernas



Fuente: Autor

Una vez evaluado las posturas y ángulos correspondientes se tiene las siguientes puntuaciones para cuello, tronco y piernas.

**Tabla 9-4. Resumen grupo A**

Grupo A		
Tronco	Cuello	Piernas
2	2	2

Fuente: Autor

Con el puntaje de cada uno de los miembros, se determina el puntaje global en la cual se ubica el puntaje del tronco que se ubica al lado izquierdo, el cuello tiene tres puntajes en la parte superior, de acuerdo a nuestra tabla se selecciona el puntaje; las piernas forman parte de un subconjunto del puntaje del cuello con lo que se tiene un puntaje del 1 al 4 como se observa en la siguiente figura. El cruce de las líneas me da un puntaje de 4 como se observa en la imagen.

**Tabla 10-4. Puntuación Grupo A**

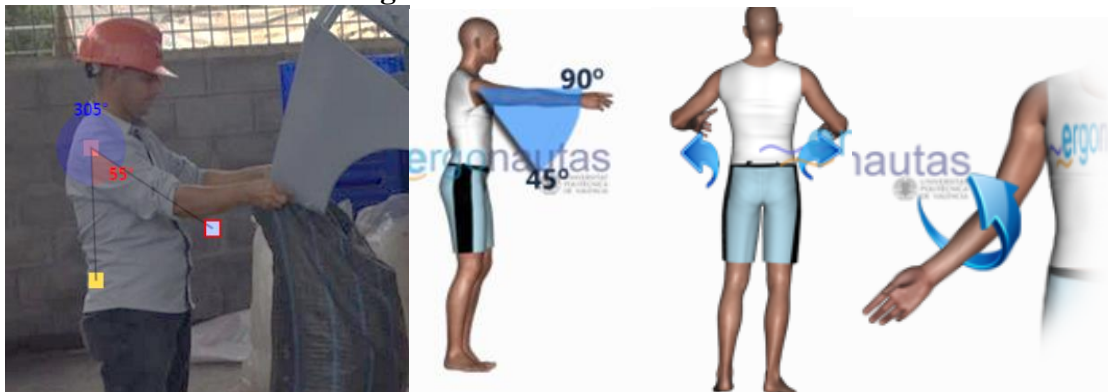
Tronco	Cuello											
	1				2				3			
	Piernas				Piernas				Piernas			
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fuente: Autor

#### 4.7.2 Grupo B. Extremidades superiores

**4.7.2.1 Posición del brazo.** El ángulo de flexión del brazo esta entre 45° y 90° de flexión que corresponde a la imagen.

**Figura 27-4. Posición del brazo**



Fuente: Autor



A esta posición se añade un puntaje adicional por la abducción del antebrazo y la elevación de los hombros.

**4.7.2.2** *Posición del antebrazo.* La posición del antebrazo esta flexionado se encuentra en un rango de 25° como se muestra en la siguiente imagen.

**Figura 28-4.** Posición del antebrazo



Fuente: Autor

**4.7.2.3** *Posición de la muñeca.* La posición de la muñeca se encuentra entre 0 y 15°

**Figura 29-4.** Posición de la muñeca



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

**Tabla 11-4.** Resultados Grupo B

Grupo B		
Brazo	Antebrazo	Muñeca
3	1	2

Fuente: Autor

Similar al grupo A, se obtiene el puntaje como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 12-4. Puntuación Grupo B**

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

Fuente: Autor

El puntaje obtenido es de 4, las puntuaciones globales de los Grupos A y B consideran la postura del trabajador. A continuación se valorarán las fuerzas ejercidas durante su adopción para modificar la puntuación del Grupo A

**4.7.3** *Fuerzas y agarres.* La actividad muscular se describe parámetros como:

Una o más partes permanecen estáticas, por ejemplo soportadas más de un minuto

**4.7.4** *Agarre de la carga.* Se considera un agarre malo debido al material (el agarre es malo pero no aceptable).

**4.7.5** *Resultados.* Para los resultados se tiene una puntuación REBA de:

Con la obtención de las puntuaciones A y B se selecciona la puntuación C con la siguiente tabla:

