

# **DISEÑO DE UNA PROCESADORA DE CAFÉ PARA EL SECTOR CAFETERO DEL PAIS**



**MICHAEL CASTAÑO**

**1088315255**

**GIBERGEE MIRANDA LONGA**

**1113649797**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE TECNOLOGIAS**

**INGENIERÍA EN MECATRÓNICA POR CICLOS**

**PEREIRA**

**2015**

**DISEÑO DE UNA PROCESADORA DE CAFÉ PARA EL SECTOR  
CAFETERO DEL PAIS**

**MICHAEL CASTAÑO**

**1088315255**

**GIBERGEE MIRANDA LONGA**

**1113649797**

**Este trabajo es presentado como requisito para optar al título de  
Tecnología en Mecatrónica**

**Director**

**ING. CRISTIAN CAMILO CAÑAVERAL AVILES**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA**

**FACULTAD DE TECNOLOGIAS**

**PEREIRA**

**2015**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del presidente jurado

Pereira, 13 de agosto de 2015

## RESUMEN

Este proyecto consiste en el diseño en CAD de una máquina económica y compacta encargada de despulpar, desmucilaginar y seleccionar el café. Para el desarrollo de este proyecto se investigó los diferentes estados del café, la manera de remover la cascara sin que se afecte la calidad del grano. Con este proyecto tecnológico se podrá obtener una reducción en el consumo de agua, y un control de la contaminación de las aguas de más 90%. Sin afectar la clasificación del grano, ya que al despulpar el café sin agua se evita la contaminación, gracias a la utilización de un tornillo sinfín que lleva el café pelado hacia el desmucilaginador de flujo ascendente, con un mínimos consumo de agua.

La máquina cuenta con sensores debidamente ubicados para saber en qué etapa está el café para evitar derrames de agua y consumo de energía. Los sensores envían información a un sistema microcontrolado que decide si se encienden o se apagan los motores encargados de mover los dispositivos contenidos en este proyecto.

## Contenido

	Pág.
0. INTRODUCCIÓN.....	9
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE ANÁLISIS DEL CAFÉ Y SUS PROCESOS.....	11
1.1. HISTORIA DEL CAFÉ .....	11
1.2. EL GRANO DE CAFÉ .....	12
1.3. CULTIVO DE CAFÉ.....	13
1.4. PROCESADO DE CAFÉ TRADICIONAL.....	14
1.4.1. Recolección de café cereza .....	14
1.4.2. Despulpado .....	14
1.4.3. Fermentación .....	15
1.4.4. Lavado .....	15
1.4.5. Secada .....	15
1.4.6. Tostado .....	15
1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESADO DE CAFÉ .....	15
1.5.1. Método seco .....	16
1.5.2. Método húmedo .....	17
1.6. CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ.....	18
1.7. REMOCIÓN DEL MUCILAGO DEL CAFÉ DESPULPADO .....	19
1.7.1. Fermentación natural .....	19
1.7.2. Desmucilaginado mecánico .....	20
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE HERRAMIENTAS A UTILIZAR .....	21
2.1. SOLIDWORKS.....	21
2.1.1. Módulo SolidWorks Motion.....	21
2.2. LabVIEW .....	22
2.2.1. Módulo LabVIEW NI SoftMotion.....	24
2.2.2. Módulo NI LabVIEW Real-Time .....	25
2.3. ARDUINO.....	26
3. DISEÑO EN CAD DE LA PROCESADORA .....	28
3.1. ESTRUCTURA DE LA MAQUINA PROCESADORA DE CAFÉ .....	28
3.2. MAQUINA PELADORA DE CAFÉ.....	29
3.3. DISEÑO DE TORNILLO SIN FÍN .....	30
3.4. REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO .....	32

3.5.	ZARANDA CIRCULAR .....	33
3.6.	SOPORTES .....	34
3.7.	DEPÓSITOS .....	35
4.	ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DESPLAZAMIENTO .....	37
5.	SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL .....	39
5.1.	DISEÑO DE CONTROL PARA EL PRIMER MOTOR .....	39
5.2.	DISEÑO DE CONTROL PARA EL SEGUNDO MOTOR.....	41
5.3.	DISEÑO DE CONTROL PARA EL TERCER MOTOR .....	42
6.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.....	44
6.1.	EL MICROCONTROLADOR .....	44
6.2.	DRIVER .....	45
6.3.	SENSORES.....	46
7.	PRESUPUESTO .....	48
8.	CONCLUSIONES.....	50
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
10.	ANEXOS .....	53

## ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Árbol de café en Ámsterdam 1680 .....	11
Ilustración 2: Composición del fruto de café .....	13
Ilustración 3: Planta de café (cafeto).....	14
Ilustración 4: Café procesado por el método seco.....	17
Ilustración 5: Café procesado por el método húmedo.....	18
Ilustración 6: Ventana del panel frontal .....	23
Ilustración 7: Ventana de diagrama de bloques de LabVIEW.....	23
Ilustración 8: Diagrama descriptivo del módulo SoftMotion.....	24
Ilustración 9: Diagrama descriptivo de modulo real-time .....	25
Ilustración 10: Plataforma Arduino UNO .....	27
Ilustración 11: Diseño completo de la maquina procesadora de café .....	28
Ilustración 12: Estructura de la procesadora de café .....	29
Ilustración 13: Máquina despulpadora de café.....	30
Ilustración 14: Tornillo sinfín.....	30
Ilustración 15: Medidas del tornillo sinfín.....	31
Ilustración 16: Ecuaciones para el cálculo del tornillo sinfín .....	31
Ilustración 17: Tornillo de la maquina desfermentadora .....	32

Ilustración 18: Carcasa de la desfermentadora.....	33
Ilustración 19: Diseño de Zaranda circular.....	34
Ilustración 20: Soporte con rodamiento o chumacera.....	35
Ilustración 21: Deposito de café.....	36
Ilustración 22: Análisis de esfuerzo sobre la estructura.....	37
Ilustración 23: Análisis de desplazamiento .....	38
Ilustración 24: Control del primer motor realizado en LabVIEW.....	40
Ilustración 25: Modulo Straight-Line Move de LabVIEW utilizado para interactuar con SolidWorks .....	40
Ilustración 26: Control del segundo motor diseñado en LabVIEW.....	42
Ilustración 27: Control para el Tercer motor diseñado en LabVIEW.....	43
Ilustración 28 Fracción del código diseñado con Arduino que muestra la configuración de los sensores.....	44
Ilustración 29: fracción de código que muestra el control para el primer motor.....	45
Ilustración 30: Fracción de código que muestra el control para el segundo y tercer motor .....	45
Ilustración 31: Diseño del driver de Comunicación entre Arduino y los motores.....	46
Ilustración 32: Sensor infrarrojo reflectivo .....	47
Ilustración 33: Conexión del Sensor.....	47

## TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Estándares par el tornillo sinfín .....	31
Tabla 2: Costos de mano de obra .....	49

## ANEXOS

	Pág.
Anexo 1.....	53
Anexo 2.....	57

## GLOSARIO

**CAFE ARÁBICA:** es originario de Etiopía y comprende un gran número de variedades, las cuales se diferencian solamente porque crecen en diferentes suelos, a diferentes altitudes, en distintos climas o porque están sujetas a diferentes influencias.

