

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

“DISEÑO DE ZARANDA SEPARADORA PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DE SELECCIÓN DE MAÍZ EN LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA-2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Autor:

Joel Victor Sal y Rosas Benites

Asesor:

Ing. Jorge Contreras Cossío

Lima - Perú

2019



ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Jorge Contreras Cossío , docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA MECATRÓNICA, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- SAL Y ROSAS BENITES, JOEL VICTOR

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: DISEÑO DE ZARANDA SEPARADORA PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DE SELECCIÓN DE MAÍZ EN LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA-2019 para aspirar al título profesional de: **INGENIERO MECATRÓNICO** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Jorge Contreras Cossío
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: **Joel Víctor Sal y Rosas Benites** para aspirar al título profesional con la tesis denominada: DISEÑO DE ZARANDA SEPARADORA PARA INCREMENTAR LA CALIDAD DE SELECCIÓN DE MAIZ EN LAS PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTO BALANCEADO EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA-2019

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

DR. Ing. NÉSTOR BERNARDO
CORPUS VERGARA

Jurado
Presidente

ING. FERNANDO ANTONIO
HOYOS RIVAS

Jurado

ING. MIGUEL ALFREDO LEVANO
STELLA

Jurado

DEDICATORIA

Dedíco este trabajo a mi familia,
que me ha brindado la fuerza
necesaria para seguir adelante en
todo momento; asimismo, a todas
las personas que me fortalecieron
con su apoyo incondicional y me
permitieron mejorar como
persona y como profesional.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por el bienestar del día a día.

A mis padres que han formado mis raíces solidas.

A mi familia que es constantemente mi motivación.

A mis docentes por ser el camino y la guía que me han conducido a cumplir mis metas.

Y finalmente a mis amigos con los cuales he compartido triunfos y derrotas llevandonos así las mejores enseñanzas de vida.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| ACTA DE AUTORIZACION PARA SUSTENTACION DE TESIS | 2 |
| ACTA DE APROBACION DE LA TESIS | 3 |
| DEDICATORIA | 4 |
| AGRADECIMIENTO | 5 |
| TABLA DE CONTENIDOS | 7 |
| INDICE DE TABLAS | 8 |
| INDICE DE FIGURAS | 9 |
| RESUMEN | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| CAPITULO I: INTRODUCCION | 14 |
| 1.1 Realidad Problemática | 15 |
| 1.2 Formulación del Problema | 19 |
| 1.3 Justificación | 20 |
| 1.4 Objetivos | 22 |
| 1.5 Antecedentes Nacional | 23 |
| 1.5.1 Antecedente Internacional | 26 |
| 1.6 Hipótesis | 32 |

| | |
|--|------------|
| CAPITULO II: METODOLOGIA | 34 |
| 2.1 Operacionalización de las variables | 34 |
| 2.2 Materiales, instrumentos y métodos | 37 |
| CAPITULO III: RESULTADOS | 81 |
| 3.1 Contrastación de hipótesis | 81 |
| 3.2 Análisis e interpretación | 90 |
| CAPITULO IV: DISCUSION Y CONCLUSIONES | 94 |
| 4.1 Discusión | 94 |
| 4.2 Conclusiones | 96 |
| REFERENCIAS | 98 |
| ANEXOS | 101 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1: Variable 1</i> | 35 |
| <i>Tabla 2: Variable 2</i> | 36 |
| <i>Tabla 3: Instrumentos utilizados</i> | 37 |
| <i>Tabla 4: Cotización de materiales</i> | 37 |
| <i>Tabla 5: Costo de materiales eléctricos</i> | 38 |
| <i>Tabla 6: Costo de materiales electrónicos de control</i> | 39 |
| <i>Tabla 7: Costo de sueldo de los trabajadores</i> | 39 |
| <i>Tabla 8: GANTT del proyecto zaranda separadora</i> | 40 |
| <i>Tabla 9: Análisis de fiabilidad usando software de SPSS</i> | 43 |
| <i>Tabla 10: Resultados de análisis fiabilidad usando software de SPSS</i> | 44 |
| <i>Tabla 11: Producción por hora</i> | 57 |
| <i>Tabla 12: Cálculo de peso de bandeja</i> | 59 |
| <i>Tabla 13: Tiempo de separación del producto</i> | 81 |
| <i>Tabla 14: Información en base al material usado en la estructura</i> | 83 |
| <i>Tabla 15: Resultados de simulación en software</i> | 84 |
| <i>Tabla 16: Resultado de pruebas con elección de velocidades</i> | 86 |
| <i>Tabla 12: Resultado de pruebas con variación del diámetro seleccionado</i> | 88 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Recepción de materia prima | 47 |
| Figura 2: Descarga de materia prima | 48 |
| Figura 3: Silos de almacenamiento..... | 49 |
| Figura 4: Extracción para el proceso | 49 |
| Figura 5: Cadena con paletas de arrastre | 50 |
| Figura 6: Elevadores de cangilones..... | 51 |
| Figura 7: Niveles superiores de planta..... | 51 |
| Figura 8: Zaranda actual..... | 52 |
| Figura 9: Seguimiento del proceso..... | 53 |
| Figura 10: Aplicación de insumos en mezclador..... | 53 |
| Figura 11: Sala de prensas | 54 |
| Figura 12: Zaranda con eje excéntrico tipo rotex..... | 54 |
| Figura 13: Ensaque del producto..... | 55 |
| Figura 14: Almacenaje del producto..... | 55 |
| Figura 15: Despacho hacia las granjas..... | 56 |
| Figura 16: Respuesta de estabilidad del sistema..... | 62 |
| Figura 17: Modelado de zaranda..... | 63 |
| Figura 18: Modelado de eje base de motovibrador..... | 64 |
| Figura 19: Modelado del resorte | 64 |
| Figura 20: Modelado de base fija..... | 65 |

| | |
|--|----|
| Figura 21: Librería de vigas prediseñadas de Inventor..... | 66 |
| Figura 22: Modelado de planchas perforadas..... | 67 |
| Figura 23: Modelado de zaranda..... | 68 |
| Figura 24: Análisis de esfuerzos en las juntas de la estructura | 69 |
| Figura 25: Aplicación de cargas sobre estructuras..... | 70 |
| Figura 26: Aplicación de cargas sobre estructuras | 71 |
| Figura 27: simulación del comportamiento de la estructura con carga aplicada..... | 71 |
| Figura 28: Planos de conexión eléctrica..... | 72 |
| Figura 29: Dimensionamiento de masa a desplazar..... | 73 |
| Figura 30: Cilindro neumático | 73 |
| Figura 31: Diagrama de conexión neumática | 74 |
| Figura 32: Cilindro neumático | 75 |
| Figura 33: Electroválvula 5/3 biestable..... | 75 |
| Figura 34: Hardware usado | 76 |
| Figura 35: Comunicación PLC-Variador..... | 77 |
| Figura 36: Entorno TwidoSuite..... | 78 |
| Figura 37: Programación de PLC lenguaje LIST..... | 79 |
| Figura 38: PLC y pantalla HMI..... | 80 |
| Figura 39: Analisis de stress sobre estructura con carga estática | 82 |
| Figura 40: Analisis de stress, aplicando carga de 0,01 Mpa..... | 83 |
| Figura 41: Relación entre frecuencia simulada y velocidad obtenida en prototipo..... | 87 |
| Figura 42: Relación entre frecuencia simulada yvibración obtenida en prototipo..... | 87 |
| Figura 43: Relación entre frecuencia simulada y vibración obtenida en con repercusión..... | 88 |
| Figura 44: Paquete de sensores ópticos y vibratoriales usados..... | 89 |

| | | | | |
|---|-----|----------|-----------|----|
| Figura | 32: | Cilindro | neumático | |
| | | | | 75 |
| Figura 33: Electroválvula 5/3 biestable..... | | | | 75 |
| Figura 34: Hardware usado | | | | 76 |
| Figura 35: Comunicación PLC-Variador..... | | | | 77 |
| Figura 36: Entorno TwidoSuite..... | | | | 78 |
| Figura 37: Programación de PLC lenguaje LIST..... | | | | 79 |
| Figura 38: PLC y pantalla HMI..... | | | | 80 |
| Figura 39: Analisis de stress sobre estructura con carga estática ... | | | | |

RESUMEN

El presente estudio trata del diseño de una zaranda separadora regulable, la cual tiene propiedades que ayudan a agilizar el proceso de selección del maíz, convirtiendo en un proceso flexible la selección de materia prima, con este equipo se podrá elegir la granulometría deseada del producto de una manera fácil y rápida, haciendo uso de equipos eléctricos y electrónicos, controlado mediante un PLC con una interfaz gráfica, mediante programación, el aspecto mecánico común de una zaranda vibratoria sumado al control de movimiento de las mallas perforadas superpuestas logran la variación del diámetro de selección del maíz, además del control de velocidad de los motovibradores que tendrán un efecto en la fuerza ejercida sobre la bandeja móvil, la cual determina la cantidad de polvo extraído por el equipo. Son importantes los cálculos de resistencia del equipo, así como del comportamiento del sistema para predecir la estabilidad del mismo, para esto el modelamiento matemático del sistema masa-resorte se ajusta al análisis de la zaranda. La simulación de esfuerzos se realiza la ayuda del software Inventor 2016. La interacción de la parte eléctrica, electrónica y mecánica vuelve a este sistema mecatrónico interesante y útil, aplicable a una necesidad real.

Palabras Clave: Zaranda, variable, PLC, control, granulometría, vibración.

ABSTRACT

The present study deals with the design of an adjustable separating sieve, which has properties that help to speed up the maize selection process, making the selection of raw material a flexible process. With this equipment, the desired granulometry of the product of an easy and fast way, using electrical and electronic equipment, controlled by a PLC with a graphical interface, by programming, the common mechanical aspect of a vibrating shaker added to the movement control of the superimposed perforated meshes achieve the variation of the diameter of selection of maize, in addition to speed control of the vibrators that will have an effect on the force exerted on the moving tray, which determines the amount of dust extracted by the equipment. The calculations of resistance of the equipment are important, as well as of the behavior of the system to predict the stability of the same, for this the mathematical modeling of the system mass-spring is adjusted to

the analysis of the squeegee. Simulation of efforts is done using the software Inventor 2016. The interaction of the electrical, electronic and mechanical part makes this mechatronic system interesting and useful, applicable to a real need.

Key words: Sieve, variable, PLC, control, particle size, vibration.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las empresas buscan optimizar sus procesos de producción implementando tecnología y modernizando sus equipos, las opciones de mejora dependen del tipo de proceso a realizarse, el desarrollo de este estudio trata respecto al diseño de un equipo capaz de adecuarse a la demanda variable de la producción, el campo en el cual este equipo trabaja es la industria alimentaria, la demanda de aves de corral como el pollo y la gallina obligan a reducir el tiempo de crianza del animal, pero sin perder las propiedades nutricionales y manteniendo el peso para su comercialización; para lograr esto es necesario brindar al animal, alimentos balanceados que agilicen su proceso de formación, además que garanticen la salud y buen estado del producto. Es en este punto donde los insumos para lograr obtener un buen alimento balanceado entran a tallar, la selección de materia prima como el maíz o la soya son importantes para lograr tener producto final de calidad.

El maíz es el principal insumo para la fabricación de un buen alimento balanceado, este insumo es variable en cuanto a calidad, dependiendo en muchas ocasiones de la procedencia de este, la cantidad de polvo, coronta, paja, impurezas y hasta el maíz partido, determinan la calidad final del producto, por lo cual la correcta selección del maíz juega un papel importante en el proceso. Teniendo en cuenta la variabilidad de productos producidos, refiriéndose a alimentos balanceados con diferentes características para cada etapa en la vida del animal, es necesario diseñar una máquina que se adapte al requerimiento del proceso de producción, garantizando la calidad de producto deseada.

1.1. Realidad problemática

A nivel mundial, el sector industrial se desarrolla constantemente, implementado tecnología y transformando procesos con nuevos sistemas que agilizan cada vez más los procesos de producción, estos avances implican innovación y creatividad para lograr crear soluciones para los nuevos problemas o necesidades que aparecen a los largo del tiempo. La industria genera desarrollo, y avance en las comunidades, en muchos casos intenta satisfacer las necesidades de la población, brindándole mejores productos de calidad.

“La calidad está definida como el conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor” (RAE, 2017). Para lograr obtener dicha calidad, los procesos de producción deben ser controlados al mínimo detalle, con la consigna de que el producto final cumpla con las características ofrecidas por el fabricante.

En los distintos rubros del sector industrial, el producto terminado pasa por muchos controles de calidad, cada control tiene una característica propia y es de acuerdo al tipo de producto fabricado, pero es en la industria alimenticia donde los controles de calidad son más rigurosos.

La alimentación, es necesidad primordial en la población mundial, la demanda en este sector es muy grande, los productos que consumimos todos los días, implican una mejora continua en los procesos, a fin de poder abastecer la demanda ; La importancia de abastecer productos como: carne , lácteos , pescados , harinas ,huevos , legumbres, frutas, etc. son desde el inicio de los tiempos el eje que permite la existencia del ser humano, son los factores que priman como necesidad, estos alimentos nos brindan vitaminas y nutrientes para desarrollarnos; es por ello que el sector industrial en diversas partes del mundo apunta a invertir en procesos que permitan agilizar la producción de diversos productos alimenticios; en el caso de la pesca la materia prima, el pez abunda en el litoral, aun así se crean y construyen estanques de crianza de algunas especies; en el sector agrícola se invierte en mejorar los sistemas de cultivo y riego para mejorar las cosechas; en el sector ganadero la crianza de animales de corral es la más impactante, a nivel nacional el consumo de carne de pollo es la más notable, haciendo un análisis del ciclo de vida normal de un pollo notaríamos que sería casi imposible poder abastecer la cantidad demandada por el mercado, entonces en el afán de acelerar la producción de este animal se optó en mejorar la calidad del alimento que consume, se crean así lo alimentos balanceados, orientados en tener fórmulas que optimicen el crecimiento y desarrollo de las aves, estas fórmulas también inmunizan y protegen la salud de los animales, dichas formulas son variables puesto que cada día el mercado es más exigente , a la vez también aparecen nuevas enfermedades que afectan la crianza de esta ave, por lo tanto la producción de alimentos balanceados debe ser rigurosa en cuanto a calidad. Dicha calidad depende mucho

de las fases del proceso de conformación del llamado pellet, que es el alimento enriquecido con vitaminas, grasas, carbohidratos y medicina inmunológica, los factores que determinan el control de la calidad del producto no solo pasan por la formula sino también en la elección de las materias primas con que este se fabrica.

En las plantas de procesamiento de alimento balanceado para aves se lleva a cabo esta mejora. Las formulaciones cambian cada cierto tiempo dependiendo del tipo de producto de acuerdo a la edad del animal y a la materia prima. El proceso de producción de los alimentos balanceados requieren el poder controlar las variables que se presentan en el transcurso de la producción, variables como humedad , temperatura , cantidad de vitamina, productos químicos que inmunizan a los animales, cantidad de polvo que ingresa , cantidad de maíz, etcétera. Así pues, es precisamente en la cantidad de polvo y maíz que ingresan en el proceso donde se presentan recurrentes problemas.

En muchos casos la materia prima (maíz) es importado de distintos países como Argentina, Bolivia, Estados Unidos, etc. Dependiendo de la procedencia de la materia prima, el maíz tiene una característica en cuanto a tamaño, cantidad de desecho (coronta y paja) y polvo.

Muchas empresas que se dedican al rubro de la producción de alimento balanceado para aves adquieren zarandas separadoras para obtener los resultados deseados, sin embargo, en algunos casos estos diseños no se ajustan a la variabilidad de la materia prima, no obtienen la cantidad de polvo deseada, debido a que la vibración y las cribas (mallas) son distintas en cada caso.