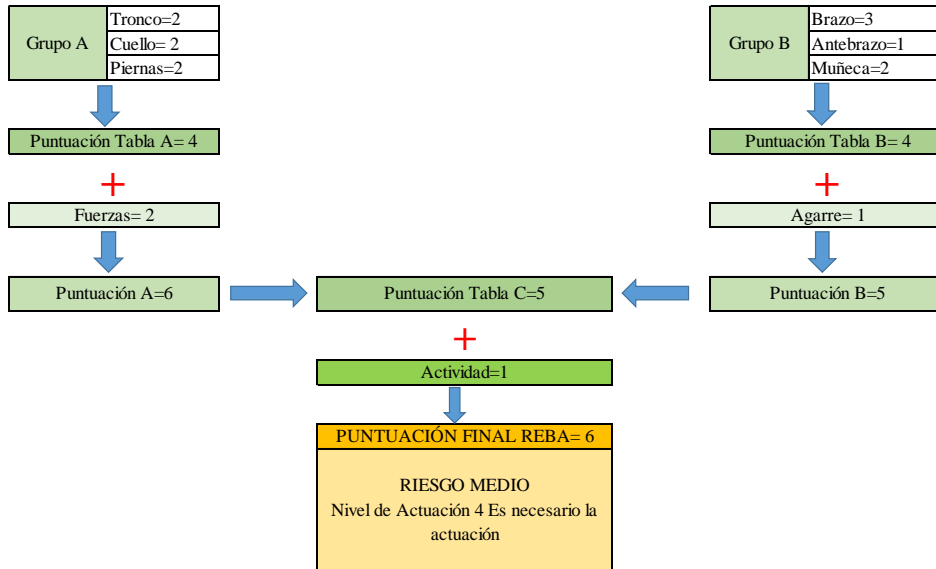
**Tabla 13-4. Puntuación tabla C**

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

Fuente: Autor

El resumen de la puntuación se observa a la continuación con la modificación del puntaje por fuerzas y agarre como se observa en la siguiente figura:

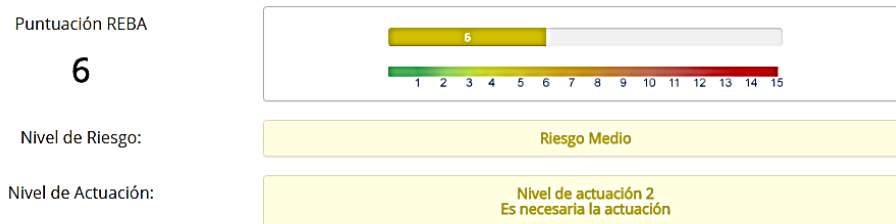
**Tabla 14-4. Puntuación Reba**



Fuente: Autor

Una vez realizado la evaluación de los riesgos ergonómicos se tiene una puntuación REBA de 6 que se traduce en un nivel de riesgo Medio con un nivel de actuación 2 la cual es necesario la actuación.

**Tabla 15-4. Puntuación REBA**



Fuente: Autor

**4.7.6 Levantamiento de cargas.** Debido a la implementación de la banda transportadora la cual consta con de una altura 1.58 m sobre el nivel de la zona de carga de una camioneta con esto se limita al levantamiento de la carga, en caso de no haber un medio de transporte se coloca el saco verticalmente, con un llenado completo y rápido.



**Figura 30-4.** Llenado completo



Fuente: Autor

#### 4.7.7 Arrastre de la carga

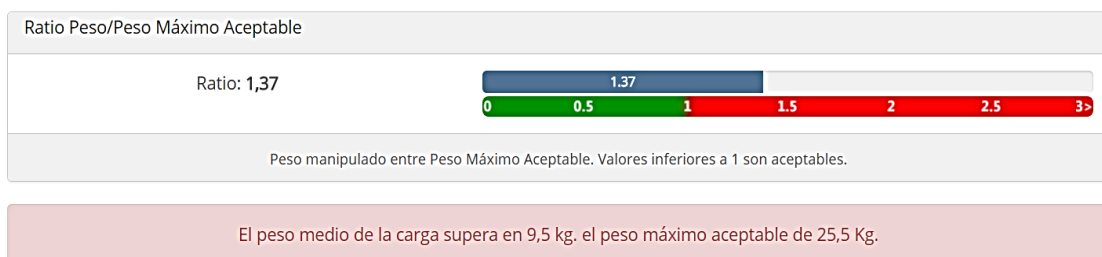
**Figura 31-4.** Para el arrastre de la carga Empuje de carga



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Aquí se ingresa datos de sexo como masculino, con un manipulación no adecuada, la frecuencia a 12 levantamientos por hora, debido al aumento de la banda transportadora al trasladar el saco de yute la manipulación de la carga es alejada del cuerpo en una altura de 30 cm del piso la ubicación lateral está a una distancia de 1m.