**DESFERMENTACION:** proceso por el cual se remueve el mucilago o miel del café

**DESMUCILAGINADOR:** es una máquina que tiene como función remover el mucilago del café

**EL MUCÍLAGO:** es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad.

Los mucílagos son análogos, por su composición y sus propiedades, a las gomas, dan con el agua disoluciones viscosas o se hinchan en ellas para formar una pseudodisolución gelatinosa.

**TOLVA:** es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte.



## 0. INTRODUCCIÓN

La calidad de un grano de café está condicionada por una gran cantidad de factores. Así, todas las circunstancias que rodean su crecimiento y producción como el clima, la forma en que la tierra y los árboles son tratados, la altitud, la composición del suelo, la sombra que reciben los cafetales, el tipo de recolección de la cereza y por último, el tipo de proceso utilizado para tratar los granos van a determinar sus particularidades y su sabor.

Hoy en día la tecnología ha ayudado a mejorar y hacer más eficiente el proceso sin reducir la calidad de café, ya que esta influye mucho en su sabor.

Uno de los motivos por el cual se da tanta importancia al modo en que se procesa el café es porque afecta en gran manera a la taza final, y si se hace de forma errónea en alguno de sus pasos, se reflejará de forma negativa.

El procesado del café consiste en separar los granos que están dentro de la cereza de sus películas exteriores (cáscara y mucílago), que están pegados a un fino pergamino que recubre y protege al grano. Más tarde, con el grano ya seco, se retira ese pergamino que le recubre, justo antes de ser envasado en sacos de 70 kilos y enviados al país de destino.

Es muy importante el diseño de una procesadora de café que reduzca el impacto ambiental y mejore la eficiencia del tratamiento del producto.

### Objetivo general

- Realizar el diseño de una procesadora de café para el sector cafetero del país la cual cumple funciones de pelar y clasificar dicho producto.

### Objetivos específicos

- Diseñar en un software de CAD la estructura mecánica de la procesadora de café.
- Simular los esfuerzos a los que la procesadora estará sometida.
- Diseñar el programa que controlará los procesos de clasificación.
- Diseño y simulación de circuitos electrónicos.

## Antecedentes

Según el centro internacional de agricultura orgánica, CIAO en conjunto con el comité Departamental de cafeteros de Risaralda y con la cofinanciación de sintap pronatta, se están desarrollando proyectos que dan a conocer las tecnologías que conduzcan a los caficultores a realizar las labores de pos cosecha del café, dentro del contexto del beneficio ecológico del café con manejo de subproductos, desarrollado por cenicafé: BECOLSUB.

El BECOLSUB es una tecnología de beneficio del café, diseñada por el centro nacional de investigación de café CENICAFE la cual permite disminuir considerablemente el consumo de agua en este proceso, incrementar los ingresos del productor y evitar la contaminación de quebradas y ríos.

## 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA SOBRE ANÁLISIS DEL CAFÉ Y SUS PROCESOS

En el presente capítulo se estudiara el café de donde viene y que procesos se le realizan para estar acto para el consumo.

### 1.1. HISTORIA DEL CAFÉ

Hasta el siglo XV el café solo se encontraba en África oriental, después los holandeses introdujeron el café a América central y del sur, la cual fue la mejor idea porque la planta prospera en climas tropicales, especialmente en terrenos bien elevados con buen drenaje, como ocurrió en Brasil y Colombia.

Ilustración 1: Árbol de café en Ámsterdam 1680



El café se convirtió en una bebida universal y el principal ingreso monetario de algunos países. El tratamiento que se le hace al café actual mente se hace

manualmente, el principal paso es separar la cascara (pulpa) del café por medio de la maquina peladora de café, luego separar por medio de una zaranda el café bueno del malo (pasilla), para llevar a cabo estos pasos se requiere un arduo labor y esfuerzo. Se ha visto que en la clasificación del café tiene un proceso largo y difícil.

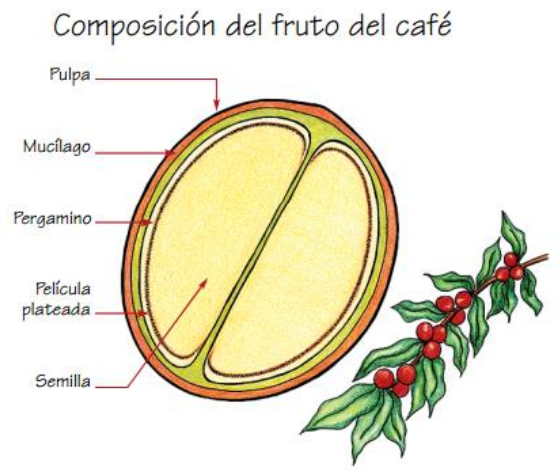
## **1.2. EL GRANO DE CAFÉ**

El grano de café es la semilla de un fruto de vivo color rojo parecido a una pequeña cereza. Los frutos aparecen en haces o glomérulos a lo largo de las ramas de un árbol de brillantes hojas de color verde oscuro en el fruto se encuentran dos semilla, generalmente se forman varias veces al año

Existen más de 25 especies silvestres de cafeto en varios países tropicales del viejo mundo. Pero solo tres de ellas dan frutos que produzcan, una vez tostados, el típico aroma de café.

El 90 por ciento de la producción mundial del café proviene del cafeto árabe que da el grano de aroma más fino que se conoce. El cafeto Congo de África central y el cafeto liberiano de la costa occidental africana, son los otros dos únicos tipos comerciales de cafeto.

## Ilustración 2: Composición del fruto de café



### 1.3. CULTIVO DE CAFÉ

El cafeto se produce de semilla. Las plantas se pasan del semillero a un vivero de donde se trasplantan al cabo de año y medio, o bien se traspan directamente del semillero a la plantación. Se colocan en hileras a distancia de 3 a 4 metros con objeto de facilitar la recolección, se limita el crecimiento de las plantas a 2 o 3 metros con frecuencias se plantan en el cafetal arboles de sombrío. Los cafeteros mantenidos bajo sombra dan un producto de aroma más fino este es el llamado café suave, que tiene especial demanda en el mercado para la preparación de mezclas comerciales de calidad.

El cafeto empieza a producir aproximadamente a los 18 meses y continúa produciendo por cerca de 8 años. En el eje cafetero por condiciones del clima se efectúan dos recolecciones al año. Cada árbol produce anualmente de 1 a 3 kg de fruto. El fruto maduro se arranca a mano de la mata y se pone en canastos o en lonas extendidas sobre el suelo.

Ilustración 3: Planta de café (cafeto)



Después se echa en depósitos de agua donde se separan por flotación las bayas no sazonadas, que se desechan.

#### **1.4. PROCESADO DE CAFÉ TRADICIONAL**

En este segmento se analizara como se realizan los diferentes procesos que se le hacen al café de manera artesanal

##### **1.4.1. Recolección de café cereza**

En esta etapa se cosechan únicamente los granos que alcanzan el estado de madurez completa, normalmente de color rojo o amarillo, ya que los verdes dañan el sabor de la taza de un café. Todo este proceso se desarrolla de forma manual.

##### **1.4.2. Despulpado**

El mismo día de la recolección, los granos de café se despulpan, retirando la cereza del grano.

### **1.4.3. Fermentación**

En esta parte del proceso, los granos permanecen en reposo en contenedores de agua alrededor de 20 horas.

### **1.4.4. Lavado**

Con agua limpia se retiran los restos de mucilago que quedan en el grano y se eliminan los azúcares.