Las empresas dedicadas a la producción de pollo para el consumo humano existen este problema constantemente, en las plantas productoras de alimento balanceado como Avinka, San Fernando, etc. el proceso se torna lento e ineficaz debido a que las zarandas existentes limita la selección del grano a un solo tamaño determinado por la malla instalada, sin embargo el tipo de maíz que recibe tiene característica variable con relación al desecho que trae.

Para realizar el cambio de malla se detiene el proceso, esto implica pérdidas en producción además del personal operario que tiene que intervenir. Cada malla pesa un promedio de 30 kilogramos, lo cual hace que el esfuerzo que hacen los operarios sea sacrificado, esto podría causarles con el tiempo lesiones. Asimismo, otro tema es la cantidad de polvo que cada materia prima en porcentaje posee, este factor es determinado por la vibración que los motovibradores ejercen sobre la plataforma de cernido y el desbalance de sus contrapesas. Los motovibradores tienen arranque directo con lo cual es imposible controlar la velocidad de giro, además, de tener en el momento de arranque un torque elevado por el desbalance propio del motovibrador.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera se incrementaría la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019?

1.2.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuál es la situación actual de la selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019?

PE2: ¿Cómo serían los cálculos y el modelamiento matemático de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019?

PE3: ¿Cómo simularía el diseño del mecanismo de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019?

PE4: ¿Cómo sería el sistema de control eléctrico de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019?

PE5: ¿Cómo se programaría el control automático de la zaranda para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019?

1.3. Justificación

Justificación Académica

Es necesario abrir nuevos campos de investigación aplicada en la industria, mejorando diseños mediante el uso de dispositivos de control modernos. La tendencia educativa a nivel mundial implica la investigación como pilar del desarrollo, tomo en cuenta el deseo de superación personal como base para la lograr nuevos conocimientos que enriquezcan el conocimiento de las nuevas generaciones

Justificación Práctica

Es necesario mejorar el proceso de producción para así minimizar las pérdidas y generar mayores ingresos para la empresa. El fin de cada empresa es generar

ganancias y desarrollo para esto, el proceso de producción debe mejorar con el tiempo, optimizar significa mejorar y evolucionar

Justificación Valorativa:

La implementación de esta maquinaria, mejorada, sentará un precedente, el cual podrá ser masificado para el uso en distintas plantas con el mismo fin. La variante de esta máquina es aplicable a varios procesos de producción con el fin de seleccionar distintos tipos de materia prima, es aplicable a la industria alimentaria, minera, agrícola, etcétera.

Justificación Legal:

Tomando en cuenta la “Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo”, ley N° 27983, de la Constitución Política del Perú en cual destacan los principios de prevención, responsabilidad, protección, entre otros, se describe que las condiciones de trabajo deben propender que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

OG: Diseñar e implementar una zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en la plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

1.4.2. Objetivos específicos

OE1: Definir la situación actual de la selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

OE2: Realizar los cálculos y el modelamiento matemático de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

OE3: Simular el diseño del mecanismo de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

OE4: Diseñar el sistema eléctrico de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

OE5: Programar el control automático de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

1.5. Antecedentes Nacional

(Solano, C. y Diestra, N. 2013) en su tesis “*Mejoramiento de la calidad en alimentos balanceados pelletizados para aves, mediante el método de ruta de la calidad*”, para optar para el grado de ingeniero industrial, Universidad San Martín de Porres, manifiesta:

“El maíz tiene como característica principal ser una excelente fuente de energía, y es por esto que es un ingrediente mayor en nutrición animal. Pero, además de aportar energía, el maíz es fuente de proteínas, lípidos, pigmentos, vitaminas y minerales. La energía es el principal valor nutricional dentro del grano de maíz y tiene dos principales orígenes: el almidón y el aceite. El almidón tiene alta digestibilidad en aves (90 a 95%) y representa el 90% de la energía del maíz, mientras que el aceite contribuye con el restante 10%. La utilización de los carbohidratos tiene

como objetivo mantener las actividades metabólicas y el almacenamiento de energía en forma de glucógeno y grasas. Las grasas son utilizadas en las dietas de aves como fuente de energía y de ácidos grasos. El perfil de los ácidos grasos del aceite utilizado en las dietas de aves determina características importantes en la composición final de los productos para consumo humano”.

Bajo este concepto la cantidad de maíz usado en la elaboración del alimento balanceado supera el 60% en relación con otros componentes.

Este producto tiene diversas características como cantidad de polvo, desecho de coronta, maíz partido contaminado con hongos entre otras y varían en cantidades distintas en relación con su procedencia.

Con el objetivo de homogenizar la calidad del producto para realizar un solo proceso de limpieza y selección de esa materia prima, las empresas optan por incorporar equipos como zarandas separadoras.

Este estudio es un análisis de los principales insumos que se usan para la elaboración de alimentos balanceados para ave y se concluye que es el maíz y la soya los principales en la dieta del ave, siendo el maíz usado en mayor proporción por su alto valor nutricional, eso lo demuestran los diversos estudios de laboratorio realizados.

(López, C. 2013), nos dice, en el estudio de la tesis *“Evaluación, rediseño y validación de estructuras mediante análisis vibracional por funciones avanzadas-Perú”*.

Evalúa la situación actual de una estructura de laboratorio al ser excitada por un motor de inducción mediante un desbalance controlado, para observar las deformaciones en tres dimensiones e identificar la frecuencia del problema, mediante los análisis experimentales Operation Deflection Shape (ODS) y modal.

En este estudio se analizan las repercusiones que tienen las vibraciones en las estructuras, con la ayuda de un software de diseño de ingeniería. Las vibraciones tienen efectos en muchos caos perjudiciales en las estructuras, no solo en las maquinas sino también en las edificaciones, construcciones, etcétera, por eso es muy importante su evaluación para poder predecir cuáles serán los efectos que estas vibraciones tendrán en el diseño de esta máquina, para poder garantizar la vida útil del equipo y que la inversión que la empresa realiza sea recuperable en el tiempo, esto tiene que ver directamente con la viabilidad el proyecto.

1.5.1. Antecedente Internacional

(Ávila, C. Y Huera B. 2013), en su tesis “*Estudio de factibilidad para la elaboración de alimento balanceado para pollos Broiles*”. Ecuador

A través de un análisis estadístico determina en sus conclusiones:

El proyecto se presenta técnicamente viable al haberse definido el tamaño óptimo eligiendo el equipo y maquinaria acorde con la demanda insatisfecha, proyectada como también procesos que intervienen en la producción de alimento balanceado para aves, la disponibilidad de infraestructura, vías de acceso, servicios básicos, materia prima, mano de obra y recursos financieros necesarios para el éxito del proyecto. La evaluación que se realiza en este proyecto afirma la consistencia en la inversión que se realiza, la mejora de procesos mediante la implementación de equipo a la medida de las necesidades de la producción, el margen de recuperación de inversión, está vinculada con la demanda insatisfecha del proceso, afecta el producto final y retrasa el proceso.

En este estudio también permite se determina que el alimento balanceado para pollos de engorde, es el de mayor consumo y representa el 74% de toda la producción de alimento balanceado. La demanda de este producto obliga al sector industrial de este rubro a mejorar constantemente e implementar

equipos con tecnología que permita no solo disminuir el tiempo de proceso sino también de mejorar la calidad del producto ofrecido.

(Salazar L. 2014), en su tesis *“Implementación De Una Tamizadora Vibratoria Para Arenas De Moldeo En El Taller De Fundición De La Facultad De Mecánica De La Escuela Superior Politécnica De Chimborazo”*,

realizado en la Escuela Superior politécnica de Chimborazo-Ecuador, para la obtención del título de ingeniero industrial. El objetivo principal fue Implementar una tamizadora vibratoria para arenas de moldeo en el Taller de Fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, concluyendo que es posible realizar la mecánica de un sistema de acorde a las especificaciones requeridas, enfocado a la mejora de un proceso volviéndolo rentable. Los análisis considerados en esta tesis se enfocan en el diseño completo de un tamizador rotacional accionado por un motovibrador.

Estos modelos de tamizadores se han vuelto conocidos por el fácil accionamiento de vibración, un motovibrador, es un motor con dos masas en sus extremos que crean un desbalance con la rotación, la amplitud de la rotación se debe a la masa de desbalance, que en la mayoría de motovibradores es reajutable además la frecuencia del motor aumenta la aceleración de vibración, más adelante veremos los efectos y fuerzas que actúan en el sistema diseñado.

(Sánchez J. 2014), en su tesis: “*Simulación dinámica de mecanismos con Autodesk Inventor Professional 2014*” concluye demostrando los resultados del diseño y simulación de mecanismos haciendo uso del software inventor, para poder predecir el comportamiento del sistema previo a la construcción física real, un punto muy importante en el avance tecnológico que permite experimentar opciones nuevas sin inversión, con el fin de optimizar la construcción de máquinas.

El estudio de esa tesis es de vital importancia, nos brinda una visión nueva acerca del uso del software de ingeniería INVENTOR 2014, el autor hace una comparación entre los valores teóricos hallados y los valores obtenidos con la simulación, concluyendo que los valores obtenidos por el software se asemejan, no siendo precisos en su totalidad, sin embargo son de mucha ayuda para evaluar el comportamiento del diseño de una estructura sometida a esfuerzos, en el desarrollo de este proyecto me apoyo en la síntesis de análisis que brinda este software de ingeniería, en la versión INVENTOR 2016, se ha realizado el diseño y simulación de esfuerzos haciendo uso de la herramienta que este software tiene se recolectan datos que sirven para evaluar la resistencia de la estructura.

(Amangandi J. y Lamiña F. 2013), en la tesis “*Diseño y construcción de una máquina clasificadora de maíz partido*”, realizado en la escuela superior

tecnológica Chimborazo-Ecuador, para optar el título de ingeniero mecánico, en su conclusión dice:

Se realizó el diseño, construcción e implementación de una máquina capaz de seleccionar el maíz de acuerdo a su granulometría. Se realizaron los cálculos necesarios para el correcto dimensionamiento de la parte mecánica del sistema. También se hace un análisis de parámetros para la elección del tipo de tamizadora a construirse, se opta por un mecanismo accionado por eje excéntricos y manivela los cuales causan el movimiento de la bandeja.

Los cálculos matemáticos y físicos de la parte mecánica están basados en el estudio de cargas dinámicas y cargas estáticas, interesantes deducciones que han sido tomadas en cuenta para comprender los distintos diseños de tamizadoras. La elección de un tipo de máquina se realiza de acuerdo a la acción que esta tendrá y el ambiente en el cual trabajará, para esto es necesario estar pendiente de la ubicación, el tiempo de trabajo, carga a la cual esa sometida, además de accesibilidad para el mantenimiento del equipo, en nuestro caso tomaremos en cuenta la ubicación del equipo, puesto que deberá ubicarse en los niveles superiores de la planta, cuya estructura es de metal y no debe recibir vibraciones que podrían afectarla. La elección del sistema deberá ser el que menos interacción tenga con la estructura de planta.

(López V. 2015), en la tesis *“Diseño y simulación de máquina clasificadora vibratoria de granos de maíz según el tamaño”*, cuya finalidad fue diseñar y

simular una máquina clasificatoria de granos de maíz según su tamaño para una capacidad de 1.5 Ton/día, objetivo logrado detallado en las conclusiones. En esta investigación se toman en cuenta las características del grano para su clasificación, el modelamiento mecánico de la estructura además de realizar el ensamblaje simulado en software de ingeniería para predecir el funcionamiento de la máquina.

El autor diseña e implementa una máquina a menor escala, pero tomando en cuenta los detalles del modelamiento mecánico haciendo uso del software INVENTOR, en este análisis se diseña una máquina a menor escala y se hace uso de las herramientas que este potente software tiene para determinar análisis de esfuerzos y predecir una posible falla. La elección del equipo, cálculo de esfuerzos de fluencia y esfuerzo cortante son determinados y analizados al detalle para brindar factores de seguridad al diseño.

(Niño Z. 2007), nos dice, en su tesis “*Diseño y construcción de un equipo separador de paddy*” para optar por el grado de ingeniero mecánico en la Universidad Industrial de Santander, se planteó realizar una mejora en el proceso de producción de la planta, para esto se realizó el estudio de los sistemas separadores denominados paddy, el cual tiene un funcionamiento similar a una mesa densimétrica, que mediante el movimiento oscilatorio logra la separación de los granos.

Se enfoca en el cálculo matemático y análisis de sistemas mecánicos, esfuerzos físicos requeridos para cada tipo de accionamiento, un aporte enriquecedor para cualquier estudiante de ingeniería. La variedad en los diseños de este tipo de máquinas, se adapta de acuerdo al requerimiento, necesidad y característica de cada proceso.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Diseño e implementación de zaranda incrementa la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

1.6.2. Hipótesis específico

- **HE1:** Descripción de la situación actual de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019
- **HE2:** Los cálculos y el modelamiento matemático reflejan el comportamiento de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019

- **HE3:** Simulación del mecanismo muestra el comportamiento del mecanismo de la zaranda para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019
- **HE4:** Diseño del circuito eléctrico de los dispositivos eléctricos y electrónicos de la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019
- **HE5:** La programación controla de manera automática la zaranda separadora para incrementar la calidad de selección de maíz en las plantas de producción de alimento balanceado en el departamento de Lima-2019.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Operacionalización de las variables

Variable V (1): Zaranda separadora

- PLC
- Variador de frecuencia.
- Resortes helicoidales.
- Planchas perforadas.

Variable V (2): Calidad de selección

- Control de calidad del maíz.
- Separación de desechos.
- Producción.

Tabla 1: Variable 1

| Variable | Definición conceptual | Dimensiones | Indicadores |
|---------------------------|---|----------------------------------|--|
| zaranda separadora | Cedazo rectangular con fondo de red de tomiza que se emplea en los lagares para separar los escobajos de la casca. RAE (2019) | 1. PLC | 1.1. Lenguaje de programación |
| | | | 1.2. Selección del PLC |
| | | | 1.3. Comunicación |
| zaranda separadora | Cedazo rectangular con fondo de red de tomiza que se emplea en los lagares para separar los escobajos de la casca. RAE (2019) | 2. Variador de frecuencia | 2.1. Especificaciones |
| | | | 2.2. Rendimiento |
| | | | 2.3. Consumo |
| zaranda separadora | Cedazo rectangular con fondo de red de tomiza que se emplea en los lagares para separar los escobajos de la casca. RAE (2019) | 3. Estructura | 3.1. Calidad del materia |
| | | | 3.2. Coeficiente de elasticidad |
| | | | 3.3. Aplicaciones industriales |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Variable 2

| Variable | Definición conceptual | Dimensiones | Indicadores |
|-----------------------------|--|---------------------------|---|
| Calidad de selección | Calidad es conformidad con los requerimientos. Los requerimientos tiene que estar bien establecidos para que no haya malos entendidos; las mediciones tiene que ser tomadas continuamente para determinarla conformidad con los requerimientos; la no conformidad detectada es una ausencia de calidad.(Crosby,1988) | 4. Control del maíz | 4.1. % por muestra 4.2. % Índices de calidad 4.3. % de merma |
| | | 5. Separación de desechos | 5.1. Cantidad de desecho solido 5.2. Cantidad de coronta 5.3. % maíz |
| | | 6. Producción | 6.1. % por hora 6.2. Cantidad de personal requerido 6.3. Mantenimiento |

Fuente: Elaboración propia

2.2. Materiales, Instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales

Para la toma de datos e implementación del prototipo se usaron los siguientes instrumentos de medición