**Tabla 16-4.** Valoración de Riesgo



Fuente: Autor

El ratio obtenido es de 1.37 el valor aceptable es de 1, en comparación con la evaluación inicial, este muestra una disminución en el peso máximo aceptable.

#### 4.8 Evaluación del levantamiento de carga ecuación INSHT

Se inicia con la introducción relativa a la forma en la que se manipula la carga, en esto se tiene datos generales con la que se detalla:

- Postura de levantamiento, que se divide en de pie y sentado.
- Peso de la carga manipulada, para la evaluación se selecciona un peso aproximado de 35kg.
- La duración de la tarea 8 horas lo que equivale a la jornada laboral.
- Tiempo de descanso equivale a un promedio de 40 a 60 minutos.
- La distancia de transporte es menor a 10 metros.

**Tabla 17-4. Datos generales**

Datos generales	
Postura de levantamiento	<input checked="" type="radio"/> De pie <input type="radio"/> Sentado
(*) Ten en cuenta que en cualquier caso es conveniente que la manipulación de carga se realice de pie.	
Peso de la carga manipulada	35 kg
Duración de la tarea	4 h
(*) Tiempo total en horas en el que el trabajador desarrolla la tarea incluidos los descansos. No se trata de la duración de la manipulación, sino de la tarea completa en la que se manipulan cargas.	
Tiempo de descanso	60 min
(*) Tiempo de descanso en minutos durante la tarea.	
Distancia de transporte	<input checked="" type="radio"/> Hasta 10 metros. <input type="radio"/> Mas de 10 metros.
(*) Distancia que la carga es transportada por el trabajador.	

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La posición de levantamiento muestra las zonas en las que se realiza el levantamiento aquí se detalla nuestra situación actual con lo que se tiene debajo del codo y cerca del cuerpo:

**Figura 32-4. Posición del levantamiento**



Fuente: (Diego-Mas, 2015)

A continuación se detalla los factores de corrección entre los que esta:

- Duración de la manipulación que va desde menos de una hora al día hasta dos y ocho horas al día, para la evaluación se selecciona menos de 1 hora al día.
- La frecuencia de la manipulación es de 1 vez cada cinco minutos.
- El desplazamiento vertical es de hasta 50cm.
- El giro del tronco es poco girado (hasta treinta grados)

**Figura 33-4. Giro del tronco**



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

Finalmente la calidad de agarre se considera regular.



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

A continuación se selecciona las condiciones ergonómicas del puesto con lo que se tiene:

- El trabajador ejerce fuerzas de empuje o tracción elevada el tamaño de la carga supera los 60x50x60 centímetros.
- El espacio disponible para el levantamiento es limitado.

**Tabla 18-4. Valoración del riesgo Guía INSHT**

RIESGO TOLERABLE
(*) El resultado indica sí, dadas las condiciones de levantamiento, el peso real manejado se encuentra dentro de los límites considerados como aceptables. El peso de la carga se encuentra dentro de los límites aceptables de levantamiento. Todos los factores de análisis o corrección cumplen con las condiciones recomendadas de levantamiento. La carga acumulada transportada diariamente no supera los 10.000 Kg. por día (turno de 8 horas) para distancias de hasta 10 m.

Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

La valoración indica un valor de riesgo es Tolerable por lo que no produce riesgos al trabajador.

#### **4.9 Análisis comparativo de posturas**

Para determinar la mejora de la implementación de la banda transportadora se analiza las posturas iniciales y las posturas actuales de los trabajadores con lo que se tiene:

**4.9.1 Posición del cuello.** Para la posición del cuello adoptada en la evaluación inicial indica un valor de 35 grados, una vez implementado la banda transportadora es de 23 grados lo cual es una disminución considerable lo cual reduce las afectaciones en esa área.

**Figura 35-4.** Posición del cuello inicial y actual



Fuente: Autor

**4.9.2** *Posición del tronco.* Pevio a la implementación, el trabajador debía adoptar una postura inadecuada forzando la zona lumbar considerablemente a unos 52 grados, actualmente la posición adoptada del trabajador es erguida por lo que se reduce los grados de inclinación.

**Figura 36-4.** Posición del tronco



Fuente: Autor

**4.9.3** *Posición de las piernas.* La posición de las piernas al iniciar la evaluación tenían una flexión de 30 grados actualmente la posición de las piernas están apoyadas de manera bilateral completamente.

**Figura 37-4.** Posición de las piernas



Fuente: Autor



**4.9.4** *Posición del brazo.* La posición el brazo inicialmente está a un ángulo de 91, grados actualmente se observa un ángulo de 55 grados con respecto a la posición del tronco como se observa en la siguiente figura.