### **1.4.5. Secada**

Después de lavar, se exponen los granos al calor del sol para que el grado de humedad disminuya, facilitando su conservación. El grano seco se empaca en sacos limpios hechos en fique facilitando su traslado. Más adelante, se retira la cáscara que cubre el grano, llamada pergamino.

### **1.4.6. Tostado**

El proceso finaliza con el tostado de café, cuando el grano verde es sometido a una fuente de calor, generando el delicioso aroma y sabor.

## **1.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESADO DE CAFÉ**

Después de que el café es recolectado debe pasar por una serie de procesos para ser apto para su consumo, como la semilla es lo que se utiliza para elaborar los distintos tipos de bebida, se debe separar del resto del fruto (pulpa, entre otros). Tras el procesado de este producto se obtiene lo que denomina como café verde.

Las bayas de café maduras tienen una cascara delgada, carne mucilaginosa, alrededor de las semillas, todas estas partes se deben eliminar antes de que los granos crudos se envíen al mercado. Existen dos métodos para el procesado: el seco y el húmedo. El primero se usa en la mayoría de las regiones productoras de café actualmente en todo el mundo, más utilizado en Brasil. En Colombia se está sustituyendo gradualmente en aquellas localidades donde hay suficiente agua.

El mejor color para los granos crudos es verde azulado a verde grisáceo. Los granos de color café o manchado resultan del secado defectuoso.

### **1.5.1. Método seco**

Este método se utiliza para el café robusto y gran parte de café arábigo de Brasil. En general se considera que de esta técnica se obtiene un café de peor calidad que con el método húmedo y el producto final se cotiza a un precio inferior.

El proceso en seco empieza con el lavado de las bayas recién recolectadas, no solo para limpiarlas sino también para su selección ya que los granos defectuosos, debido sobre todo a que están infestados de insectos o demasiado maduros, flotan y son separados con facilidad. Las bayas se extienden al sol dos o tres semanas en amplias explanadas, extendidas en capaz finas para su secado.

Se rastrillan y se mueven varias veces al día para que todas las bayas reciban el calor del sol. Por las noches, y en casos de lluvias, se cubren para protegerlas. Finalmente el proceso puede concluir con el uso de máquinas de aire caliente para acelerar el secado

La humedad de las cerezas se reduce aproximadamente al 10 a 12 % desde el 75% que traen del campo. Llegado este punto la cascara es más quebradiza, ha adquirido un tono marrón oscuro y permite oír el sonido de las semillas sueltas en el interior.

La etapa final es el descascarillado, que consiste en la eliminación de las cubiertas secas golpeando o trillando las bayas, para liberar el grano de café. El descascarillado se puede realizar manual o mecánicamente.

El secado se practica sobre superficies de secado, donde se rastrillan las cerezas de café y se extienden regularmente. En algunos días, la parte carnosa se deshidrata y se separa



Ilustración 4: Café procesado por el método seco



### 1.5.2. Método húmedo

El lavado se aplica a frutos bien maduros. Después de ser recogido, el café verde es clasificado por inmersión en agua. Los frutos malos o inmaduros flotarían y los frutos buenos se hundirían. La piel de la cereza y parte de la pulpa es eliminada presionando el grano mediante una máquina a través de una rejilla. El grano todavía tendrá una cantidad significativa de pulpa adherida que necesita ser quitada. Así se obtienen cafés lavados. Las máquinas algunas veces necesitan suministros de agua suficiente.

El proceso húmedo requiere una gran cantidad de agua y puede provocar serios problemas de contaminación. Se puede reciclar la mayoría del caudal para economizar agua, al hacer esto, se concentra el contenido de enzimas en el agua, para el proceso de producción de pulpa, esto facilita la fermentación. El agua utilizada para el lavado final puede verterse directamente a los ríos, pero el otro efluente debe pasar por los pozos de filtración.

El café puede conservarse protegido por su propia cascara durante un cierto tiempo. Algunas cosechas incluso se envejecen para mejorar el sabor del café.

El principal problema del método de procesado en húmedo es que se deben tener abastecimientos de agua grandes. Por otra parte, el proceso en húmedo, que se emplea para obtener el café arábigo de más alta calidad, puede provocar graves problemas de contaminación. Las operaciones principales son el despulpado, la fermentación, el secado y el curado. En el despulpado las bayas pasan por una máquina que está ajustada para arrancar la carcasa y la mayor parte de la carne, sin dañar los granos. Generalmente se usa una despulpadora más pequeña que la principal, para repasar los granos de

tamaño inferior, que de otra manera se perderían. Después, los granos pasan por un separador para eliminar las cascavas y la pulpa. Los granos de tamaño normal y los ligeros o de tamaño inferior se manejan en forma separada de aquí en adelante. Los frutos de color rojo maduro se deben despulpar dentro del término de 24 horas después de la cosecha, para evitar su posible sobrecalentamiento y el manchado del grano por la pulpa en putrefacción. Las bayas que son demasiado verdes no se despulpan bien y están muy sujetas a daño. Después de que los granos despulpados salen del separador, se les lava antes de que pasen a los tanques de fermentación.

Ilustración 5: Café procesado por el método húmedo



## 1.6. CLASIFICACIÓN DEL CAFÉ

Una de las características que distinguen el café procesado por la vía húmeda, son las diversas fases de clasificación y selección desde la recolección hasta el lavado. El grano despulpado deberá clasificarse por tamaño, por densidad o ambos, esto con el objeto de separar cafés enfermos o deformes, pulpas y uniformizar el tamaño de dicho grano. La presencia de un alto porcentaje de pulpa en las pilas de fermentación, puede dañar la apariencia física del grano provocando una película rojiza y fermentación dispereja.

Para clasificar el café despulpado se utilizan los siguientes equipos mecánicos: las zarandas oscilantes y las cribas giratorias.

Las zarandas

Consiste en planchas metálicas perforadas en forma oval reciben el café en uno de sus extremos, y oscilan en el plano horizontal, desplazando el café de segunda y la cascara al otro lado, para que sea descargado en un despulpador de repaso.

El grano normal, bien despulpado, cae a través de las perforaciones (el tamaño de estas debe estar de acuerdo con el café despulpado) y es conducido a pilas de fermentación de primera. Se recomienda una por despulpador y su tamaño va depender de la capacidad de dicho despulpador.

La mayor efectividad se logra cuando el café despulpado entra en la zaranda en forma laminar y no en chorro, deben operar entre 300 a 350 movimientos por minuto. Es necesario realizar la limpieza diaria de dichos equipos para evitar que se contamine la partida del día siguiente, por granos despulpados rezagados.

Criba rotativa

Generalmente era construido de metal y hierro de  $\frac{1}{4}$  de pulgada y un diámetro entre 0.50 y 0.60 metros, es un equipo que combina la clasificación por densidad y por tamaño. Recientemente se introdujeron al mercado cribas construidas combinando materiales plásticos y metálicos; con el objeto de bajar costos de producción y consumo de energía en los procesos operativos. Actualmente se están construyendo totalmente de plástico, utilizando para ello poliuretano de alta densidad, que tiene la particularidad de no ser dañado por los efectos corrosivos de la miel del café, deben operar entre 15 y 18 revoluciones por minuto. Realizar limpieza diaria de dichos equipos para evitar que se contamine la partida del día siguiente, por granos despulpados rezagados

## **1.7. REMOCIÓN DEL MUCILAGO DEL CAFÉ DESPULPADO**

Existen dos formas diferentes de remover el mucilago del café, el primero es por medio de la fermentación y el segundo de manera mecánica.