Tabla 3: Instrumentos utilizados

| Instrumentos | Cantidad unitaria |
|------------------------|--------------------------|
| Multímetro | 01 |
| Pinza amperimétrica | 01 |
| Analizador vibracional | 01 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Cotización de materiales

| Estructura | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
|------------------------|------------------|-----------------------|--------------------|
| | | en S/. | en S/. |
| Vigas tipo H | 15 metros | 30.00 | 450.00 |
| Tubos cuadrados de 2" | 12 metros | 15.00 | 180.00 |
| Angulo de 1" | 20 metros | 5.00 | 100.00 |
| Plancha de acero e=2mm | 4 m ² | 50.00 | 200.00 |
| Resortes Helicoidales | 04 unidades | 65.00 | 260.00 |

| | | | |
|---------------------------|-------------|---------|----------------|
| Tubo 4" cedula 40 | 2 metros | 90.00 | 180.00 |
| Planchas perforadas | 02 unidades | 70.00 | 140.00 |
| motovibrador | 01 unidades | 1100.00 | 1100.00 |
| Ángulo de 1" | 12 metros | 8.00 | 96.00 |
| Costo total en S/. | | | 2706.00 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 5: Costo de materiales eléctricos.

| Eléctrica | cantidad | Costo unitario en S/. | Costo total en S/. |
|---------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| Tablero | 01 | 80.00 | 80.00 |
| Seccionador | 01 | 60.00 | 60.00 |
| Llave termomagnetica 20 A | 01 | 40.00 | 40.00 |
| Conectores | 08 | 10.00 | 80.00 |
| Cable 12 AWG | 03 | 90.00 | 270.00 |
| Pulsadores | 02 | 15.00 | 30.00 |
| Selector | 01 | 35.00 | 35.00 |
| Costo total en s/. | | | 595.00 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 6: Costo de materiales electrónicos de control

| Electrónica | Cantidad | Costo unitario en S/. | Costo total en S/. |
|---------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| PLC | 01 | 1100 | 1100 |
| Variador de frecuencia | 01 | 450 | 450 |
| Sensor de distancia | 01 | 180 | 180 |
| Costo total en S/. | | | 1730.00 |

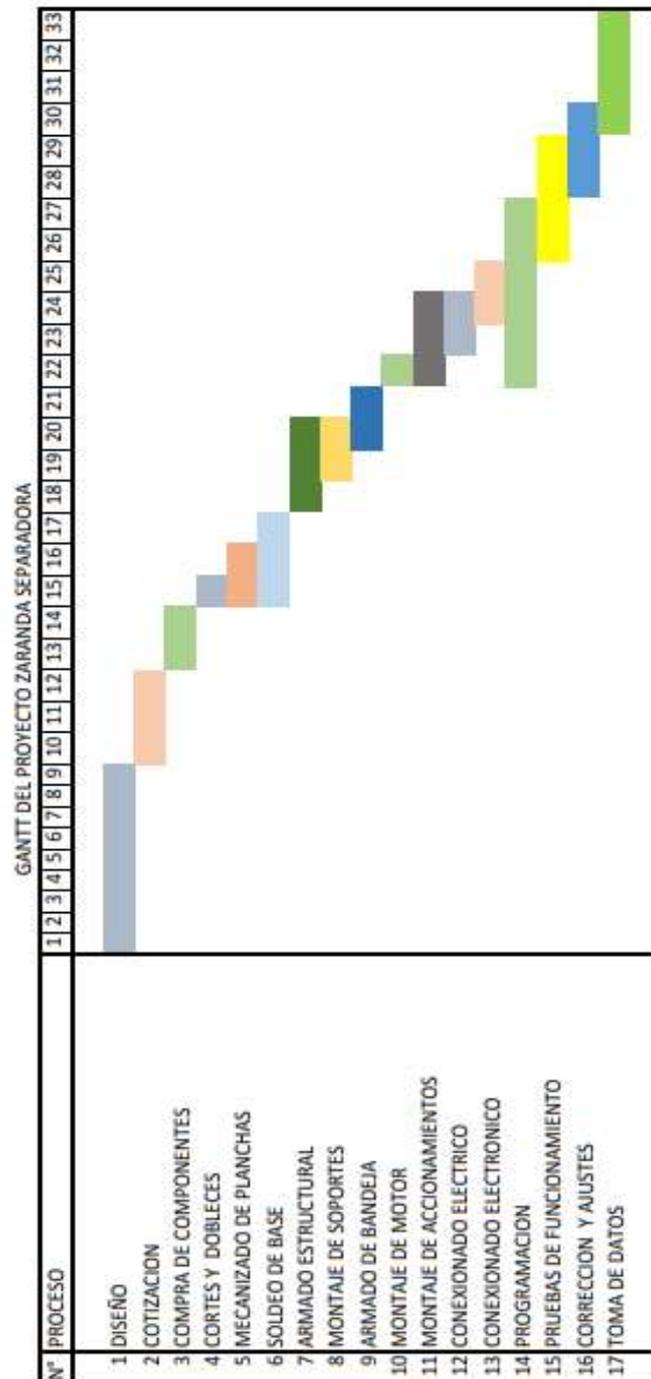
Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Costo de sueldo de los trabajadores

| Lista de recursos | Horas de trabajo | Sueldo por horas | Costo s/. |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Diseñador | 56 | 12,5 | 700,00 |
| Mecánico | 56 | 11,25 | 630,00 |
| Soldador | 54 | 11,25 | 607,50 |
| Administrativo | 24 | 10 | 240,00 |
| Asistente | 64 | 6,25 | 400,00 |
| Programador | 40 | 12,5 | 500,00 |
| Electricista | 32 | 7,5 | 240,00 |
| Total | | | 3317,50 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 8: GANTT del proyecto zaranda separadora.



Fuente: Elaboracion propia

2.2.2. Instrumentos

2.2.2.1. ALFA DE CROMBACH

En la presente investigación se tomó el método de evaluaciones sumarias

(Investigadores, 2019) definen la Escala de Likert como:

Alfa de Cronbach

Coefficiente alfa de Cronbach, (2019). Validación del instrumento de recolección de datos.

Se trata de un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y por tanto nos llevaría a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes.

Alfa es por tanto un coeficiente de correlación al cuadrado que a grandes rasgos, mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente, se parecen.

Su interpretación será que, cuanto más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad, considerando una fiabilidad respetable a partir de 0,80.

Su fórmula estadística es la siguiente:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde:

- **K:** El número de ítems
- **S_i^2 :** Sumatoria de Varianzas de los Ítems
- **S_T^2 :** Varianza de la suma de los Ítems
- **α :** Coeficiente de Alfa de Cronbach

Tabla 9: Análisis de fiabilidad usando software de SPSS

| Descriptivos | | | | | | |
|----------------------------------|----|--------|--------|---------|---------------------|----------|
| [ConjuntoDatos2] | | | | | | |
| Estadísticos descriptivos | | | | | | |
| | N | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar | Varianza |
| VAR00001 | 15 | 3,00 | 5,00 | 3,7333 | ,70373 | ,495 |
| VAR00002 | 15 | 2,00 | 5,00 | 3,4000 | ,98561 | ,971 |
| VAR00003 | 15 | 3,00 | 5,00 | 3,6667 | ,61721 | ,381 |
| VAR00004 | 15 | 2,00 | 4,00 | 3,2000 | ,67612 | ,457 |
| VAR00005 | 15 | 2,00 | 4,00 | 3,5333 | ,63994 | ,410 |
| VAR00006 | 15 | 3,00 | 5,00 | 3,8000 | ,67612 | ,457 |
| VAR00007 | 15 | 2,00 | 4,00 | 3,3333 | ,61721 | ,381 |
| VAR00008 | 15 | 3,00 | 5,00 | 3,9333 | ,70373 | ,495 |
| VAR00009 | 15 | 3,00 | 4,00 | 3,4667 | ,51640 | ,267 |
| VAR00010 | 15 | 3,00 | 5,00 | 4,0000 | ,84515 | ,714 |
| VAR00011 | 15 | 3,00 | 4,00 | 3,1333 | ,35187 | ,124 |
| VAR00012 | 15 | 3,00 | 4,00 | 3,4667 | ,51640 | ,267 |
| VAR00013 | 15 | 2,00 | 5,00 | 3,4667 | ,74322 | ,552 |
| VAR00014 | 15 | 2,00 | 5,00 | 3,7333 | ,79881 | ,638 |
| VAR00015 | 15 | 2,00 | 5,00 | 3,1333 | ,83381 | ,695 |
| suma | 15 | 46,00 | 67,00 | 53,0000 | 5,96418 | 35,571 |
| N válido (por lista) | 15 | | | | | |

RELIABILITY
/VARIABLES=VAR00001 VAR00002 VAR00003 VAR00004 VAR00005 VAR00006 VAR00007

Fuente: Elaboración propia

El software realiza un cálculo de fiabilidad de la encuesta aplicada en la figura 29 se muestra los resultados de varianza por cada muestra, valores mínimos y máximos, la media de valores asignados que dan un resultado aprobatorio en la escala de Lickert, que es superior al valor 3 en todos los casos, en el caso del software toma datos de desviación estándar por muestra y los introduce en su base de datos para obtener un resultado más preciso.

Tabla 10: Resultados de Análisis de fiabilidad usando software de SPSS

| Fiabilidad | | | |
|--|-----------------------|----|-------|
| Escala: ALL VARIABLES | | | |
| Resumen de procesamiento de casos | | | |
| | | N | % |
| Casos | Válido | 15 | 100,0 |
| | Excluido ^a | 0 | ,0 |
| | Total | 15 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

| Estadísticas de fiabilidad | |
|-----------------------------------|----------------|
| Alfa de Cronbach | N de elementos |
| ,745 | 16 |

Fuente: Elaboración propia.

El software de análisis estadístico SPSS nos entrega resultados de fiabilidad de 0.745; este es un grado de fiabilidad aprobatorio para la evaluación de viabilidad de este proyecto usando el método del alfa de Cronbach, SPSS entrega el informe que se adjunta en la hoja de anexos.

Existe una buena fiabilidad según Cronbach. (Cronbach, 1951)

2.2.2.2. ESCALA DE LIKERT

La escala de Likert mide actitudes o predisposiciones individuales en contextos sociales particulares. Se le conoce como escala sumada debido a que la puntuación de cada unidad de análisis se obtiene mediante la sumatoria de las respuestas obtenidas en cada ítem.

La escala se construye en función de una serie de ítems que reflejan una actitud positiva o negativa acerca de un estímulo o referente. Cada ítem está estructurado con cinco alternativas de respuesta:

Los valores asignados son los siguientes

- () Totalmente de acuerdo =5
- () De acuerdo =4
- () Indiferente =3
- () En desacuerdo =2
- () Totalmente en desacuerdo =1

La unidad de análisis que responde a la escala marcará su grado de aceptación o rechazo hacia la proposición expresada en el ítem. Los ítems por lo general tienen implícita una dirección positiva o negativa.

2.2.3. Métodos

2.2.3.1. Tipo de investigación

Esta es una investigación **correlacional**

Hernández. , Baptista, P y Fernández, C. (2006). Los diseños correlacionales-causales pueden limitarse a establecer relaciones entre variables sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales. Cuando se limitan a relaciones no causales, se fundamentan en planteamientos e hipótesis correlacionales; del mismo modo, cuando buscan evaluar relaciones causales, se basan en planteamientos e hipótesis causales.

En consecuencia esa investigación busca hallar la relación que existe entre las variables, en tanto se modifica alguna variable tiene consecuencias sobre la otra.

2.2.4. Población

La población total de la plantas de alimento balanceado en Lima es numerosa de las cuales se ha seleccionado de manera conveniente a las personas las que están involucrados en el proceso de producción, entre administradores, operarios, personal de mantenimiento, jefes de planta, en distintas plantas como Avinka, San Fernando entre otras.

2.2.5. Muestra

Se seleccionó una muestra de manera conveniente.

Muestreo por conveniencia.

Es una técnica comúnmente usada. Consiste en seleccionar una muestra de la población por el hecho de que sea accesible. Es decir, los individuos empleados en la investigación se seleccionan porque están fácilmente disponibles, no porque hayan sido seleccionados mediante un criterio estadístico. Esta conveniencia, que se suele traducir en una gran facilidad operativa y en bajos costes de muestreo, tiene como consecuencia la

imposibilidad de hacer afirmaciones generales con rigor estadístico sobre la población. (Ochoa, 2019)

James H .y Sally S. (2001) definen el muestreo por conveniencia como método no probabilístico de seleccionar sujetos que están accesible o disponibles.

2.3.Desarrollo de aplicación

Describiendo la situación actual

En las plantas de alimento balanceado, el proceso de producción tiene varias etapas, logrando un producción continua a lo largo de casi las 24 horas del día, eso está en función a la demanda del producto, en este caso actualmente la planta molino procesa alimento para sus granjas y además tiene clientes que solicitan el procesado de alimentos (terceros) como Molinos Márquez, Contilatin entre otros.

El proceso comprende desde la recepción de las materias primas, transporte a través de cadenas transportadoras, almacenaje en silos, selección y limpieza, molienda, dosificado y mezclado, cocción y pelletizado, ensaque y despacho.



Figura 1: Recepción de materia prima. Elaboración propia.



Figura 2: Descarga de materia prima .Avinka Planta de procesamiento de alimentos

Molino, (2019)

La materia prima, el maíz o la soya en la mayoría de los casos tienen procedencia extranjera, viene desde países como Argentina, Bolivia y Estados Unidos es traído en buques hasta el puerto en el Callao para posteriormente ser enviada por camiones a plantas de procesamiento en la capital.

El almacenaje se realiza en los silos los cuales tienen sistemas de ventilación que permiten su conservación además el ingreso del producto es por la parte superior a través de cadenas transportadoras, elevadores de cangilones y gusanos de arrastre, estos silos cuentan con gusanos de extracción que permiten la evacuación del maíz para el inicio del proceso del producto.

Figura 3: Silos de almacenamiento. Elaboración Propia



Figura 4: Extracción para el proceso. Elaboración propia.

El maíz es extraído de los silos y transportado al sexto nivel de la planta a través de los elevadores de cangilones, es allí donde se descarga a través de ductos en tolvas o en una zaranda que se encarga de separar o limpiar el maíz de las impurezas que trae, dependiendo del tipo de proceso que se realizará.

Figura 5: Cadena con paletas de arrastre. Avinka Planta de procesamiento de alimentos



Molino. (2017)

Figura 6: Elevadores de cangilones. Elaboración propia.





Figura 7: Niveles superiores de planta. Elaboración propia.

Zaranda separadora instalada actualmente, presenta fallas en su diseño, por lo cual requiere mantenimiento continuo, el montaje y cambio de planchas perforadas es un trabajo tedioso que implica pérdida de horas hombre, además de no cumplir la función requerida por lo cual el uso de esta máquina se ve condicionado muchas veces al estado de la misma. Esto causa que el producto final no tenga las características esperadas al final del proceso.

Figura 8: Zaranda actual. Elaboración Propia



El proceso de transporte es seguido a través de la pantalla de monitoreo el cual cuenta con un PLC que controla transporte, pesaje, dosificación y mezclado del alimento balanceado.

Figura 9: Seguimiento del proceso. Avinka Planta de procesamiento de alimentos



Molino. (2017)

La dosificación de vitaminas es de forma manual, los operarios introducen los insumos de las formulas en la mezcladora, donde en un lapso de tiempo son preparados para la cocción



Figura 10: Aplicación de insumos en mezcladora. Avinka Planta de procesamiento de alimentos Molino. (2017).



Figura 11: Sala de prensas. Avinka Planta de procesamiento de alimentos Molino. (2017)

El proceso de cocción es en los acondicionadores, en donde se inyecta vapor a 80 psi al alimento para luego llegar a las prensas donde se forma el pellet, posteriormente es enfriado y transportado nuevamente al sexto nivel donde se zarandea para extraer el polvo restante del proceso y llevar al ensaque el pellet limpio y compacto



Figura 12: Zaranda con eje excéntrico tipo rotex. Avinka Planta de procesamiento de alimentos Molino. (2017)

Figura 13: Ensaque del producto. Elaboración Propia



El producto es empaquetado en sacos de 50 Kg. Es en esta parte del proceso donde se toman muestras para llevar a cabo el control de calidad, posteriormente es almacenado para luego ser despachado a las granjas.