**Figura 38-4.** Comparación de la Posición del brazo



Fuente: Autor

**4.9.5** *Posición del antebrazo.* El antebrazo en la evaluación inicial es de 33 grados actualmente se ve una disminución a un ángulo de 25 grados.

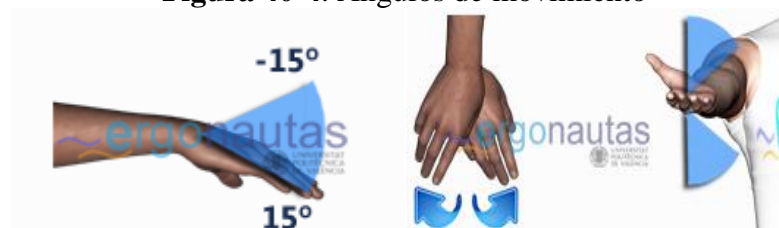
**Figura 39-4.** Comparación de los antebrazos



Fuente: Autor

**4.9.6** *Posición de la muñeca.* Debido a la actividad laboral la posición de las muñecas generan movimientos de torsión y desviación radial y cubital.

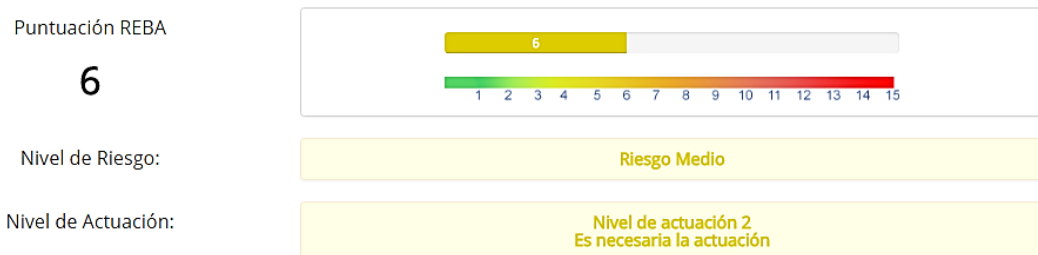
**Figura 40-4.** Ángulos de movimiento



Fuente: (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015)

**4.9.7 Puntuación.** La puntuación Reba inicial indica un nivel de riesgo muy alto comparado con la evaluación posterior la cual se divisa una puntuación Reba 6, el nivel de actuación pretende seguir generando soluciones en el área de secado.

**Tabla 19-4.** Comparación de la puntuación Reba



Fuente: Autor

Actualmente el trabajador se ubica de manera erguida con lo que se mejora la distribución del peso de la persona en sus piernas en conjunto apoyada, generando menor impacto en el levantamiento de cargas y de igual manera en la carga postural. Como resultado se obtiene una disminución de riesgos como dolores de espalda, articulaciones, cuello y hombros.

**Figura 41-4.** Posición de trabajo



Fuente: Autor

Con la implementación de la banda se realiza la evaluación ergonómica, con el método reba a los trabajadores que realizan esta actividad con lo que se tiene, una disminución en los riesgos ergonómicos.

**Tabla 20-4.** Evaluación de riesgos

Trabajadores	Frecuencia	Puntuación REBA	Nivel de riesgo
Trabajador 1	Medio	6	Medio
Trabajador 2	Medio	6	Medio
Trabajador 3	Medio	6	Medio
Trabajador 4	Medio	6	Medio

Fuente: Autor

#### **4.10 Manual de usuario y mantenimiento**

El presente manual tiene como objetivo presentar de manera fácil y sencilla las características de la banda transportadora, así como cada uno de sus componentes sin dejar de lado la seguridad del operador y en el ambiente laboral. Los consejos dedicados al mantenimiento le permitirán extender la vida útil de la máquina.

Esta máquina sólo debe ser manejada, mantenida o reparada por personas que estén al tanto de las peculiaridades y los riesgos que ello implica y que se hayan familiarizado con las normas de seguridad. El manual consta de las siguientes partes:

- Introducción
- Requisitos del operario
- Seguridad de la máquina
- Normas generales de seguridad
- Uso de la máquina. Funcionamiento
- Limpieza Mantenimiento

**4.10.1** *Especificaciones técnicas y tolerancias.* Esta máquina sirve únicamente para transportar granos secos de cacao automáticamente.

Esta máquina sólo se puede usar dentro de los límites de especificaciones y tolerancias indicados en el pedido, dibujos de montaje y en este manual de instrucciones.