### **1.7.1. Fermentación natural**

El mucilago o miel representa entre el 15.5 y el 22% en peso del fruto maduro, por tratarse de un material gelatinoso insoluble en agua (hidrogel) es necesario solubilizarlo para convertirlo en un material de fácil remoción en el lavado. Para

esto es necesario forzarlo a su degradación por la fermentación natural, en tanques en periodos de tiempo que van de 6 a 48 horas dependiendo de la temperatura ambiente, capacidad de drenaje de los tanques, altura de la masa de café en el tanque hasta tocar el fondo. Los granos no se deben dejar en los tanques más de lo necesario, puesto que pueden desarrollar un sabor avinagrado si se sobre-fermentan

Los tanques de fermentación son depósitos rectangulares grandes, con el fondo inclinado ligeramente hacia el extremo de la salida. Se les puede operar de tal manera que haya un movimiento lento continuo de agua o esta se estanca, en cuyo caso los granos se lavan periódicamente. El propósito de la fermentación es para eliminar la pulpa que se adhiere a las cubiertas de los granos. Estos se ponen en los tanques a una profundidad de más o menos 50ma 75 cm y deben permanecer ahí hasta que ya no sean pegajosos al tacto.

### **1.7.2. Desmucilaginado mecánico**

Proporciona una manera para eliminar el mucilago del grano en forma continua, lo que significa que se reduce el tiempo que conlleva fermentar naturalmente. Sin embargo hay que tomar en cuenta que el proceso depende de la utilización de equipos desmucilaginadores que utilizan cantidades considerables de energía, así como un proceso de secado inmediato, para evitar post-fermentaciones indeseables. Al mismo tiempo hay que considerar que para volúmenes grandes de café el desmucilaginar mecánicamente puede ser una opción de agilizar el proceso; sin embargo para un gran porcentaje de productores medianos y pequeños no es económicamente viable.

El empleo de máquinas para eliminar mecánicamente el mucilago del café, puede considerarse una operación versátil, sin embargo esta operación deja residuos de mucilago en la hendidura del grano afectado su apariencia física; sobre todo si no se tiene un secado inmediato. En el sabor del café no se encuentran diferencias considerables con respecto al obtenido por fermentación natural.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE HERRAMIENTAS A UTILIZAR**

Tanto como el diseño de la maquina como la simulación de control se realizan en software especializados, antes de comenzar a realizar el proyecto es necesario tener conocimiento sobre las herramientas a utilizar.

### **2.1. SOLIDWORKS**

SolidWorks es una herramienta para acelerar y mejorar el diseño y desarrollo de productos a través del modelado en 3D.

Las herramientas que provee SolidWorks ayudan desde el modelado en 3D, la validación (simulación o análisis CAE), así como administración de datos de los producto o datos de ingeniería, y la documentación de productos (creación de manuales, instructivos, guías, etc.)

El software de diseño SolidWorks 3D ayuda a diseñar mejores productos con mayor rapidez. SolidWorks provee de herramientas que ayudan a innovar y diseñar en menos tiempo y a un menor costo.

#### **2.1.1. Módulo SolidWorks Motion**

El movimiento de los componentes que forman parte del ensamblaje durante la simulación, estará determinado por varios factores como por ejemplo las uniones que conectan a las partes, el movimiento motor del que se dote al modelo, las propiedades físicas y mecánicas de los componentes, las fuerzas aplicadas tanto al conjunto como a las piezas por separado, y por supuesto, el tiempo. “Solidworks Motion” permite regular todos estos parámetros y ver los efectos que estos cambios producen en cada instante sobre el conjunto.

- Análisis de movimiento

Se utiliza “Análisis de movimiento” para simular y analizar con precisión el movimiento de un ensamblaje a la vez que se incorporan los efectos de los “Estudios de movimiento”, esto es, motores, fuerzas, resortes, amortiguadores, contactos y fricción. Un estudio de “Análisis de movimiento” combina elementos

de “Estudio de movimiento” con relaciones de posición en cálculos de movimiento. Esto quiere decir que las restricciones de movimiento, las propiedades de materiales, la masa y los contactos entre componentes se tienen en cuenta en los cálculos realizados por el solver cinemático de “SolidWorks Motion”.

## **2.2. LabVIEW**

El Laboratorio de Instrumentación Virtual banco de Trabajo de Ingeniería o LabVIEW es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para funcionar sobre máquinas MAC, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux. La penúltima versión es la 2013, con la increíble demostración de poderse usar simultáneamente para el diseño del firmware de un instrumento RF de última generación, a la programación de alto nivel del mismo instrumento, todo ello con código abierto.

Los programas desarrollados con LabVIEW se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc.

Labview consta de dos ventanas de trabajo:

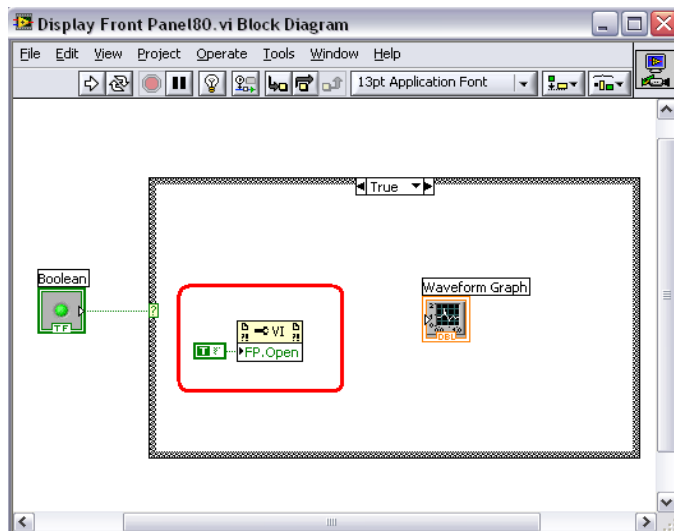
Tiene un panel frontal donde se observan los componentes tales como indicadores, controladores los cuales son las entradas y salidas interactivas

Ilustración 6: Ventana del panel frontal



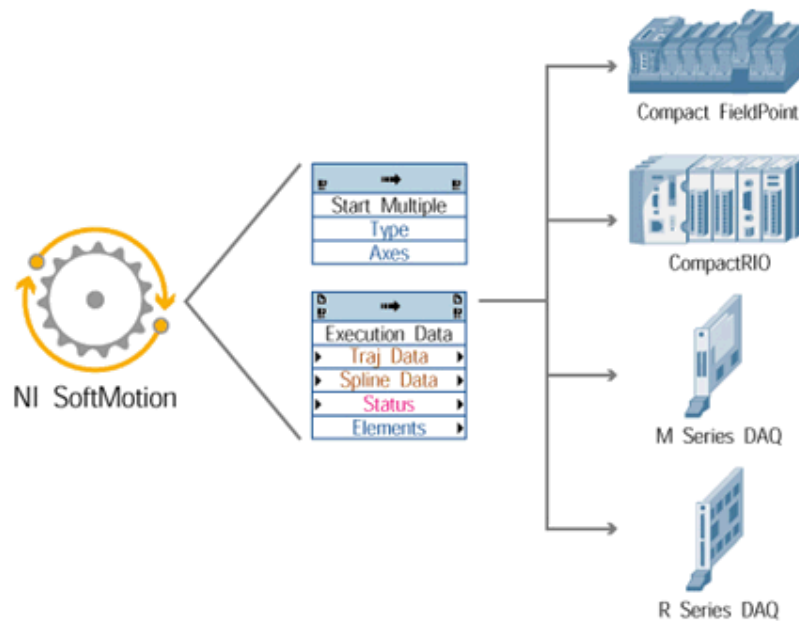
Además también tiene la ventana de diagrama de bloques donde se hace la programación, que funciona por nodos análogos a instrucciones, operaciones, funciones y sub rutinas en lenguajes de programación basados en texto.