Figura 14: Almacenaje del producto. Avinka Planta de procesamiento de alimentos Molino. (2019)



Figura 15: Despacho hacia las granjas. Avinka Planta de procesamiento de alimentos Molino, (2019)

El despacho es la fase final del proceso, los camiones llegan a la planta vacíos, son cargados con 20 toneladas aproximadamente de producto terminado, que serán llevados a las granjas de crianza, para alimentar a las aves las cuales logran desarrollarse en menos de un mes, gracias al alimento enriquecido y mejorado.

Cálculos y Modelamiento matemático

Diseño de máquina

El primer paso a seguir es la obtención de datos de producción

Capacidad:

Tabla 11: Producción por hora

| Producto | Cantidad |
|---------------------|------------|
| Maíz | 20 (Ton/h) |
| Capacidad requerida | 350Kg |
| Flujo de producto | 5.5Kg/s |

Fuente: Elaboración propia

- Densidad del maíz = 700 Kg/m³
- Dimensionamiento para 350 Kg
- Volumen de carga (V_c)= 350Kg/(700 Kg/m³)
- V_c= 0.5 m³

El volumen de la carga se distribuirá en dos bandejas, considerando la distribución irregular de algunos granos se tomara el volumen entre dos compartimientos.

El primer compartimiento es de selección de limpieza de coronta y suciedades, el segundo es de selección de granulometría del maíz.

- **Volumen del tamiz (V_t)= V_c/2 V_t=0.25 m³**
- Cada compartimiento tendrá una altura de **150mm.**

- El área de la criba será:

$$A=Vt/0.15 \quad A=1.66 \text{ m}^2$$

- Se considerará como factor de protección 1.5

$$\text{Por lo tanto el área será } 1.66 \times 1.5 = 2.5 \text{ m}^2$$

- Las medidas de planchas perforadas según el catálogo de INAMESA son de 1.2 m X 2.40 m
- Se usaran las planchas que existen en el mercado.

Longitudes:

$$A= 1.2\text{m} \quad B= 2.4\text{m}$$

$$\text{Área total} = 2.88 \text{ m}^2$$

- Material: acero inoxidable 304

Espesor de placas(N):

$$N=1.2/2.4$$

$$N= 0.5$$

$$N (\text{mercado})=0.6\text{mm}$$

- Se elige de manera conveniente la plancha que determina las longitudes que existen en el mercado
- Peso total

$$0.0006 \times 1.2 \times 2.4 = \text{Volumen de acero por plancha (Vp)}$$

$$Vp=0.00172 \text{ m}^3$$

Luego

Datos según Hibbeler,(2004) tabla:

Tabla 12: Cálculo de peso de bandeja.

| Parte | Cantidad | Peso(kg) |
|---------------------------|------------------|----------|
| Plancha perforadas | 2 | 27 |
| Ángulos | 12 | 17.6 |
| Perfil u 100x50x4 | 7.2m | 44.2 |
| Plancha 0.6 mm | 10m ² | 21.6 |
| Motor | 1 | 10 |
| Total | | 120 |

Densidad del acero =7850

Masa por plancha =7850Kg x 0.002592 =13,5Kg

- Masa de bandeja: 120 Kg
- Masa de carga: 350Kg
- Masa Total: 470Kg
- Fuerza ejercida =470 x 9.81 =4610N
- Fuerza máxima ejercida por el motovibrador MVS115/200-S2 = 2.1kN
- Coeficiente de elasticidad del resorte K= 375000
- Resortes dispuestos en paralelo la resultante se suman => 375000 x 4 =1 500 000
- Desplazamiento con la carga completa = -0.003m
- Desplazamiento máximo con fuerza ejercida por vibrador

$$6710 = -1\ 500\ 000 \times X_0$$

$$-0.00453 = X_0$$

- Desplazamiento relativo respecto a punto anterior = 1.53 mm.

Base fija

Los soportes son dimensionados con una resistencia de acuerdo a las características del material a usar la fuerza ejercida en la estructura.

Elección del acero estructural, el cual cumple con las características de resistividad requerida para la implementación de soporte base.

ASTM A36. Esta norma es aplicable a una gran variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que aún están disponibles en el mercado. Tiene un esfuerzo de fluencia de 2 530 kg/cm² (250 MPa, 36 ksi) y un esfuerzo mínimo de ruptura en tensión de 4 080 kg/cm² a 5 620 kg/cm² (400 a 550 MPa, 58 a 80 ksi), y su soldabilidad es adecuada. Se desarrolló desde hace muchos años en Estados Unidos para la fabricación de estructuras remachadas, atornilladas y soldadas, mejorando el contenido de carbono de los aceros disponibles en aquella época, como el ASTM A7. Con la innovación de este tipo de acero, las conexiones soldadas empezaron a desplazar a las remachadas que pronto desaparecieron. Manual Ahmsa (2017).

La elección de la base fija se hace mediante el análisis de mecánica de cuerpo rígido, con referencia Hibbeler R (2004).

La carga total es de 6.8 kN.

Área sometida a esfuerzo 0.00436 m²

$$\text{Esfuerzo} = 6800/0.00436 = 1.5 \text{ MPa}$$

Dado a las características del material a utilizar, se concluye que la estructura es estable y resistente.

La estructura se basa en la carga a soportar para esto tenemos que tomar analizar la tabla carga total, tomando en cuenta que solo es un soporte de la caja vibradora, no recibirá la vibración ejercida por el motorvibrador directamente ya que entre la mesa vibratoria y la base fija se encuentra un amortiguamiento elástico

Análisis de vibraciones

Sistema masa-resorte

Análisis de vibraciones

Calculamos el coeficiente de amortiguación crítico (Hibbeler,R. 2006)

C=

$$2m\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde:

m = masa total 470

K= coeficiente de elasticidad 1500 000

C= coeficiente de amortiguación crítico. 53103.5

Reemplazando:

C=53103.5 N.s/m

Aplicando la ecuación general del sistema masa-resorte-amortiguador

$$m(d^2y/dt) + C(dy/dt) + K(y) = 0$$

$$470 (d^2y/dt) + 53103.5 (dy/dt) + 1500000 y = 0$$

Simplificando:

$$(d^2y/dt) + 112.9(dy/dt) + 3191.4y = 0$$

Solución de la ecuación:

Usando el software wolframalpha

$$y = 0.750216 - 0.250216 e^{(-18 x)} - 4.50389 x$$

Graficando los resultados, muestran la respuesta del sistema

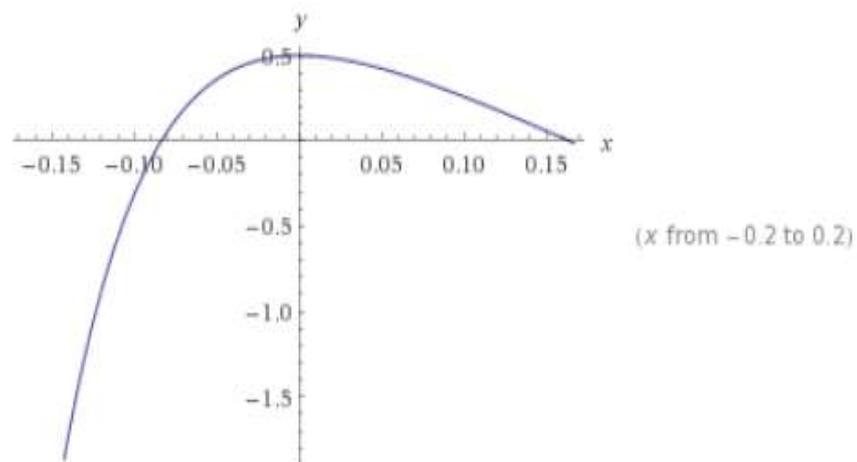


Figura 16: Respuesta del sistema. Elaboración propia

La modificación de una zaranda convencional es posible implementando en su estructura una malla móvil regulable, el desplazamiento de esta malla modificará el tamaño de los agujeros por superposición de mallas, la selección

de diámetros estará programada previamente mediante un control con PLC.

La frecuencia de vibración podrá ser modificada mediante la

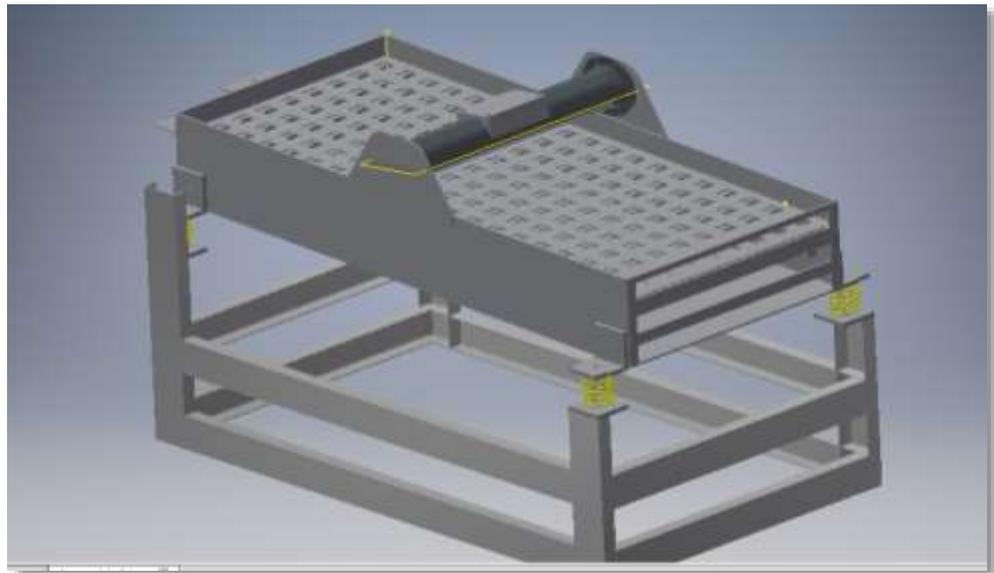
selección desde el PLC dando opciones a modificar la fuerza de las vibraciones ejercidas en el equipo.

Simulación en software inventor

Proceso de construcción de zaranda

Haciendo uso del software inventor se realiza el modelado de la zaranda obteniendo como resultado una figura en 3D

Figura 17: Modelado de zaranda. Elaboración propia



Haciendo uso del software inventor profesional 2016 se diseña cada parte de la zaranda, dando las propiedades respectivas, el tipo de material utilizado, masa y en el caso de los resortes el coeficiente de elasticidad requerido para posteriormente realizar la simulación aplicado las cargas que debe soportar la estructura.

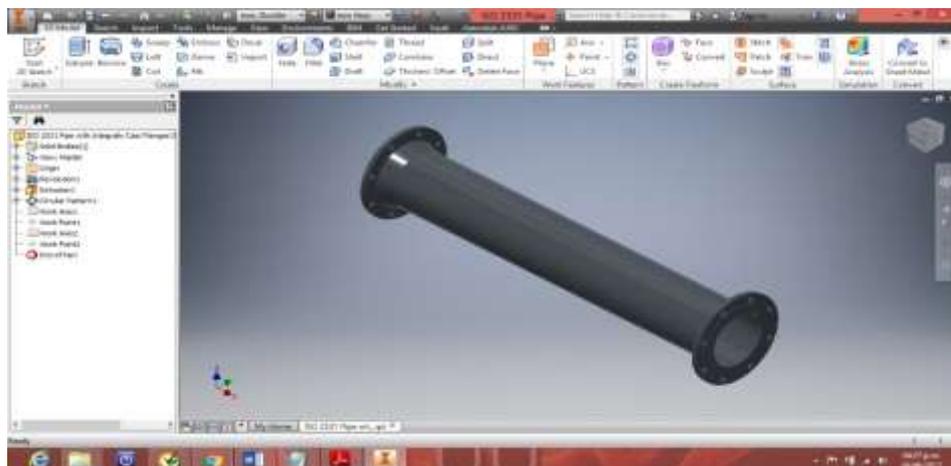


Figura 18: Modelado de eje base de motovibrador. Elaboración propia

Haciendo uso de las librerías de Inventor, seleccionamos el tubo que servirá de soporte del motovibrador, este tendrá que ser capaz de soportar las cargas y fuerzas ejercidas por el motovibrador el material es de acero, este soporte será el encargado de transmitir la vibración hacia la bandeja, a la vez de ser soporte del motovibrador

En el diseño se considera dos bridas de acople para ser unido a la bandeja, mediante pernos. La base del motovibrador está considerada de acuerdo a las especificaciones y dimensiones del motor.

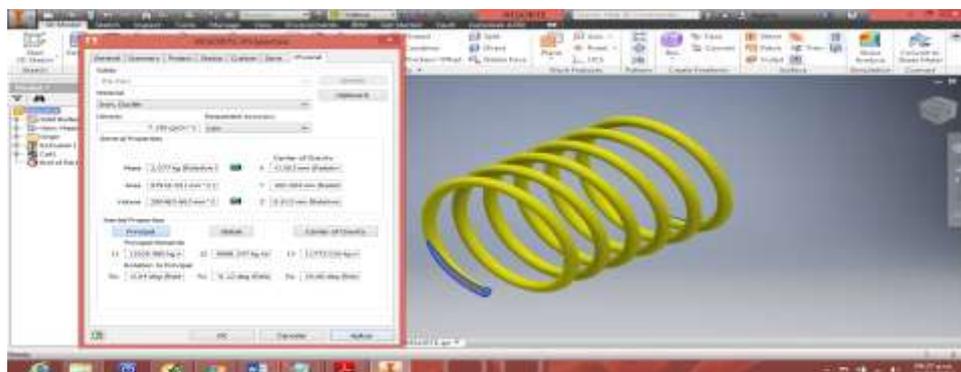


Figura 19: Modelado del resorte. Elaboración propia

Uno de los principales componentes del sistema es el resorte, el coeficiente de elasticidad de este es relacionado con la duración que este tendrá, y está relacionado con la amplitud de vibración cuando las fuerzas dinámicas sean aplicadas, Inventor posee varias herramientas que permiten crear, dar propiedades, simular movimientos y dar reacciones cuando una fuerza es aplicada. En el modelado se seleccionó el tipo de material que le da propiedades elásticas al resorte.

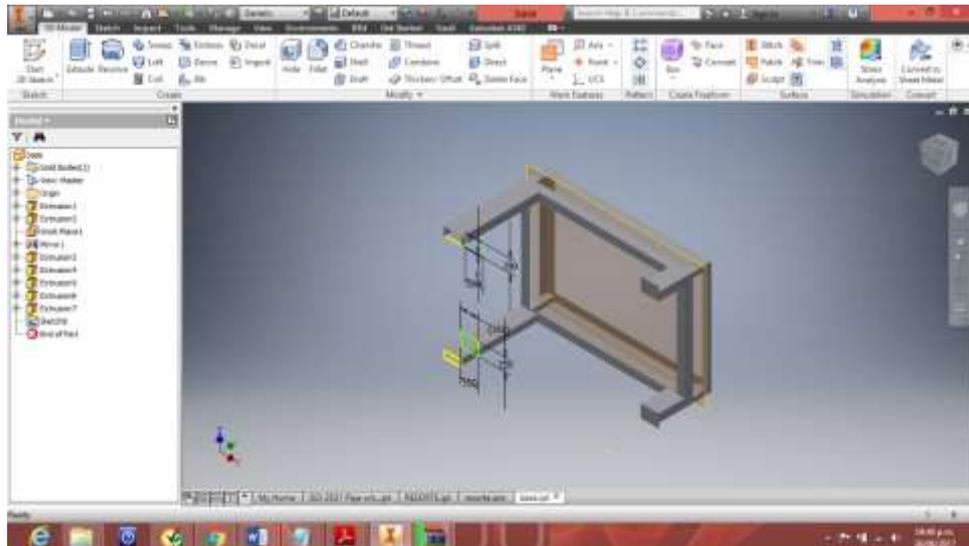


Figura 20: Modelo de base fija. Elaboración propia.