Esta máquina es únicamente para granos secos de cacao. Para poder garantizar el buen funcionamiento de esta máquina, sólo se pueden usar productos con las especificaciones y tolerancias para las cuales se realizó la selección de la banda.

No utilice esta máquina para otros fines que no sean los que se estableció inicialmente. Esto puede causar daños y peligro para el operario y su entorno.

**4.10.2** *Seguridad.* La máquina se ha construido según las últimas técnicas y la normativa técnica de seguridad reconocida más reciente. A pesar de esto, y cuando la máquina esté operativa, esta puede suponer un riesgo físico para el usuario y terceros. También puede causar daños a la máquina y a otros productos.

#### **4.10.3** *Normativa*

1. Únicamente personal cualificado puede realizar tareas de operación y mantenimiento de esta máquina y siempre cumpliendo las advertencias de la máquina y cumpliendo las disposiciones del manual de usuario. Cuando la esté usando mantenga a los niños y a otro personal (no cualificado) alejado de la máquina.

2. Esta máquina es únicamente apta según las condiciones de proceso y entorno tal y como se especifican en la sección «Especificaciones técnicas y tolerancias» de este manual.

3. Queda prohibido modificar esta máquina sin previa autorización

4. Los interruptores de los fusibles térmicos no se pueden usar nunca para encender o apagar la máquina.

5. Esta máquina se debe instalar de tal forma que haya suficiente espacio de servicio para poder dar instrucciones de forma segura y/o realizar tareas de mantenimiento y/o inspección.

6. Mantenga el entorno de trabajo limpio y bien iluminado. Un entorno de trabajo desordenado y con poca luz puede provocar accidentes.











7. Esta máquina no es apta para usarse al aire libre. Todos los componentes eléctricos están protegidos al goteo. Mantenga esta máquina alejada de la lluvia y la humedad. Si no se puede evitar el uso de la máquina en un espacio húmedo, tiene que usar un contacto de tierra.
8. Mantenga las manos, el pelo, ropa y joyas sueltas alejadas de las piezas móviles de la máquina. Lleve ropa apropiada que no tenga partes sueltas. Lleve zapatos de trabajo con suela antideslizante.
9. Siempre que la máquina esté en funcionamiento, no se puede retirar ninguna conexión o sistema de seguridad. Utilice la máquina exclusivamente si todas las medidas de protección y sistemas de seguridad están instalados y activados.
10. No se suba sobre la máquina cuando esté en funcionamiento.
11. No desplace nunca la máquina si el cable de corriente y/o entrada del sistema están todavía conectados.
12. Hay que cumplir con los plazos de controles y mantenimiento periódicos estipulados o indicados en el manual de instrucciones.
13. Únicamente personal cualificado y profesional puede realizar tareas de mantenimiento y reparación
14. Como complemento del manual de instrucciones se tienen que cumplir con la normativa y legislación general vigente sobre prevención de accidentes y protección del medio ambiente. Aquí se incluyen, por ejemplo, la normativa sobre el uso de equipos de protección personal.
15. Informe al respecto a los operarios antes de empezar con la realización de las tareas de mantenimiento. Antes de inspeccionar o realizar tareas de mantenimiento en la máquina, desenchúfela de la red, apagando y bloqueando el interruptor principal y retirando el enchufe de la pared.

a. Si hay que realizar tareas con la máquina encendida, cuente siempre con una persona que pueda accionar la parada de emergencia.

16. Si una pieza de la máquina estuviera dañada o no funcionara de la forma indicada, hay que interrumpir inmediatamente el trabajo. Se puede volver a trabajar, cuando se haya reparado la pieza o se haya sustituido y controlado.

#### 4.10.4 Explicación de pictogramas y símbolos

**Tabla 21-4. Señaletica**

Pictograma	Significado
	Lea y comprenda este manual antes de poner en funcionamiento la máquina y/o realizar tareas de funcionamiento.
	Desenchufe la máquina.
	Durante todas las tareas alrededor y en esta máquina, lleve siempre calzado y gafas de seguridad.
	Durante las tareas de limpieza y mantenimiento en esta máquina, lleve también guantes y ropa de protección.
	Advertencia. Los puntos de atención importantes y/o instrucciones sobre seguridad y/o prevención de daños se caracterizan por estos símbolos de advertencia.
	Tensión eléctrica peligrosa. Aquí hay tensión eléctrica.
	Riesgo de quedarse atrapado. Peligro de piezas móviles o rotatorias.
	Prohibido acercarse a las partes móviles de la máquina con ropa suelta, pelo largo y/o joyas.
	Prohibido el acceso.
	No enjuagar la caja de control. Peligro de humedad en la caja de control si se enjuaga con agua.