Ilustración 7: Ventana de diagrama de bloques de LabVIEW



## 2.2.1. Módulo LabVIEW NI SoftMotion

Ilustración 8: Diagrama descriptivo del módulo SoftMotion



El Módulo LabVIEW NI SoftMotion ofrece desarrollo gráfico para aplicaciones personalizadas de control de movimiento. Con LabVIEW NI SoftMotion, usted puede usar un proyecto de LabVIEW para configurar todos sus ajustes de eje de movimiento, probar su configuración, afinar sus motores e integrar rápidamente control de movimiento personalizado en su aplicación.

### Razones Principales para Usar el Módulo LabVIEW NI SoftMotion

#### Desarrollo Simplificado de Aplicaciones

Configure su ganancia de control, E/S y retroalimentación para cada eje desde una interfaz de usuario intuitiva. Pruebe sus configuraciones con paneles de pruebas interactivos con todas las características. Desarrolle en LabVIEW con bloques de función o nodos de propiedad y de método.

#### Integración con la Plataforma NI RIO

Aproveche movimiento guiado por visión, force feedback, disparo personalizado y más. Use los módulos de drive servo y de pasos de la Serie C para sistemas embebidos, los módulos de interfaz de controlador de la Serie C para conectar con controladores de terceros o motores y controladores servo EtherCAT para movimiento distribuido y sincronizado.



## Control Personalizado

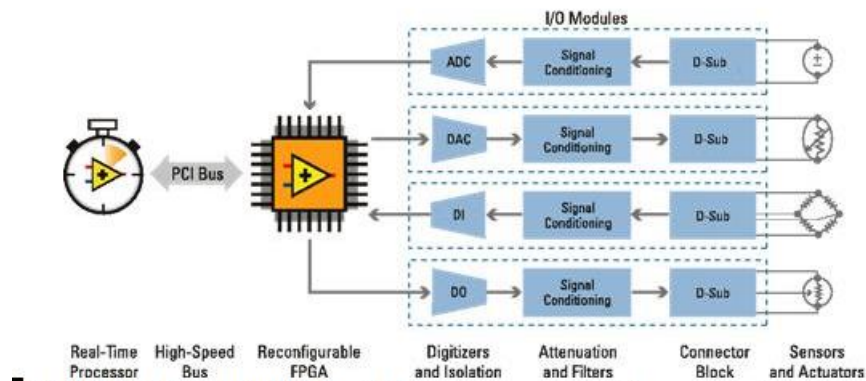
¿Está pensando en diseño de tarjeta personalizada? Use NI SoftMotion y la plataforma de E/S reconfigurable (RIO) en lugar de implementar su funcionalidad requerida por una fracción del tiempo y del costo asociados con el diseño de tarjeta personalizada. Construya una interfaz de eje para comunicarse con cualquier controlador de terceros en una variedad de protocolos de comunicación industrial. Vaya más allá de PID con un control total de posición, velocidad y algoritmos de control de torsión.

### 2.2.2. Módulo NI LabVIEW Real-Time

El Módulo NI LabVIEW Real-Time es una solución completa para crear sistemas embebidos autónomos y confiables con un enfoque de programación gráfica. Como un complemento del entorno desarrollo de LabVIEW, el módulo le ayuda a desarrollar y depurar aplicaciones gráficas

### 3 Razones Principales para Usar el Módulo LabVIEW Real-Time

Ilustración 9: Diagrama descriptivo de modulo real-time



### 1. Extienda Programación Gráfica de LabVIEW a Sistemas Embebidos Autónomos

Programar gráficamente en LabVIEW puede mejorar enormemente su eficiencia y con el Módulo LabVIEW Real-Time usted puede usar este mismo enfoque para crear sistemas autónomos que se ejecutan por periodos prolongados de tiempo. Si usted es nuevo en LabVIEW o LabVIEW Real-Time,

NI ofrece formación/capacitación autodidacta en línea y cursos guiados por instructor para ayudarle a reforzar.

## 2. Aproveche un Sistema Operativo en Tiempo Real para Temporización Precisa y Alta Fiabilidad

Aunque LabVIEW es usado comúnmente para desarrollar aplicaciones que se ejecutan en SOs de escritorio como Windows, estos SOs no están optimizados para ejecutar aplicaciones críticas con estrictos requerimientos de temporización. El Módulo LabVIEW Real-Time tiene software de sistema operativo de tiempo real (RTOS) que se ejecuta en dispositivos de hardware embebido y ciertas PCs de terceros.

## 3. Use una Amplia Variedad de IP y Controladores de Hardware en Tiempo Real

Con el Módulo LabVIEW Real-Time, aproveche cientos de bibliotecas LabVIEW pre-escritas – incluyendo control algoritmo derivado proporcional integral (PID) y Transformada Rápida de Fourier (FFT) – en sus sistemas autónomos. Los controladores de hardware en tiempo real también están disponibles con la mayoría de los módulos de E/S, así usted puede adquirir datos de manera determinística usando las llamadas io.de API (por ejemplo, NI-DAQmx) como en LabVIEW para PC de escritorio.

### **2.3. ARDUINO**

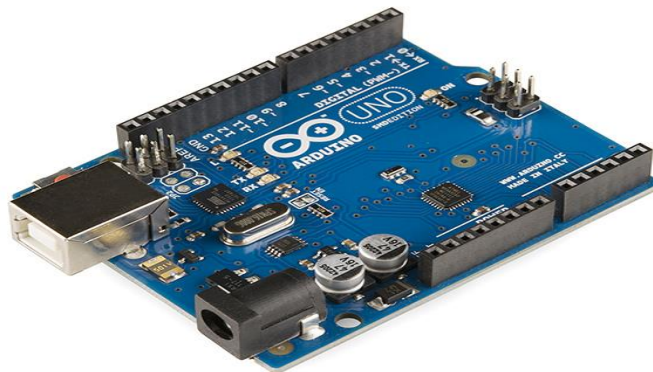
Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida.<sup>4</sup> Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa.<sup>4</sup>

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software tal como Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data). Las placas se pueden montar a mano o adquirirse. El entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar gratuitamente.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un computador.