Diseño de croquis inicial, en esta etapa se elabora el soporte base de la bandeja, se creó una base sólida, de un solo cuerpo, realizando un ensamblaje haciendo uso de la herramienta Place from content center, se eligió las vigas a usar, armadas con restricciones. Además se crea los soportes de los resortes.

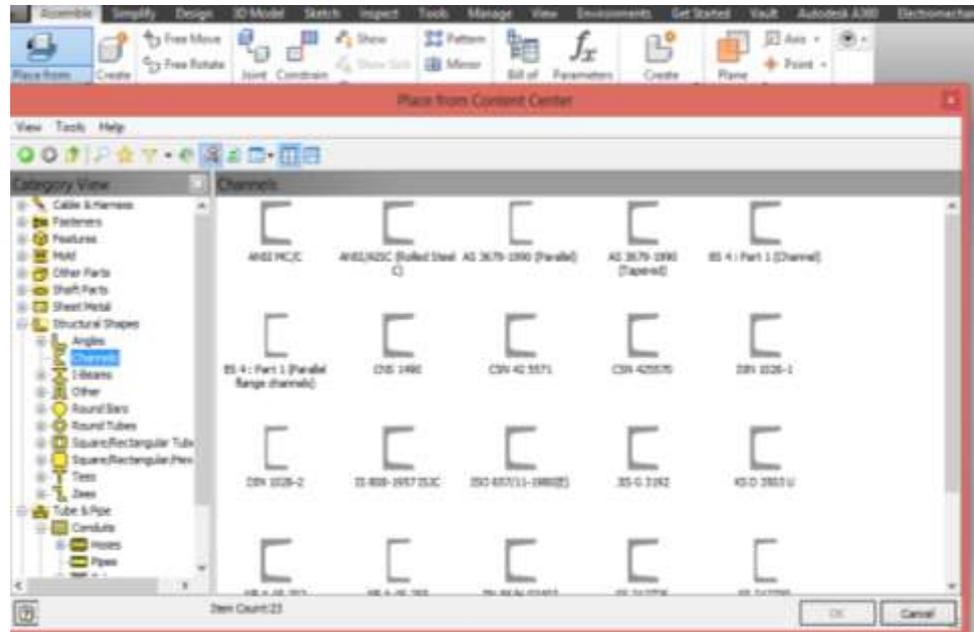
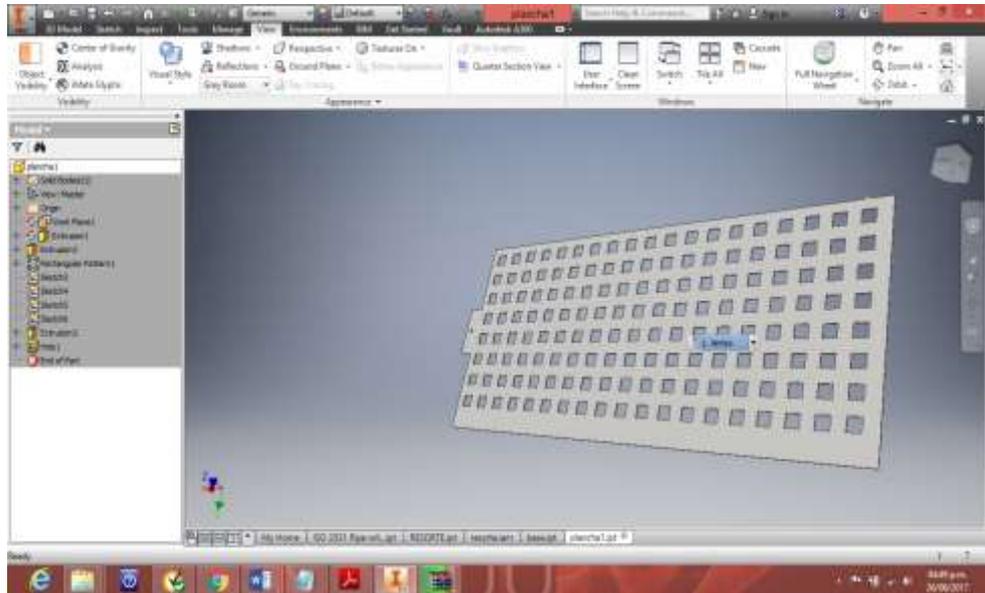


Figura 21: Librería de vigas prediseñadas de Inventor. Elaboración propia

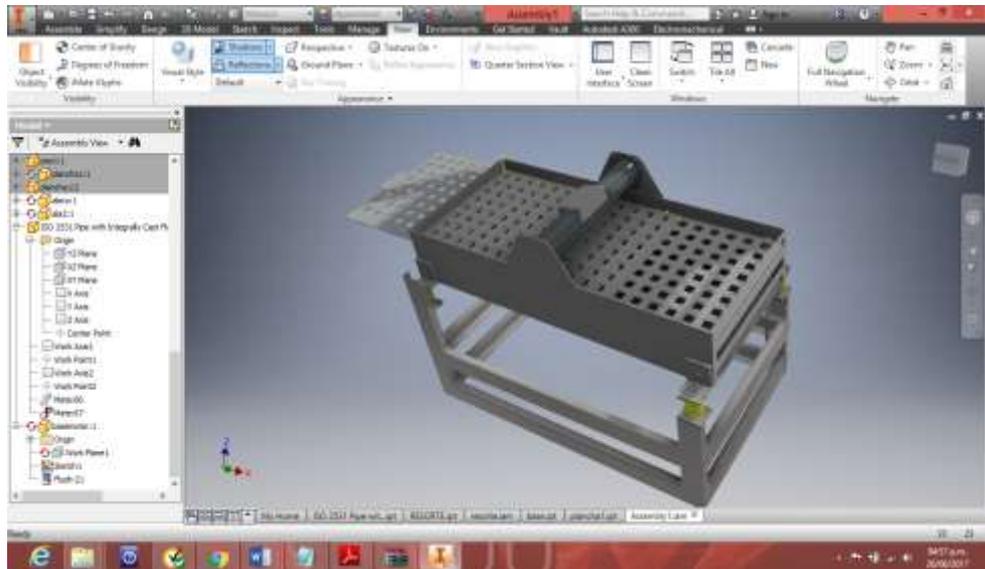
Esta librería, propia de inventor, contiene elementos previamente diseñados para la construcción y ensamblaje de cualquier estructura, es una ayuda opcional que brinda el software Inventor 2016.

Figura 22: Modelado de planchas perforadas. Elaboración propia



Las planchas perforadas se encuentran en el mercado de formas y tamaños estándar, sin embargo también se preparan a petición del cliente, para la aplicación del software se toman dimensiones apreciables en la simulación, el desplazamiento de una malla es mediante el cilindro neumático, esta plancha se desliza en un carril, durante el desplazamiento no existen cargas que afecten la trayectoria de la plancha, estos sistemas de desplazamientos son usados también de la misma forma en la apertura y cierre de tolvas y funcionan sin problemas aun con toneladas de carga aplicada sobre las planchas.

Figura 23: Modelado de zaranda. Elaboración propia



La simulación del movimiento de desplazamiento de las planchas perforadas se realiza mediante el menú Inventor studio, en la versión real del diseño este desplazamiento será graduado en posiciones que determinaran las dimensiones de los agujeros, existen planchas con perforaciones circulares, cuadradas rectangulares, oblongas, dispuestas a petición del cliente, entre otras para esta aplicación, usaremos planchas con perforaciones cuadradas o romboides, para lograr con el desplazamiento reducir el tamaño de los agujeros que actúan como filtro.

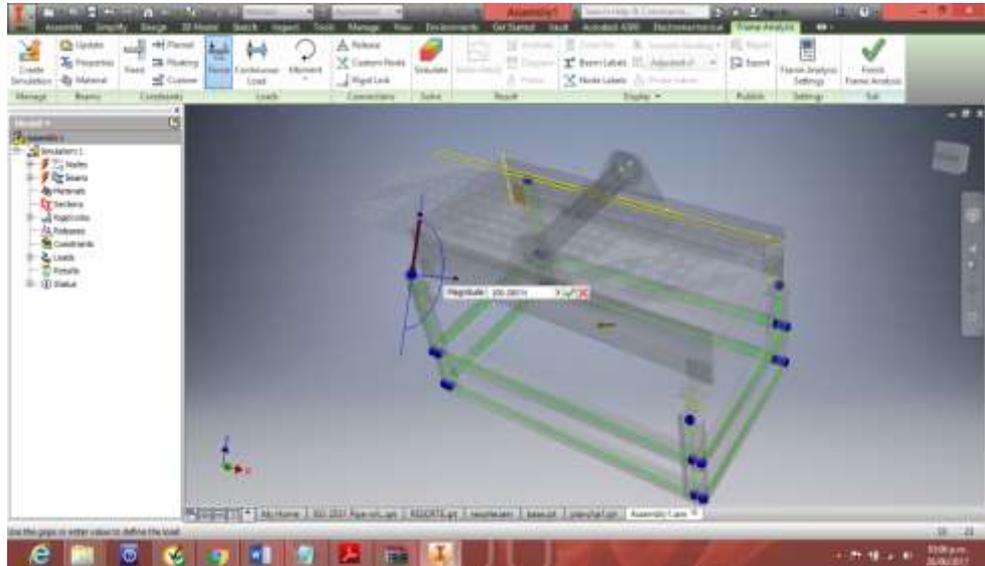


Figura 24: Análisis de esfuerzos en las juntas de la estructura. Elaboración propia

Además el software analiza las juntas de la estructura que en el caso real, son soldadas logrando así armar una estructura base sólida, en Inventor las juntas son consideradas como soldadas, los puntos azules de las imágenes muestran las intersecciones de las vigas, a modo de pruebas aplicamos fuerzas que actúan en las uniones para apreciar las reacciones en las juntas, las cuales para la aplicación no representan reacción considerable, dado a que la resistencia de las vigas es mayor a las cargas máximas que podrían aplicarse.

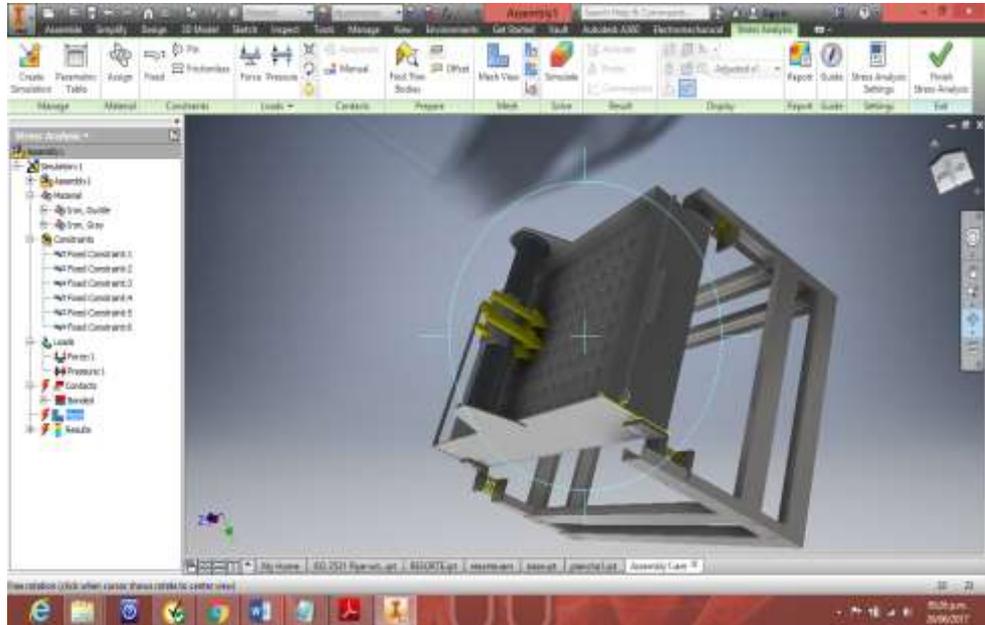


Figura 25: Aplicación de cargas sobre estructuras. Elaboración propia

Mediante la simulación de análisis de esfuerzos se aplicaron cargas a la estructura, según cálculos la zaranda es sometida a una carga de cerca de 390 kg, como masa de cajón además de la carga en el momento que cae el maíz sobre la malla, a esto se le adiciona la fuerza ejercida por el motovibrador cuyo cálculo se encuentra en el modelamiento y toma de datos.

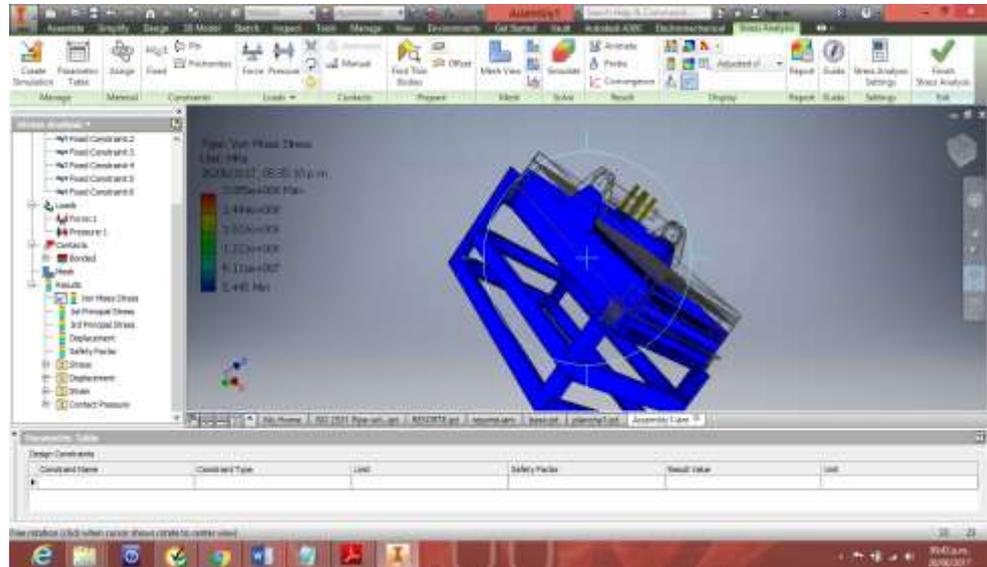


Figura 26: Aplicación de cargas sobre estructuras. Elaboración propia

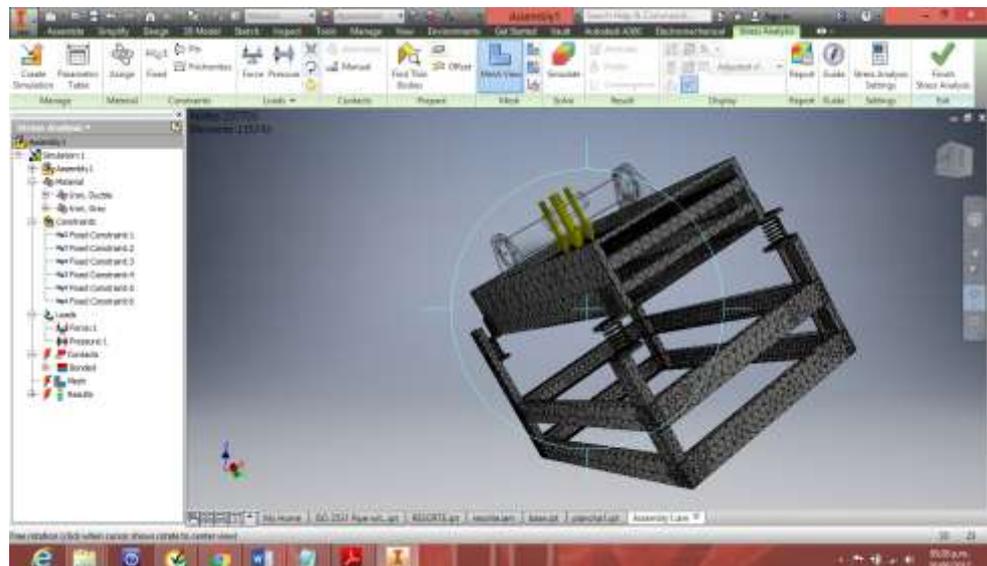


Figura 27: simulación del comportamiento de la estructura con carga aplicada.