Fuente: (DISTRITO, 2017)

4.10.5 *Funcionamiento.* Esta máquina sirve únicamente para transportar granos secos de cacao.

4.10.6 *Piezas de control.* El motor se opera por medio de un mando de control. La caja de control cuenta únicamente con la función de encendido y apagado de la cinta. El mando de control cuenta con botones de parada de emergencia y marcha.

4.10.7 *Transporte.* Cumpla con toda la normativa tal y como se describe en este manual y en especial el apartado sobre seguridad.

Antes de desplazar la máquina hay que desenchufarla de la corriente y desconectarla del sistema neumático.

Procure que los cables estén bien recogidos. Cuando se desplace dentro de la empresa (si la máquina no se tiene que levantar) hay que controlar cómo está la máquina.

Procure que el camino a recorrer no tenga obstáculos para que la máquina se pueda colocar en la posición deseada. Si hubiera que levantar la máquina para su desplazamiento (fuera de uso).

La humedad relativa no puede ser demasiado alta de forma que se pueda formar condensación en la máquina. En caso de daños durante o poco después de la entrega.

Tome todas las medidas necesarias para evitar más daños.

**4.10.8** *Montaje, instalación y puesta en funcionamiento.* La máquina se debe colocar sobre una superficie plana, con suficiente capacidad de carga. Instale la máquina de tal forma que haya suficiente espacio de servicio para poder dar instrucciones de forma segura y/o realizar tareas de mantenimiento y/o inspección.

Esta máquina no es apta para su uso al aire libre. Los componentes eléctricos están únicamente protegidos del goteo. Mantenga esta máquina alejada de la lluvia y la humedad. Si no se puede evitar el uso de la máquina en un espacio húmedo, tiene que usar un contacto de tierra.

**4.10.9** *Montaje / conexión.* Dependiendo del caso, las piezas entregadas se tienen que montar en la máquina. Procure que las piezas móviles puedan moverse libremente. Cuando la máquina esté completa, (una persona cualificada) puede conectarla a la corriente enchufándola.

**4.10.10** *Comprobar la dirección de giro.* Antes de poner la máquina en funcionamiento por primera vez, compruebe la dirección de giro.

Procedimiento:

1. Conecte el cable eléctrico.
2. Arranque la cinta transportadora.
  - a. Encienda el interruptor principal.
3. Compruebe la dirección de giro.
4. Detenga la máquina.
5. Apague el interruptor principal.
6. En caso de que haya un error en la dirección de rotación:
  - a. Desenchúfelo de la toma de corriente.
  - b. Abra el enchufe e intercambie 2 de los trifásicos. Esta operación únicamente la puede realizar personal suficientemente cualificado.

#### **4.10.11** *Comprobar tensión de la cinta transportadora*

Procedimiento:

Compruebe la tensión de la cinta transportadora. La cinta tendrá la tensión correcta si se arquea un poco por el centro, dependiendo del largo de la cinta.

Si hiciera falta, ajuste la tensión de la cinta. a. Se puede ajustar la tensión girando al mismo tiempo las tuercas a ambos lados de la cinta transportadora

#### **4.10.12** *Parada*

Procedimiento de parada:

Apague el interruptor principal.

#### 4.10.13 Parada de emergencia

Procedimiento de parada de emergencia:

1. Pulse en el botón rojo de parada de emergencia para activar la parada de emergencia.
2. Procedimiento de reinicio después de parada de emergencia:

Procure que se haya solucionado lo que provocó la parada de emergencia.

1. Tire del botón rojo para resetear la parada de emergencia.
2. Pulse en el pulsador verde en el panel de control para arrancar la máquina.

**4.10.14 Mantenimiento preventivo.** Para las siguientes instrucciones de mantenimiento se ha partido de la base de un uso normal de la máquina. En el caso de uso intensivo o en condiciones extremas, hay que realizar las tareas de mantenimiento con más frecuencia.