Ilustración 10: Plataforma Arduino UNO

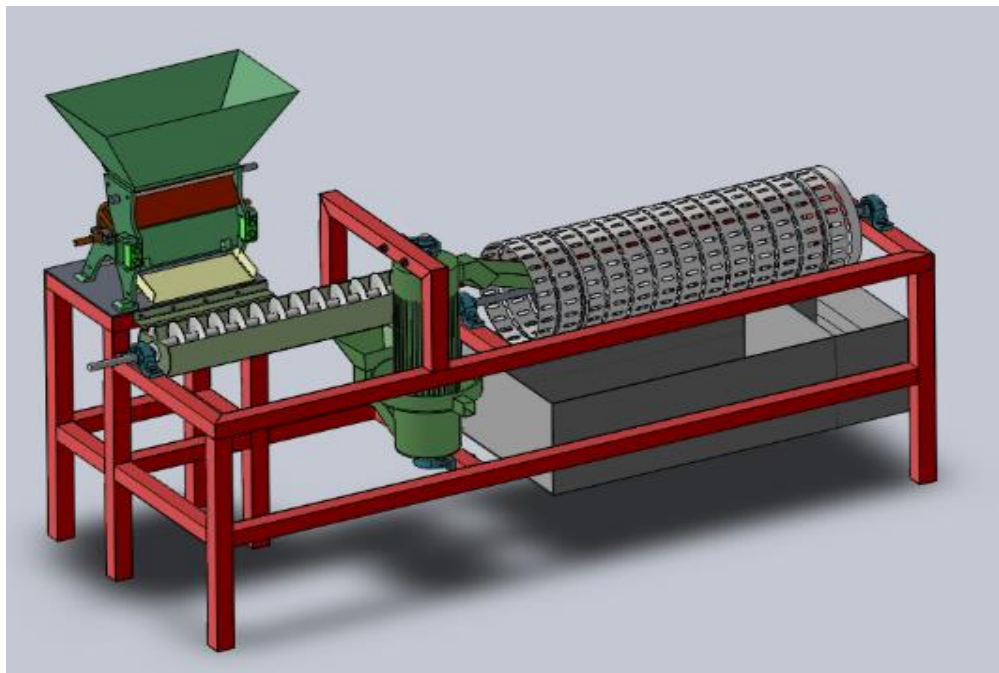


### 3. DISEÑO EN CAD DE LA PROCESADORA

El proceso de diseño en CAD de la maquina procesadora de café se realizó mediante las siguientes etapas. Primero se diseñó la estructura metálica y posteriormente se diseñó el resto de los componentes que se adhieren a la estructura tales como el tornillo sinfín y su cubierta, desmucilaginador, entre otros.

Las dimensiones de la estructura se basaron en las dimensiones de una maquina sencilla peladora de café de dos chorros comercial, para tener en cuenta la intercambiabilidad de los componentes de la procesadora de café y su facilidad de construcción mediante el uso de elementos comerciales

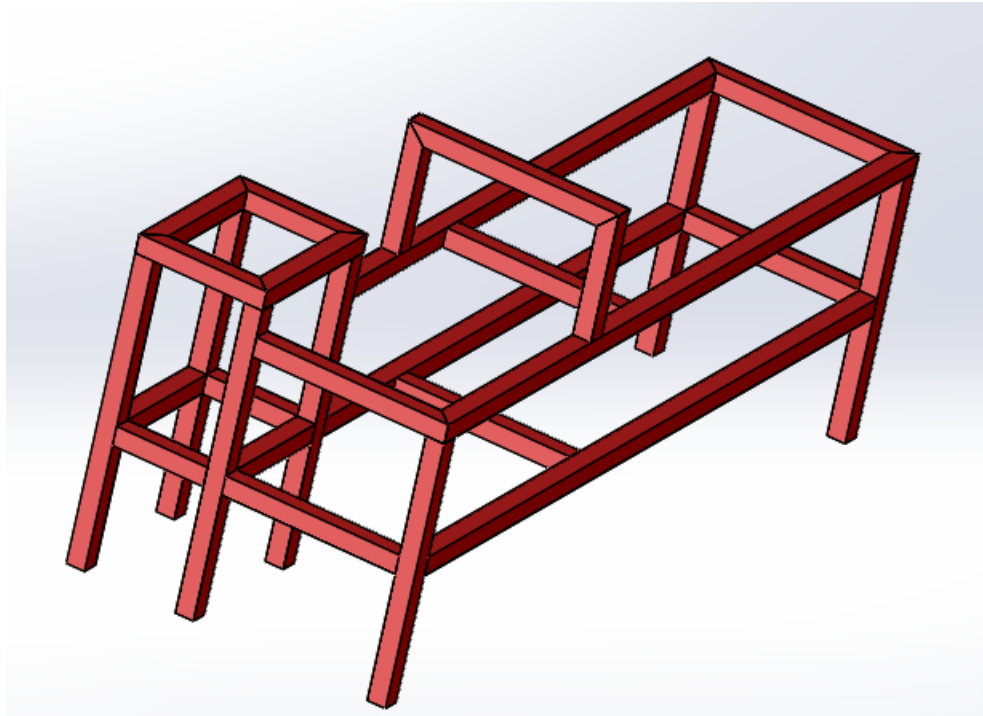
Ilustración 11: Diseño completo de la maquina procesadora de café



#### 3.1. ESTRUCTURA DE LA MAQUINA PROCESADORA DE CAFÉ

Para la estructura metálica el material utilizado fue acero (1020 laminado en frio) ya que proporciona mayor resistencia y durabilidad, además está recubierto por una capa de anticorrosivo y otra de pintura de aceite roja para evitar oxidación y corrosión, por ser un tubo con bajo contenido de carbono es altamente soldable.

Ilustración 12: Estructura de la procesadora de café



La estructura de la procesadora de café consta de las siguientes dimensiones:

El perfil es de 4X4 y 2.5 milímetros de espesor. La estructura tiene una longitud de 1.78 metros (m) de largo, 0.65 m de ancho y 0.88 m de alto, estas medidas fueron pensando en la maniobrabilidad de la máquina utilizando el menor espacio posible.

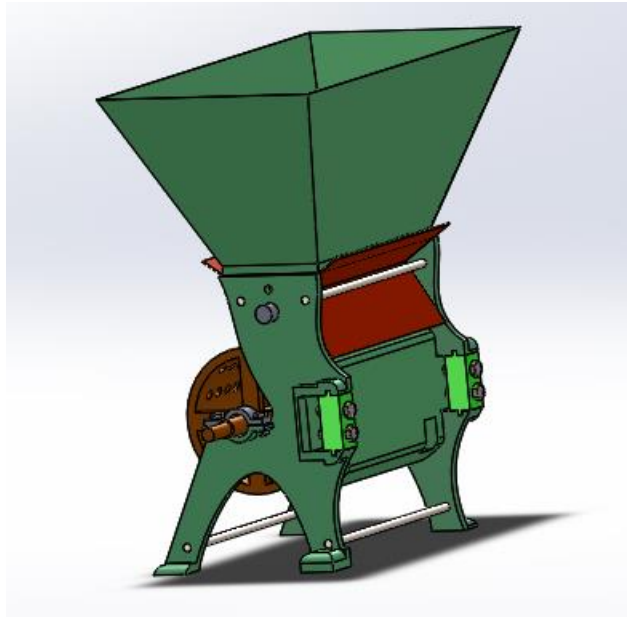
### **3.2. MAQUINA PELADORA DE CAFÉ**

El primer proceso después de la recolección es el despulpado de la fruta que consiste en retirar la pulpa de la cereza por medio de presión que ejerce la camisa de la despulpadora y debe iniciarse inmediatamente después de que se cosechan los frutos.

El café maduro contiene mucílago o miel que permite el despulpado con solo presionar la cereza. Por tanto, no use agua para despulpar el café.