Elaboración propia

En la figura 50 y 51 se aprecia la simulación y la coloración que el software le da a la estructura cuando es sometida a esfuerzos, también

muestra los desplazamientos máximos y mínimos, que representan la amplitud de las oscilaciones del sistema.

Diseño eléctrico del sistema

Tomando en cuenta las características de los elementos a controlar se deben implementar los siguientes dispositivos eléctricos

- Llave termomagnética 20 A
- Variador de frecuencia 1Hp
- Cable NYY 3 x 14 + 1 T
- Motovibrador 1Hp
- Electroválvula 5/3 biestable

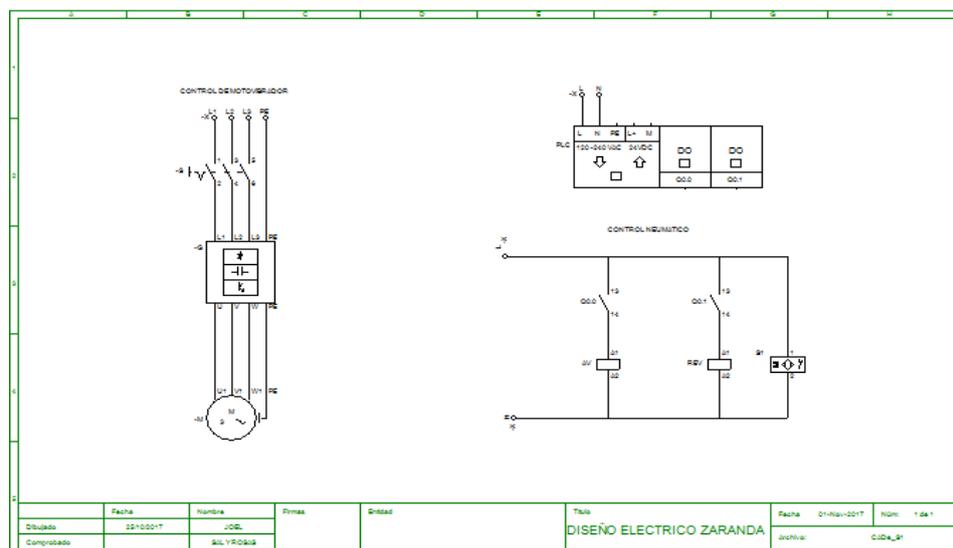
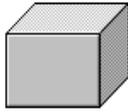


Figura 28: Planos de conexión eléctrica. Elaboración propia

Plano eléctrico adjunto en anexos

Fuerza de accionamiento neumático requerida

Figura 29: Dimensionamiento de masa a desplazar Elaboración propia

| Masa | | | |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Material | Acero | 7,8 | g/cm ³ |
| Forma | Cúbico | 1,728 | l |
|  | Longitud (X) | 2400 | mm |
| | Anchura (Y) | 1200 | mm |
| | Altura (Z) | 0,6 | mm |
| Masa: | >> | 13478,4 | g |
| | | Confirmar | Cancelar |

Cálculo de la fuerza de los cilindros neumáticos

La fuerza teórica que actúa sobre el pistón es:

$$F = P \cdot S$$

Donde P es la presión en bar, S la superficie del pistón en metros cuadrados y F la fuerza en Newtons. También podemos usar la presión P en kg/cm², la superficie S en cm² y la fuerza F en Kg fuerza.

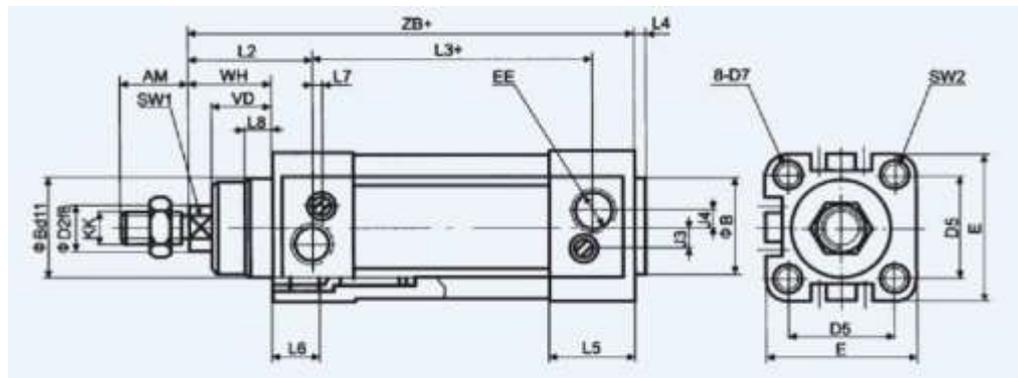


Figura 30: Cilindro neumático. Catalogo FESTO (2017).

En la práctica, la fuerza real o necesaria es un poco mayor, ya que existen fuerzas de rozamiento con la estanqueidad del cilindro. Por ello se considera que la fuerza teórica del cilindro se ve reducida entre un 10-15 % para presiones normales de trabajo entre 4-8 bar.

(Roydisa, 2017)

Diagrama neumático

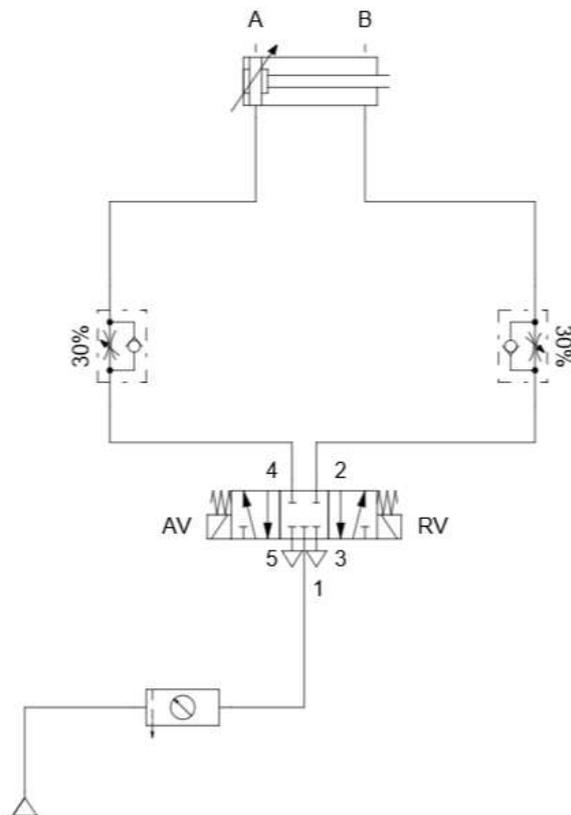


Figura 31: Diagrama de conexión neumática. Elaboración propia



Figura 32: cilindro neumático. Nelco sistemas (2017).



Figura 33: Electroválvula 5/3 biestable. Electroválvula neumática 1/8 5/3. Work, E. (2017).

Programación, comunicación y control del sistema

Controlador

El PLC se comunica con un variador de frecuencia el cual modifica la frecuencia de giro del motovibrador, además de lograr controlar el cilindro neumático que modifica la posición de la plancha perforada superior, la re alimentación de posición lo logran los switches magnéticos en el cilindro neumático, el accionamiento del cilindro se realiza mediante la electroválvula 5/3 biestable, la propiedad de esta electroválvula es que logra alcanzar una posición específica.

PLC marca Twido-telemecanique

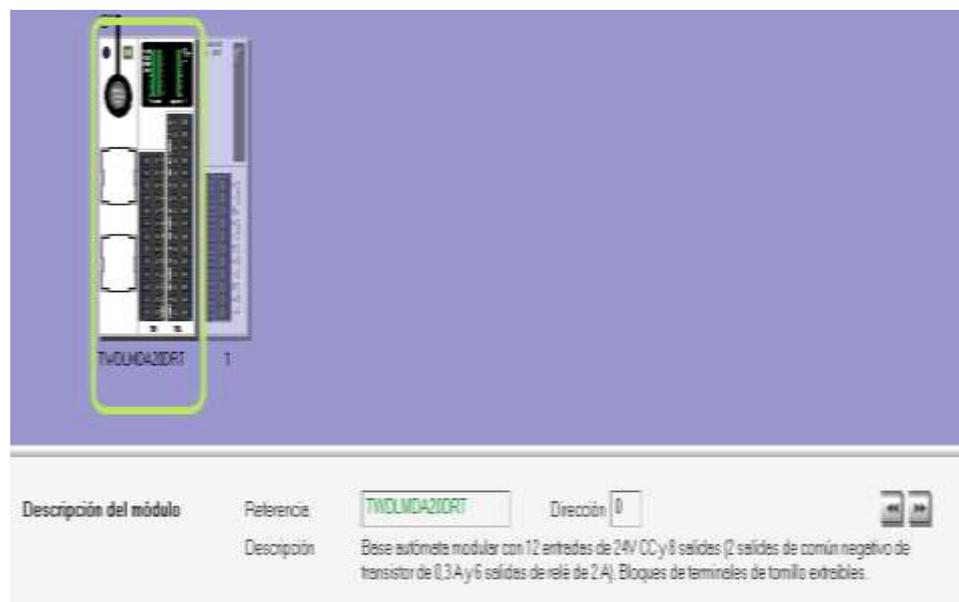


Figura 34: Hardware usado. Elaboración propia

De acuerdo al requerimiento de la aplicación se elige a un PLC con 12 entradas de 24 VDC y 6 salidas tipo relé, además de un módulo de expansión de entradas y salidas analógicas, serán consideradas para el control con un sensor de salida analógica.

Comunicación usada y configuración con el software

Variador altivar

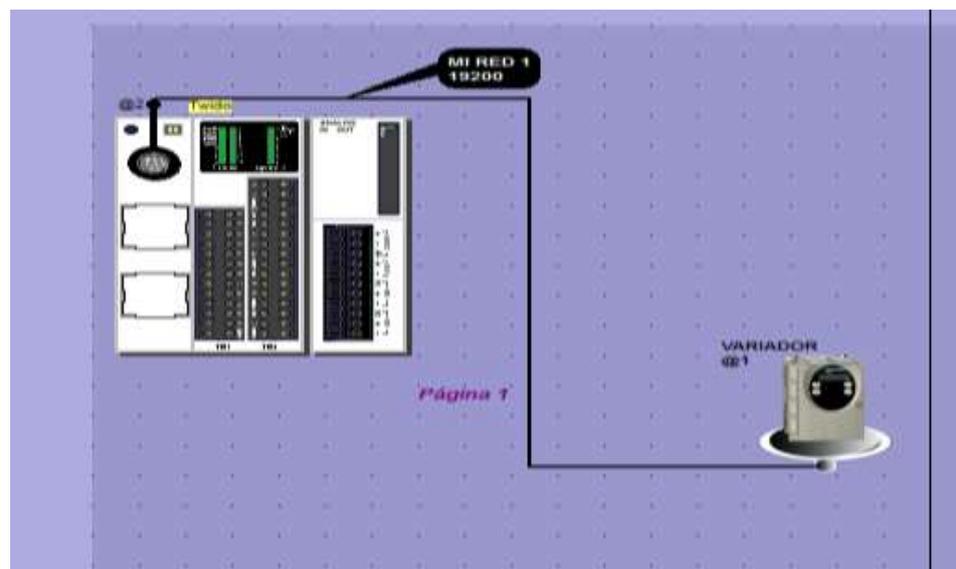


Figura 35: Comunicación PLC-Variador. Elaboración propia

Se utiliza la comunicación con un variador Altivar, el software tiene por defecto instrucciones, etiquetas y registros que comunican de manera directa por red Profibus estos dispositivos, a la vez nos da la opción de conectar una pantalla HMI u otros dispositivos de monitoreo y control.

Software twidosuite



Figura 36: Entorno TwidoSuite. Elaboración propia

El entorno twido facilita a programación, las herramientas de este software permite, la elección de dispositivos, programación y simulación.

Programación PLC en LIST

Figura 37: Programación de PLC lenguaje LIST. Elaboración propia

| | |
|----------|-------------------------------|
| 1 | IL |
| 0 | LD 1 |
| 1 | [D_MANAGER 0] |
| 2 | [D_SETPOINT_MODE_0 := 0] |
| 3 | [D_SETPOINT_0 := D_STATE_0] |
| 4 | [D_SELECT_SPEED 0] |
| 5 | LD AVANCE |
| 6 | OR %M0 |
| 7 | [D_RUN_FWD 0] |
| 8 | LD RETROCESO |
| 9 | OR %M1 |
| 10 | [D_RUN_REV 0] |
| 11 | LD PARAR |
| 12 | OR %M2 |
| 13 | [D_STOP 0] |
| 14 | LD INGRESAR_VELOCIDAD |
| 15 | OR %M4 |
| 16 | [D_STATE_0 := 1200] |
| 2 | IL |
| 0 | LD REGULACION |
| 1 | [%MW55 := 500] |
| 2 | LD [SENSOR_ < %MW55] |
| 3 | ST AV |
| 3 | IL |
| 0 | LD RESET_REGULACION |
| 1 | ST REV |

En las primeras líneas de programación se inicializa los ajustes del equipo en cero, además de la velocidad del variador, motor detenido



Figura 38: PLC y pantalla HMI. Unitronics V1040 10 Inch HMI and PLC | Integrated PLC & HMI,(2017)

Las opciones de integración son múltiples, la industria tecnológica permite interactuar fácilmente entre distintas marcas de dispositivos, además de reemplazar o migrar de una marca a otra según la disponibilidad del producto.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

La implementación reduce el tiempo de separación del producto que en condiciones cotidianas de trabajo se ven condicionadas al tiempo en que los operarios tardan en reemplazar las planchas perforadas.

Tabla 13: Tiempo de separación del producto.

| Cantidad de operarios | Tiempo requerido inicial | Tiempo requerido final |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 20 min. | 1 min |
| 2 | 15 min | 1 min |
| 3 | 10 min | 1 min |

Fuente: Elaboración propia.

En el diseño mecánico de la zaranda y modelado en el software inventor dio como resultado la resistencia y soporte adecuado, de la estructura sometido a los esfuerzos dimensionados con un índice de sobrecarga de 50% proyectado a el incremento futuro de la demanda de la producción.

El análisis con el software inventor también entregó resultados de desplazamientos mínimos y máximos obtenidos con la aplicación de cargas y fuerzas sobre los tamices.

Las zonas con mayor esfuerzo dentro de la estructura no representan riesgo alguno para la estructura. Los desplazamientos máximos obtenidos con la aplicación de cargas máximas no representan riesgo para la estructura.

Aplicando una carga de 1019kg-f /m² sobre la estructura en la simulación se observa que no existe deflexión alguna en el eje Z, lo cual garantiza que la estructura es capaz de soportar cargas.

Resultado de la simulación: En la figura se aprecia el esfuerzo realizado por los componentes de la estructura, aplicando una carga de 0,01 MPa. , se identifica las zonas de menor esfuerzo con el color azul, por lo tanto no se aprecia esfuerzo considerable para la carga aplicada en la estructura. Cabe precisar que la carga aplicada en la simulación está sobredimensionada, es equivalente a 1019kg-f/m², la carga que soportará la zaranda es de aproximadamente 390 kg máximo, en trabajo.