**Tabla 22-4. Mantenieminto preventivo**

Pieza	1x cada...	Observaciones
Máquina	Día	Después de cada uso, rociar con aire para evitar que la cinta se atasque.
Cintas	Día	Comprobar la tensión Ver sección «Montaje, instalación y puesta en funcionamiento».
Componentes de seguridad	Semana	Compruebe el circuito de seguridad. Ver sección «Comprobar circuito de seguridad».
Instalación eléctrica	Año	Compruebe si algo está dañado
Motores eléctricos	Año	Quitarle el polvo

Fuente: (DISTRITO, 2017)

#### 4.10.15 Consideraciones para el correcto funcionamiento del sistema.

Limpiar e identificar las conexiones, tanto en la caja de control y botonera.


Verificar los cables si no se encuentran deteriorados para su pronto cambio.

Verificar que el sistema se encuentra energizado, identificando la luz verde si se enciende o a la vez con un multímetro

Verificar los acoples físicos que en encuentren debidamente ajustados y empotrados.

Verificar tenciones y estado de banda de transmisión de movimiento.

**Tabla 23-4.** Check List

	REVISIÓN / MANTENIMIENTO				
	Listado	OK	Revisar [días]	Mantenimiento [días]	Nota
Motor			30	60	
Caja reductora de velocidad			30	60	
Banda de transmicion			30	60	
Poleas			30	60	
Caja de control			15	30	
Botonera de accionameinto			15	30	
Cinta transportadora			15	30	
Cangilones			15	30	
Rodillos			90	180	
Chumaceras			90	180	

Fuente: Autores

#### 4.11 Presupuesto

Para la implementación de la propuesta tecnológica se consideraron las mejores ofertas de los dispositivos a instalar, sin dejar de lado la calidad, eficiencia y tecnología. Los costos directos corresponden a los elementos que influyen directamente en la instalación, y los costos indirectos a los asignados a materiales y recursos secundarios.

##### 4.11.1 Costos directos

**Tabla 24-4.** Costos directos

Ítem	Denominación	Unidad	Precio [USD]
1	Chumacera de pared	4	80,00
2	Rodillos	1	25,00
3	Tensores	1	8,00
4	Motor ½ hp 1740 rpm	1	180,00
5	Caja reductora 50:1	1	155,00
6	Poleas de 3" de diámetro	1	15,00

**Tabla 24-4. (Continua) Costos directos**

7	Banda tipo A	1	25,00
8	Cangilones de poliuretano	1	4,50
9	Alambre	3	12,00
10	Banda	10 m	10,00
11	Contactador de 8ª	1	60,00
12	Porta fusible	1	75,00
13	Fusibles de 8ª	1	80,00
14	Luces piloto	2	4,00
15	Swich de activación con llave	1	6,00
16	Pulsador NONC	1	3,00
17	Pulsador NC tipo hongo	1	3,00
18	Cable 14 x 4	6	18,00
Total			763,50

Fuente: Autores

**4.11.2 Costos indirectos****Tabla 25-4. Costos indirectos**

Ítem	Denominación	Precio [USD]
1	Materiales	250,00
2	Imprevistos	150,00
3	Transporte de maquinaria	250,00
Total		650,00

Fuente: Autor

**4.11.3 Costos totales****Tabla 26-4. Costos totales**

Ítem	Denominación	Precio [USD]
1	Costos directos totales	763,50
2	Costos indirectos totales	650,00
Total		1413,50

Fuente: Autor



## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Se analizó las diferentes áreas en el proceso de cosecha de cacao con lo cual se divisa problemas lumbares y musculo esqueléticos en el área de secado.

Se identificó los riesgos ergonómicos en el área de secado de cacao en el cual se evidenció riesgos como: carga postural con una puntuación Reba de 14 debido a las posiciones adoptadas durante la jornada laboral, dando como resultado un nivel de riesgo Muy alto, en cuanto al levantamiento de cargas la valoración del riesgo es no tolerable con un Ratio de 2,56 que se traduce una consideración de No aceptable lo que implica acciones inmediatas para su corrección.

Para el transporte del grano se seleccionó una cinta transportadora de dos capas de poliéster con revestimiento de PVC y espesor de 3 mm para la adecuada sujeción del elemento de carga denominado cangilon de 300x85mm, dichos elementos fueron empotrados en una estructura metálica que cuenta con un factor de seguridad de 1,1 y un motor de ½ hp para dar movimiento a la misma.

Se implementó la banda transportadora en el área de secado por lo que se mejora la distribución uniforme del grano que cae por gravedad en el área de carga de la banda que facilita la recolección y transporte del grano a una altura adecuada corrigiendo la postura del trabajador, al disminuir la carga postural.