Esta máquina es muy comercial por eso no se especifica el diseño en el presente documento puesto que a la hora de llevar a cabo el ensamble se puede comprar. Su diseño fue exclusivamente para simulación

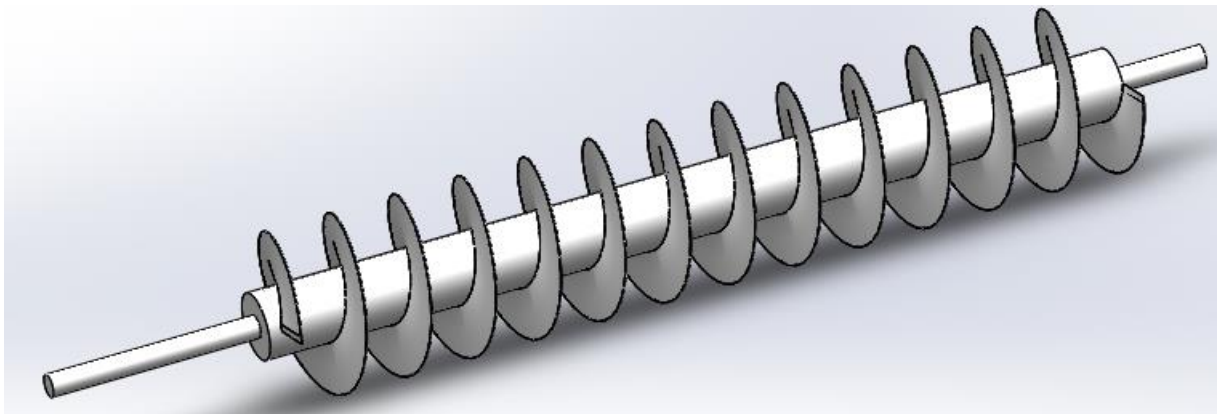
Ilustración 13: Máquina despulpadora de café



### 3.3. DISEÑO DE TORNILLO SINFÍN

El tornillo sinfín es utilizado para transportar el café ya despulpado hacia el proceso de desfermentación, este tornillo sinfín no es necesario construirlo dado que se puede conseguir una con características similares en el mercado.

Ilustración 14: Tornillo sinfín



Para el diseño del tornillo sinfín existe una formula mostrada en la ilustración 15 para determinar el paso o capacidad de transporte

Ilustración 15: Medidas del tornillo sinfín

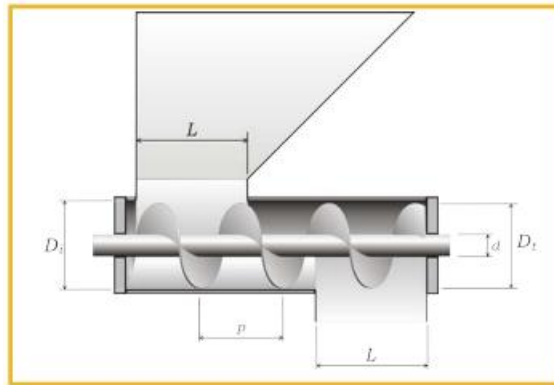


Ilustración 16: Ecuaciones para el cálculo del tornillo sinfín

$$\dot{m} = 15 \pi (D_i^2 - d^2) p \rho N c_f \quad \text{Ecuación } \langle\langle 1 \rangle\rangle$$

Donde:

$\dot{m}$ : Capacidad de transporte en kg/h

$D_i$ : Diámetro interno de la carcasa del tornillo sinfín, en metros

$d$ : Diámetro del eje del tornillo sinfín, en metros

$p$ : Paso del tornillo sinfín, en metros

$\rho$ : Densidad del café en cereza, la cual es: 616,5 kg/m<sup>3</sup> (4)

$c_f$ : Velocidad de giro del tornillo sinfín, en rpm

$c_f$ : Coeficiente de llenado del tornillo sinfín, decimal

Pero existen algunas dimensiones predeterminadas de dosificación para este tornillo que se muestran en la tabla 1

Tabla 1: Estándares par el tornillo sinfín

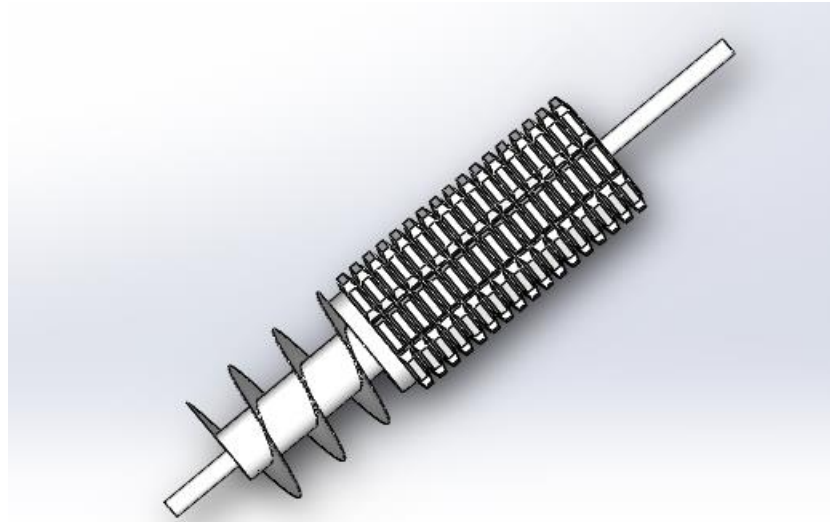
$\dot{m}$ (kg/h cc)	$D_i$		$D_e$ (mm)	$t$ (mm)	$D_i$ (mm)	$D_e$ (mm)	$d$ (mm)	$p$ (mm)	$c_f$ (decimal)	$N$ (rpm)
	(pul)	(mm)								
300	2	60	60,45	3,94	52,58	50	19	50	0,50	171,86
600	3	82	88,90	5,59	77,72	72	19	72	0,60	84,17
1.200	3	82	88,90	5,59	77,72	72	19	72	0,60	168,33
2.500	4	114	114,30	6,10	102,11	100	34	100	0,70	132,61

Se escogió el tornillo de 300 kg/h paso constante es un flujo suficiente para la cantidad de café que se procesara

### 3.4. REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO

El mucílago es la baba que recubre el grano despulpado. El mucílago debe removerse por medio del proceso de fermentación natural o mecánicamente.

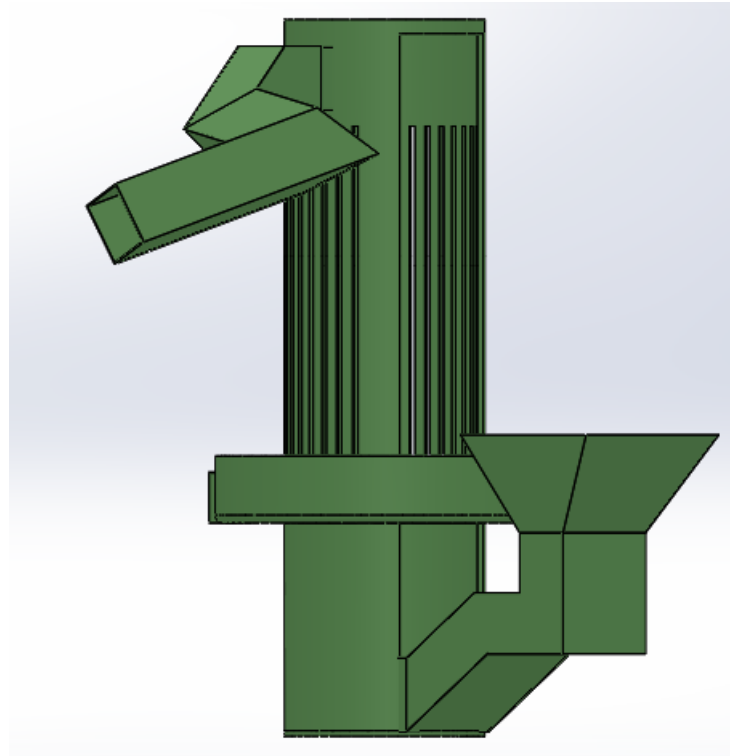
Ilustración 17: Tornillo de la maquina desfermentadora



Para la remoción de mucilago al café de forma mecánica, se diseñó un tornillo con estrías que presionan los granos de café contra la carcasa de la desfermentadora mostrada en la ilustración 20, generando que el mucilago se desprenda del café.