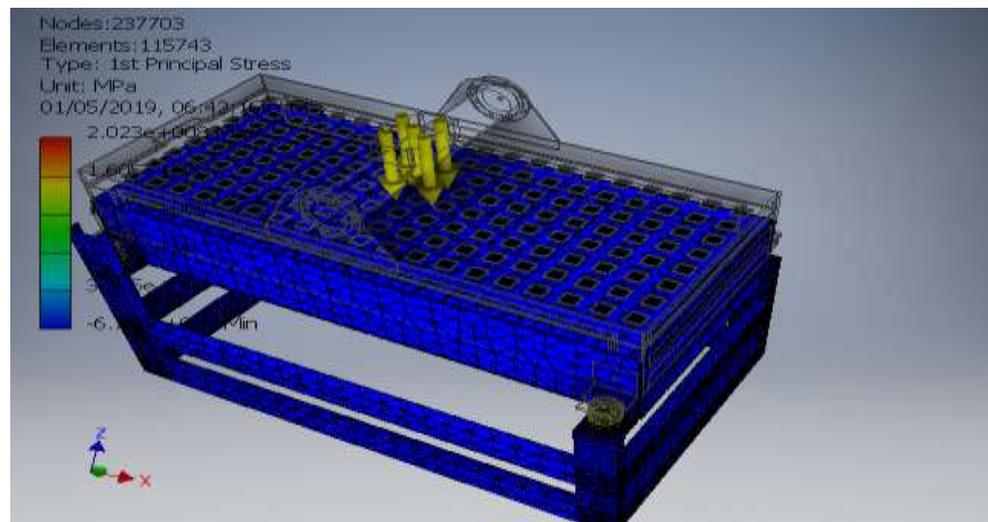


Figura 39: análisis de stress sobre estructura con carga estática

Tabla 14: Información en base al material usado en la estructura,

| Name | Steel, Mild | |
|---------|---------------------------|------------------------|
| General | Mass Density | 7.85 g/cm ³ |
| | Yield Strength | 207 MPa |
| | Ultimate Tensile Strength | 345 MPa |
| Stress | Young's Modulus | 220 GPa |
| | Poisson's Ratio | 0.275 ul |
| | Shear Modulus | 86.2745 GPa |

Fuente: Elaboración propia.

Además el software entrega información en base al material usado en la estructura, en su mayoría de característica homogénea, al ser de acero ASTM A36, con densidad de 7.85g/cm³, con un esfuerzo de fluencia de 207 MPa y un esfuerzo ultimo de 345 MPa.

El módulo de Young es de 220 GPa, es el módulo de elasticidad longitudinal del material.

Módulo de corte es de 85.2745 GPa

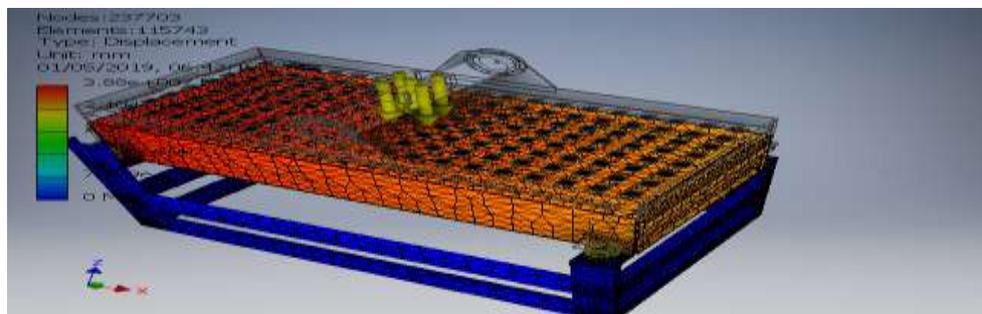


Figura 40: análisis de stress. En la figura se aprecia el esfuerzo realizado por los componentes de la estructura, aplicando una carga de 0,01 MPa

Según la simulación se obtiene un desplazamiento máximo de la estructura superior, sobre los resortes, de 20 mm como máximo, en el gráfico se observa el desplazamiento de la bandeja al ser sometida a un esfuerzo de 0.01 MPa. Este dato es relativo al aplicarse una carga con frecuencia y velocidad variable sobre la estructura los desplazamientos de la bandeja cambian, la vibración sobre los resortes, condicionan la movilidad, desplazamiento del producto.

Tabla 15: Resultados de simulación en software

| | | |
|----------------------|-----------------------|-------------------|
| Von Mises Stress | 0.00000477036 MPa | 399.431 MPa |
| 1st Principal Stress | -104.956 MPa | 419.165 MPa |
| 3rd Principal Stress | -403.202 MPa | 115.389 MPa |
| Displacement | 0 mm | 20.2595 mm |
| Safety Factor | 0.538265 ul | 15 ul |
| Stress XX | -221.778 MPa | 175.148 MPa |
| Stress XY | -121.655 MPa | 128.331 MPa |
| Stress XZ | -131.078 MPa | 122.006 MPa |
| Stress YY | -352.205 MPa | 187.284 MPa |
| Stress YZ | -116.269 MPa | 144.514 MPa |
| Stress ZZ | -333.347 MPa | 387.23 MPa |
| X Displacement | -0.459945 mm | 0.654191 mm |
| Y Displacement | -0.0222273 mm | 12.7019 mm |
| Z Displacement | -15.782 mm | 0.00998725 mm |
| Equivalent Strain | 0.0000000000194002 ul | 0.00182227 ul |
| 1st Principal Strain | -0.000000515865 ul | 0.00176929 ul |
| 3rd Principal Strain | -0.00198431 ul | 0.000000876798 ul |
| Strain XX | -0.000972954 ul | 0.000956463 ul |
| Strain XY | -0.000804797 ul | 0.000848959 ul |
| Strain XZ | -0.00086713 ul | 0.000807117 ul |
| Strain YY | -0.00179316 ul | 0.000968253 ul |
| Strain YZ | -0.000769164 ul | 0.000956017 ul |
| Strain ZZ | -0.00139503 ul | 0.00165312 ul |
| Contact Pressure | 0 MPa | 368.76 MPa |
| Contact Pressure X | -98.665 MPa | 61.841 MPa |
| Contact Pressure Y | -140.856 MPa | 201.385 MPa |
| Contact Pressure Z | -330.764 MPa | 258.594 MPa |

Fuente: Reporte del software Inventor

El modelado realizado respecto a la estructura del equipo ayuda a determinar la estabilidad del sistema el desplazamiento obtenido en un tiempo mínimo de 0.15 s.

El fenómeno de resonancia no actúa de manera perjudicial sobre la estructura.

En el análisis de resultados aplicados en el prototipo de pruebas se observa el funcionamiento del sistema la selección del grano es adecuada, todo es controlado de manera idónea tras pruebas a menor escala se comprueba el control eléctrico y mecánico de manera tangible y real.

Pruebas a escala en prototipo demuestran la relación entre velocidad, vibración y amplitud de desplazamiento.

El prototipo desarrolla la performance deseada del sistema. La estructura está construida en aluminio. El motovibrador está construido con un motor DC con desbalance a escala obteniendo una fuerza de aplicación sobre la estructura que es captado por el equipo de análisis vibracional. Los resortes tienen un coeficiente de elasticidad obtenido mediante experimentación y aplicación de fórmulas físicas adecuándose a los productos encontrados en el mercado. Las planchas perforadas se construyeron con aglomerado elaborado con fibras de madera aglutinadas con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor, en seco, conocido también como mdf, y maquinado con corte láser. El accionamiento de

movimiento lineal lo produce en este caso el servomotor MG995 con fuerza de 15Kg mediante el uso de articulaciones adaptadas.

El control total del prototipo es mediante una interfaz física con la placa electrónica Arduino, modulo driver L297B.

El control e interfaz lógica de conexión es mediante el software Matlab haciendo uso de la herramienta “guide” que facilita una interfaz gráfica que se asimila a la de un PLC.

Los resultados se detallan con la experimentación entre valores programados y valores reales medidos, las muestras de producto seleccionado con respecto al valor requerido y las mediciones de análisis vibracional haciendo uso de equipos analizadores vibracionales de la marca Erbesd Instruments para corroborar la variación de fuerza ejercida por los vibradores al influir en la velocidad de los motores con el variador de frecuencia.

Se adjuntan tablas de resultados.

Tabla 16: Resultado de pruebas con elección de velocidades

| VELOCIDAD RPM | FRECUENCIA Hz | VIBRACION mm/s | DESPLAZAMIENTO Um |
|------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| 932 | 5 | 0.63 | 350 |
| 935 | 10 | 5.2 | 378 |
| 1055 | 15 | 9.69 | 879 |
| 1102 | 20 | 35.9 | 640 |
| 1375 | 25 | 36.9 | 500 |

Fuente: Elaboración propia.

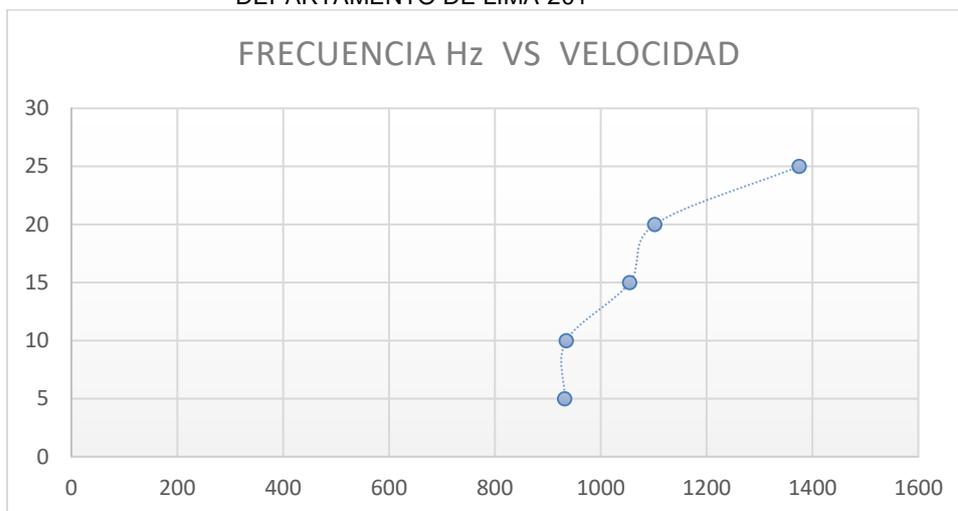


Figura 41: Relación entre frecuencia simulada y velocidad obtenida en prototipo

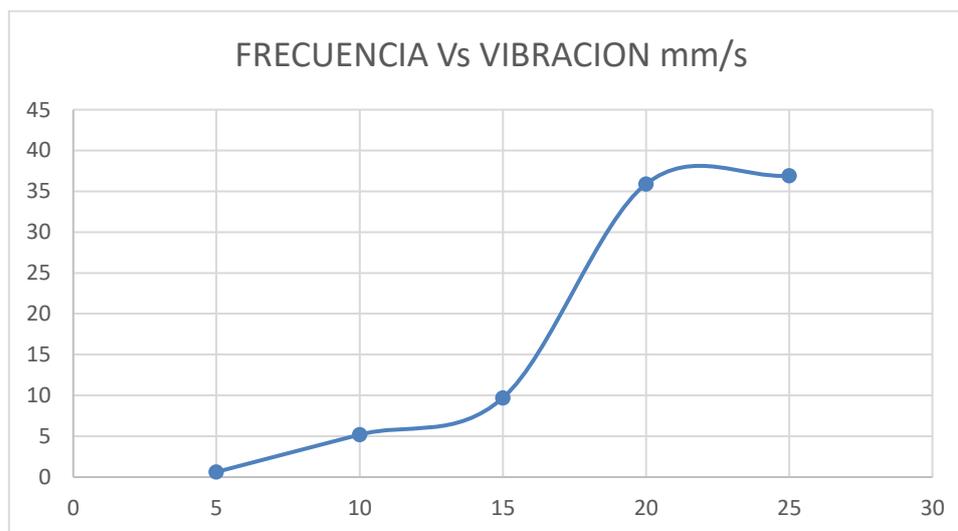


Figura 42: Relación entre frecuencia simulada y vibración obtenida en prototipo

Resultado de los ensayos con el prototipo se obtuvo la relación entre frecuencia simulada y vibración obtenida y medida con equipo de laboratorio, en el gráfico se observa la tendencia de incremento de desplazamiento por segundo obtenidos al incrementar la frecuencia de rotación del motovibrador.

Tabla 17: Resultado de pruebas con variación del diámetro seleccionado

| Diámetro Programado | Diámetro medido | Granulometría obtenida |
|---------------------|-----------------|------------------------|
| mm | Mm | mm |
| 5 | 5.1 | 4.8 |
| 7 | 7.3 | 6.5 |
| 10 | 10.3 | 9.6 |
| 12 | 12 | 11.8 |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 43: Relación entre frecuencia simulada y vibración obtenida en prototipo tiene repercusión con la calidad de producto deseado

Figura 44: Paquete de sensores ópticos y vibracionales usados. Elaboración propia.



Resultados

| Día | 1 | Muestreo | 30 min | | Comparativa | sin | |
|-----------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | Zaranda | |
| N° de muestra | Peso kg | Maíz % | Polvo % | Calidad | Maíz % | Polvo% | Calidad |
| 1 | 2,5 | 99,65 | 0,35 | +++ | 93,2 | 6,8 | + - - |
| 2 | 2,5 | 99,75 | 0,25 | +++ | 92,1 | 7,9 | + - - |
| 3 | 2,505 | 99,68 | 0,32 | +++ | 92,1 | 7,9 | + - - |
| 4 | 2,504 | 99,95 | 0,05 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| 5 | 2,5 | 99,89 | 0,11 | +++ | 94,2 | 5,8 | + - - |
| 6 | 2,504 | 99,72 | 0,28 | +++ | 91,5 | 8,5 | + - - |
| 7 | 2,498 | 99,67 | 0,33 | +++ | 91,3 | 8,7 | + - - |
| 8 | 2,499 | 99,58 | 0,42 | +++ | 91,4 | 8,6 | + - - |
| 9 | 2,5 | 99,75 | 0,25 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| 10 | 2,497 | 99,85 | 0,15 | +++ | 90,2 | 9,8 | + - - |
| 11 | 2,5 | 99,67 | 0,33 | +++ | 90,1 | 9,9 | + - - |
| 12 | 2,503 | 99,85 | 0,15 | +++ | 90,9 | 9,1 | + - - |
| 13 | 2,504 | 99,74 | 0,26 | +++ | 91,5 | 8,5 | + - - |
| 14 | 2,502 | 99,59 | 0,41 | +++ | 90,4 | 9,6 | + - - |
| 15 | 2,5 | 99,85 | 0,15 | +++ | 93,2 | 6,8 | + - - |
| 16 | 2,505 | 99,84 | 0,16 | +++ | 91,2 | 8,8 | + - - |
| 17 | 2,504 | 99,73 | 0,27 | +++ | 91,2 | 8,8 | + - - |
| 18 | 2,503 | 99,75 | 0,25 | +++ | 91,4 | 8,6 | + - - |
| 19 | 2,505 | 99,68 | 0,32 | +++ | 91,3 | 8,7 | + - - |
| 20 | 2,504 | 99,69 | 0,31 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| Promedio | 2,50185 | 99,744 | 0,256 | 100 | 91,705 | 8,295 | 100 |
| Totales | | 2,49544526 | 0,00640474 | 2,50185 | 2,292625 | 0,207375 | 2,5 |
| Total por 1000 Kg | | 998,178106 | 1,8218944 | 1000 | 917,05 | 82,95 | 1000 |
| Total por 30000 Kg | Por hora | 29945,3432 | 54,656832 | 30000 | 27511,5 | 2488,5 | 30000 |
| Total por 12 Horas | | 359344,118 | 655,881984 | 360000 | 330138 | 29862 | 360000 |
| Toneladas total | | 359,344118 | 0,65588198 | 360 | 330,138 | 29,862 | 360 |