Se evaluaron los riesgos ergonómicos presentes en el área de secado una vez implementada la banda transportadora con lo cual se evidencia una reducción del nivel de riesgo para carga posturales de una puntuación Reba de 14 a una puntuación de 6 considerado como un riesgo aceptable, con lo que se interpreta un nivel de riesgo bajo para el trabajador.

## **5.2 Recomendaciones**

Se debe mejorar continuamente los procesos de producción elaborando un estudio de reingeniería para mejorar las distribuciones de la planta de proceso de APROCAI

Se debe seleccionar el método de evaluación más idóneo para la correcta evaluación al trabajador en el puesto de trabajo para obtener mayor confiabilidad en los resultados.

Se alienta a capacitar a los nuevos trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos, mediante el uso de elementos audiovisuales que ayuden a la captación rápida y eficiente de la información referente a los riesgos presentes en la empresa APROCAI.

Se debe tomar en cuenta el manual de mantenimiento preventivo y las recomendaciones de utilización de la banda transportadora para sobre guardar los elementos y aplazar el tiempo de vida útil de la misma.

Para el reemplazo de elementos o piezas de la banda transportadora se deben tomar en cuenta la calidad del mismo, para conservar el funcionamiento idóneo o mejorado de la misma, ya que si se reemplaza con piezas de baja calidad pierde fiabilidad la maquina.

## BIBLIOGRAFÍA

**ANECACAO.** *Historia del cacao.* [En línea] Colombia, 2015. [Consulta: 15 de Mayo de 2017.] Disponible en: <http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>.

**APROCAI.** *Reseña de la empresa.* Ecuador-Cumanda. 1996.

**DIEGO-MAS, Jose Antonio.** *Ergonautas.* [En línea] España, 2015. [Consulta: 14 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>.

**DIEGO-MAS, Jose Antonio.** *Evaluación postural mediante el método OWAS.* [En línea] España, 2015. [Consulta: 14 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>.

**DIEGO-MAS, Jose Antonio.** *Evaluación postural mediante el método RULA.* [En línea] España, 2015. [Consulta: 14 de Febrero de 2017.] Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>.

**DIEGO-MAS, Jose Antonio.** *Evaluación postural rápida.* [En línea] España, 2015. [Consulta: 14 de Febrero de 2017.] Disponible en: [http://www.ergonautas.upv.es/metodos/evaluación\\_postural\\_rapida/evaluación\\_postural\\_rapida-ayuda.php](http://www.ergonautas.upv.es/metodos/evaluación_postural_rapida/evaluación_postural_rapida-ayuda.php).

**SECRETARÍA FEDERAL DE SALUD DEL DISTRITO.** *No a la obesidad.* [En línea] Mexico, 2017. [Consulta: 14 de Abril de 2017.] Disponible en: <http://www.salud.df.gob.mx/>.

**ERGONAUTAS.** *Metodo EPR.* [En línea] España, 2006. [Consulta: 12 de abril de 2017.] Disponible en: [http://www.ergonautas.upv.es/metodos/epr/epr\\_online.php](http://www.ergonautas.upv.es/metodos/epr/epr_online.php).

**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ERGONOMIA.** *Métodos de evaluaciones ergonómicas.* [En línea] España, 2017. [Consulta: 12 de 05 de 2017.] Disponible en: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>.

**LA HORA.** *Instituto de promoción de exportaciones e importaciones.* [En línea] Ecuador, 2014. [Consulta: 26 de Marzo de 2017.] Disponible en :

<http://www.proecuador.gob.ec/2014/04/21/la-produccion-del-cacao-mejora-con-el-mantenimiento-y-los-procesos-post-cosecha/>.

**MARTINSPROCKET.** *Manejo de materiales a granel.* [En línea] Ecuador, 2016 [Consulta: 12 de 1 de 2017.] Disponible en: [http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-screw-conveyor/manejo-de-materiales-a-granel-\(bulk-material-handling\).pdf?sfvrsn=9](http://www.martinsprocket.com/docs/default-source/catalog-screw-conveyor/manejo-de-materiales-a-granel-(bulk-material-handling).pdf?sfvrsn=9).

**QuimiNet.** *Uso industriale bandas transportadoras.* [En línea] Ecuador, 2012. [Consulta: 26 de Febrero de 2017.] Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/las-bandas-transportadoras-y-su-uso-en-la-industria-3346215.htm>.

**AGROPECUARIOS.** *Proceso del cultivo de cacao a la cosecha.* [En línea] Colombia, 2013. [Consulta: 1 de mayo de 2017.] Disponible en: <http://agropecuarios.net/procesos-del-cultivo-de-cacao-a-la-cosecha.html>.