Resultados

| Día | 2 | Muestreo | 30 min | | Comparativa | sin | |
|----------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | Zaranda | |
| N° de muestra | Peso kg | Maíz % | Polvo % | Calidad | Maíz % | Polvo% | Calidad |
| 1 | 2,55 | 99,45 | 0,55 | +++ | 93,2 | 6,8 | +- - |
| 2 | 2,49 | 99,65 | 0,35 | +++ | 92,1 | 7,9 | +- - |
| 3 | 2,405 | 99,58 | 0,42 | +++ | 92,1 | 7,9 | +- - |
| 4 | 2,51 | 99,45 | 0,55 | +++ | 92,3 | 7,7 | +- - |
| 5 | 2,5 | 99,69 | 0,31 | +++ | 94,2 | 5,8 | +- - |
| 6 | 2,51 | 99,52 | 0,48 | +++ | 91,5 | 8,5 | +- - |
| 7 | 2,47 | 99,47 | 0,53 | +++ | 91,3 | 8,7 | +- - |
| 8 | 2,48 | 99,45 | 0,55 | +++ | 91,4 | 8,6 | +- - |
| 9 | 2,5 | 99,64 | 0,36 | +++ | 92,3 | 7,7 | +- - |
| 10 | 2,55 | 99,65 | 0,35 | +++ | 90,2 | 9,8 | +- - |
| 11 | 2,49 | 99,47 | 0,53 | +++ | 90,1 | 9,9 | +- - |
| 12 | 2,56 | 99,65 | 0,35 | +++ | 90,9 | 9,1 | +- - |
| 13 | 2,55 | 99,54 | 0,46 | +++ | 91,5 | 8,5 | +- - |
| 14 | 2,53 | 99,38 | 0,62 | +++ | 90,4 | 9,6 | +- - |
| 15 | 2,5 | 99,81 | 0,19 | +++ | 93,2 | 6,8 | +- - |
| 16 | 2,5 | 99,63 | 0,37 | +++ | 91,2 | 8,8 | +- - |
| 17 | 2,5 | 99,53 | 0,47 | +++ | 91,2 | 8,8 | +- - |
| 18 | 2,54 | 99,35 | 0,65 | +++ | 91,4 | 8,6 | +- - |
| 19 | 2,502 | 99,54 | 0,46 | +++ | 91,3 | 8,7 | +- - |
| 20 | 2,49 | 99,49 | 0,51 | +++ | 92,3 | 7,7 | +- - |
| Promedio | 2,50635 | 99,547 | 0,453 | 100 | 91,705 | 8,295 | 100 |
| Totales | | 2,49499623 | 0,01135377 | 2,50635 | 2,292625 | 0,207375 | 2,5 |
| Total por 1000 Kg | | 997,998494 | 2,0015062 | 1000 | 917,05 | 82,95 | 1000 |
| Total por 30000 Kg | Por hora | 29939,9548 | 60,045186 | 30000 | 27511,5 | 2488,5 | 30000 |
| Total por 12 Horas | | 359279,458 | 720,542232 | 360000 | 330138 | 29862 | 360000 |
| Toneladas total | | 359,279458 | 0,72054223 | 360 | 330,138 | 29,862 | 360 |

| Resultados | | | | | | | |
|----------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|---------------|----------------|
| Día | 3 | Muestreo | 30 min | | Comparativa | sin | Zaranda |
| N° de muestra | Peso kg | Maíz % | Polvo % | Calidad | Maíz % | Polvo% | Calidad |
| 1 | 2,5 | 99,55 | 0,45 | +++ | 93,2 | 6,8 | + - - |
| 2 | 2,5 | 99,65 | 0,35 | +++ | 92,1 | 7,9 | + - - |
| 3 | 2,5 | 99,68 | 0,32 | +++ | 92,1 | 7,9 | + - - |
| 4 | 2,5 | 99,35 | 0,65 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| 5 | 2,5 | 99,69 | 0,31 | +++ | 94,2 | 5,8 | + - - |
| 6 | 2,5 | 99,52 | 0,48 | +++ | 91,5 | 8,5 | + - - |
| 7 | 2,5 | 99,47 | 0,53 | +++ | 91,3 | 8,7 | + - - |
| 8 | 2,5 | 99,45 | 0,55 | +++ | 91,4 | 8,6 | + - - |
| 9 | 2,5 | 99,74 | 0,26 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| 10 | 2,5 | 99,65 | 0,35 | +++ | 90,2 | 9,8 | + - - |
| 11 | 2,5 | 99,47 | 0,53 | +++ | 90,1 | 9,9 | + - - |
| 12 | 2,5 | 99,55 | 0,45 | +++ | 90,9 | 9,1 | + - - |
| 13 | 2,5 | 99,54 | 0,46 | +++ | 91,5 | 8,5 | + - - |
| 14 | 2,5 | 99,38 | 0,62 | +++ | 90,4 | 9,6 | + - - |
| 15 | 2,5 | 99,81 | 0,19 | +++ | 93,2 | 6,8 | + - - |
| 16 | 2,5 | 99,63 | 0,37 | +++ | 91,2 | 8,8 | + - - |
| 17 | 2,5 | 99,73 | 0,27 | +++ | 91,2 | 8,8 | + - - |
| 18 | 2,5 | 99,35 | 0,65 | +++ | 91,4 | 8,6 | + - - |
| 19 | 2,5 | 99,44 | 0,56 | +++ | 91,3 | 8,7 | + - - |
| 20 | 2,5 | 99,39 | 0,61 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| Promedio | 2,5 | 99,552 | 0,448 | 100 | 91,705 | 8,295 | 100 |
| Totales | | 2,4888 | 0,0112 | 2,5 | 2,292625 | 0,207375 | 2,5 |
| Total por 1000 Kg | | 995,52 | 4,48 | 1000 | 917,05 | 82,95 | 1000 |
| Total por 30000 Kg | Por hora | 29865,6 | 134,4 | 30000 | 27511,5 | 2488,5 | 30000 |
| Total por 12 Horas | | 358387,2 | 1612,8 | 360000 | 330138 | 29862 | 360000 |
| Toneladas total | | 358,3872 | 1,6128 | 360 | 330,138 | 29,862 | 360 |

Resultados

| Día | | 4 Muestreo 30 min | | | Comparativa sin Zaranda | | |
|--------------------|----------|-------------------|-----------|---------|-------------------------|----------|---------|
| N° de muestra | Peso kg | Maíz % | Polvo % | Calidad | Maíz % | Polvo% | Calidad |
| 1 | 2,5 | 99,4 | 0,6 | +++ | 93,2 | 6,8 | + - - |
| 2 | 2,5 | 99,72 | 0,28 | +++ | 92,1 | 7,9 | + - - |
| 3 | 2,5 | 99,78 | 0,22 | +++ | 92,1 | 7,9 | + - - |
| 4 | 2,5 | 99,55 | 0,45 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| 5 | 2,5 | 99,52 | 0,48 | +++ | 94,2 | 5,8 | + - - |
| 6 | 2,5 | 99,62 | 0,38 | +++ | 91,5 | 8,5 | + - - |
| 7 | 2,5 | 99,47 | 0,53 | +++ | 91,3 | 8,7 | + - - |
| 8 | 2,5 | 99,45 | 0,55 | +++ | 91,4 | 8,6 | + - - |
| 9 | 2,5 | 99,64 | 0,36 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| 10 | 2,5 | 99,65 | 0,35 | +++ | 90,2 | 9,8 | + - - |
| 11 | 2,5 | 99,77 | 0,23 | +++ | 90,1 | 9,9 | + - - |
| 12 | 2,5 | 99,65 | 0,35 | +++ | 90,9 | 9,1 | + - - |
| 13 | 2,5 | 99,56 | 0,44 | +++ | 91,5 | 8,5 | + - - |
| 14 | 2,5 | 99,38 | 0,62 | +++ | 90,4 | 9,6 | + - - |
| 15 | 2,5 | 99,71 | 0,29 | +++ | 93,2 | 6,8 | + - - |
| 16 | 2,5 | 99,63 | 0,37 | +++ | 91,2 | 8,8 | + - - |
| 17 | 2,5 | 99,63 | 0,37 | +++ | 91,2 | 8,8 | + - - |
| 18 | 2,5 | 99,45 | 0,55 | +++ | 91,4 | 8,6 | + - - |
| 19 | 2,5 | 99,64 | 0,36 | +++ | 91,3 | 8,7 | + - - |
| 20 | 2,5 | 99,67 | 0,33 | +++ | 92,3 | 7,7 | + - - |
| Promedio | 2,5 | 99,5945 | 0,4055 | 100 | 91,705 | 8,295 | 100 |
| Totales | | 2,4898625 | 0,0101375 | 2,5 | 2,292625 | 0,207375 | 2,5 |
| Total por 1000 Kg | | 995,945 | 4,055 | 1000 | 917,05 | 82,95 | 1000 |
| Total por 30000 Kg | Por hora | 29878,35 | 121,65 | 30000 | 27511,5 | 2488,5 | 30000 |
| Total por 12 Horas | | 358540,2 | 1459,8 | 360000 | 330138 | 29862 | 360000 |
| Toneladas total | | 358,5402 | 1,4598 | 360 | 330,138 | 29,862 | 360 |

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Los análisis realizados a escala detallan el correcto funcionamiento del sistema cabe resaltar y tomar en consideración que las proyecciones con mayor carga implica la aplicación de un sistema de control robusto, el manejo de cilindros neumáticos con mayor capacidad de carga. Una interfaz de control con PLC y HMI es posible sin complicaciones.

En un sistema de aplicación real la programación debe tener restricciones de frecuencia para evitar caer en resonancia, eso debe ser aplicado en el momento de la instalación del equipo, con esto evitaríamos perjudicar la vida útil de la zaranda.

En función de la vibración aplicada se obtendrá un determinado resultado de cantidad de polvo y/o producto separado. Se toma en cuenta la futura aplicación de celdas de peso que podrían brindar parámetros de control más precisos.

La aplicación del control de mallas perforadas están en proceso de prueba, se requieren pruebas más exhaustivas para determinar el tiempo de trabajo y vida útil de estos implementos, el mantenimiento del equipo limpieza de áreas de deslizamiento y recorrido de las mallas deben mantenerse para

lograr un desplazamiento uniforme y no tener obstrucciones, con estas condiciones ideales se garantiza la adecuada granulometría del producto

deseado, no solo maíz, la aplicación puede ser utilizada en distintos procesos donde se requiera separar por tamaños un determinado insumo.

En las pruebas y programación se considera el uso del PLC, la marca y software es indiferente para la aplicación, la función aplicarse es básica de control, en la actualidad la mayoría de equipos de control, tiene la capacidad de enlazarse con variadores de frecuencia y poder controlarlos ya sea por comandos a través de comunicación directa o haciendo uso de las entradas análogas del propio variador, también es posible realizar el control con las entradas digitales del equipo restringiendo así a un determinada número de posibles velocidades, pero logrando de igual manera el objetivo de control de frecuencia deseada. También el control de movimiento de las mallas perforadas se optó por un empuje neumático por las condiciones de trabajo de la planta, sin embargo el actuador también pudo haber sido un sistema con servomotor y cremallera para lograr un control efectivos supliendo la necesidad de un sensor de proximidad, en este caso también los PLC's tienen la capacidad a través de los servoamplificadores de realizar movimientos de torque considerables, un ejemplo claro son las maquinas CNC.

Como se puede apreciar la aplicación de múltiples disciplinas se han aplicado, para el diseño de un este equipo, el estudio es extenso, como es

propio de la carrera cada parte que interviene en la fabricación de una máquina, tiene un extenso camino teórico, que va desde el diseño mecánico, aplicación neumática, electro neumática, electricidad de

potencia, programación, electrónica, estudio estadístico, estudio de resultados, consecuencias mecánicas, estudio de fiabilidad, costos y presupuestos. Es claro que toda la explicación teórica quedará corta sin embargo, la idea siempre tiene y debe ser mejorada. Es compromiso de cada uno de los estudiantes de las carreras afines, mecatrónica, electrónica, mecánica consideren la implementación y mejora de procesos con el valor agregado de la profesión que están ejerciendo.

4.2 Conclusiones

El diseño del equipo fue favorable en cuanto al objetivo planteado, si es posible crear un sistema de selección variable. La solución buscada tiene relación directa con los resultados obtenidos con el prototipo en la aplicación y pruebas los cuadros obtenidos lo reflejan.

La descripción de la situación actual detalla de manera real y coherente la situación de desarrollo productivo en la mayoría de plantas de procesamiento de alimento para animales, desde la recepción de materias primas hasta la distribución del producto final, de manera ordenada y

controlada cada etapa sigue un esquema estratégico ideal que promueve una producción efectiva.

La aplicación de software's y simulación del comportamiento mecánico facilitan los cálculos de construcción y minimizan los errores, actuando de manera preventiva en los puntos más frágiles de la estructura, determinando la resistencia y durabilidad del equipo.

El modelamiento matemático en este caso se aplica para determinar la estabilidad del sistema en el tiempo y evitar la frecuencia de resonancia en el sistema. La aplicación de las fórmulas que refieren como evitar la resonancia se toman en cuenta para preservar la durabilidad de la zaranda.

El sistema eléctrico comprende una etapa de control y una etapa de fuerza, la etapa de control consiste en la comunicación del PLC con el variador de frecuencia, en este caso se usa la comunicación Modbus, haciendo uso del asistente del software twido, para facilitar la conexión se usan los dispositivos compatibles. El conexionado de electroválvulas y sensor de distancia analógico van conectados hacia al PLC como detallan los diagramas y planos del circuitos. La parte eléctrica de fuerza es básicamente la alimentación del Motovibrador con un voltaje de servicio trifásico.

La programación se realiza mediante el software twidosuite, que tiene herramientas que permiten una comunicación sencilla mediante sus

bloques de función. La programación comprende la parte de comunicación con el variador de frecuencia, la modificación de parámetros, una parte de recepción de la señal análoga del sensor ultrasonido que determina la posición de la plancha y dos señales de control discretas para el accionamiento de la electroválvula, control que se muestra consistente para la aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- *Sánchez, J. (2014). Simulación dinámica de mecanismos con autodesk inventor profesional. España.*
- *Hibbeler R.C. (2004) Mecánica Vectorial Para Ingenieros. Estática. México: Pearson Educación.*
- *Coeficiente alfa de Cronbach. (2017). Asesoriatosis1960.blogspot.pe.27. Recuperado de: <http://asesoriatosis1960.blogspot.pe/2014/07/coeficiente-alfa-de-cronbach.html>*
- *Santana, V. (2016). Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en Ecuador.*
- *Torres, J. (2015). Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la ciudad de Cuenca. tesis de titulación. Universidad politécnica de Salesiana.*

- *Santana Chóez, V. L. (2016). Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en el Ecuador. Tesis. Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17744>*
- *Vélez Sánchez, J. G. (2017). Analisis de la estimación de la demanda electrica con la implementación de vehículos electricos conectados a una red de distribución en Cuenca y el Ecuador. Tesis. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27353>*
- *Peña, C. (2011). Estudio de baterias para vehiculos electricos. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/11805>*
- *Rodriguez, M. (2010). Parking fotorvoltaico con recarga para vehiculos electricos. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/11011>*
- *Galindo, N. (2015). “Impacto de la incorporacion del vehiculo electrico en la integracion de energias renovables en el sistema electrico”. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/10211>*
- *Iniesta, A. (2015). Vehiculo electrico: ¿Una opcion de futuro en los sistemas electricos?. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/23352>.*

- *Viesca, G. (2017). "Estudio tecnoeconomico de las necesidades del parque automovilistico de una ciudad para su adaptacion al coche electrico". Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/27399>.*
- *Gonzales, J. (2009). "Integracion de los vehiculos electricos en los sistemas electricos". Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/7706>.*
- *Martin, J. (2013). Herramienta de simulación de vehiculos electricos . recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/17661>.*
- *Marin, P. (2013). "Aplicación software para la simulacion del funcionamiento energetico de vehiculos electricos". Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/18057>*
- *Martin, D. (2016). Integracion del vehiculo electrico en el sistema electrico español. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/27346>*
- *Guerrero, V (2012). Estudio sobre los gestores de cargas para vehiculos electricos. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10016/16588>*