Ilustración 18: Carcasa de la desfermentadora



El producto entra por la parte inferior, el tornillo sube el café hacia las estrías, cuando termina el proceso de remoción de mucilago, el grano es enviado a la zaranda ya desfermentado, para su proceso de selección

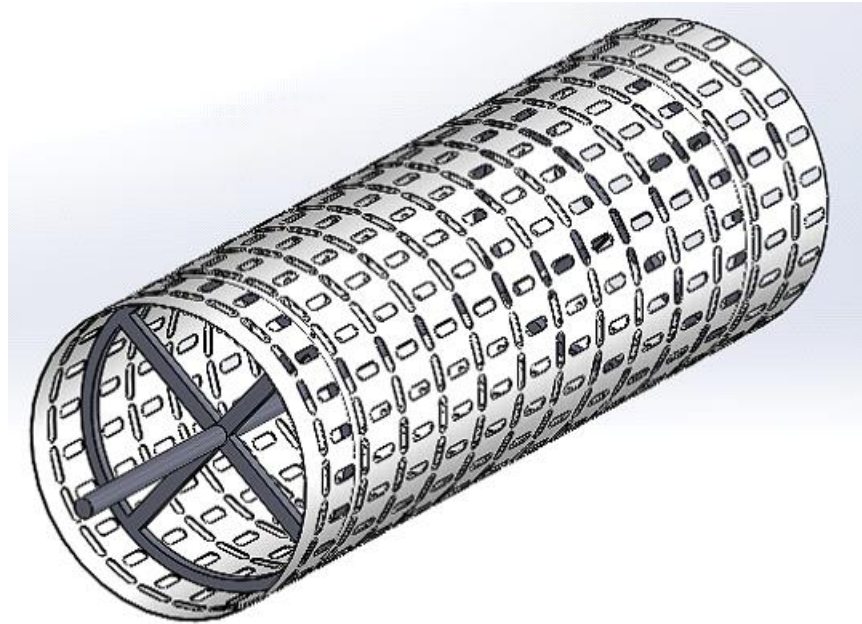
### 3.5. ZARANDA CIRCULAR

Las zarandas son clasificadoras de los granos despulpados que se ubican después de la despulpadora. También pueden utilizarse para seleccionar el café pergamino. Pueden ser planas o cilíndricas.

Evaluación del despulpado

Una mala calibración de la despulpadora, puede causar pérdidas de granos que van a la fosa de la pulpa, o a granos mordidos o cortados que afectan la calidad física del café.

Ilustración 19: Diseño de Zaranda circular



Se eligió la zaranda circular ya que la plana debe tener un sistema vibratorio y este genera desajuste a toda la máquina y estancamiento de café.

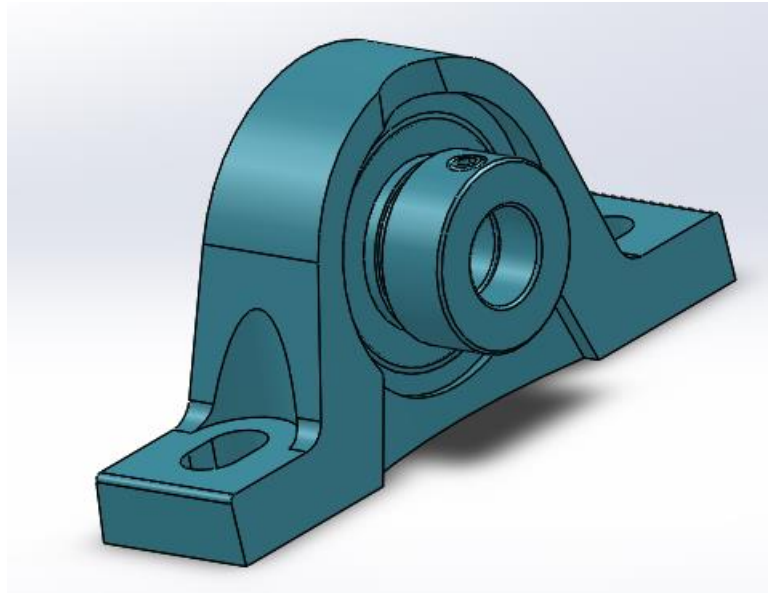
La zaranda circular posee unos orificios de 7 mm de ancho y 25 mm de largo, por estos agujeros solo pasa el café bueno, ya que el malo tiene imperfecciones que no dejan pasar o el que café que no fue despulpado tiene un tamaño más grande que el pasante.

El tamaño de la zaranda es de 80 cm de longitud, un diámetro de 26 cm y posee una inclinación de 5 grados con respecto a la horizontal para que el café se pueda desplazar

### **3.6. SOPORTES**

Los soportes con rodamiento o chumaceras comúnmente conocidas, se ubican en los ejes de los componentes que giran como la zaranda, el tornillo sinfín y el desmucilagador

Ilustración 20: Soporte con rodamiento o chumacera



Las chumaceras tienen un diámetro interno de 17 mm y una longitud de 130 medidas que lo hacen muy comercial.

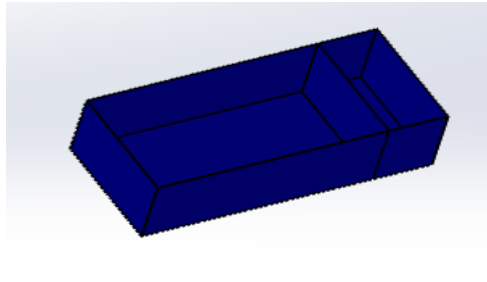
Los tornillos utilizados son M10 con longitud de 70 mm, son de acero con cabeza hexagonal. La tuerca también es M10 y de acero.

Los tornillos y las tuercas en toda la estructura son los mismos.

### **3.7. DEPÓSITOS**

La estructura cuenta con dos depósitos, para café; el primero ubicado en la parte superior de la despulpadora mostrado en la ilustración 15, el segundo depósito está ubicado debajo de la zaranda con una división para el café bueno y el malo este depósito es de plástico para evitar problemas de corrosión.

Ilustración 21: Deposito de café



#### 4. ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DESPLAZAMIENTO

Es importante conocer el análisis de esfuerzo en la estructura para saber si soportara con la carga que le proporcionan todas las partes, el análisis de esfuerzo se hace aplicando una fuerza a la estructura mayor a la parte más pesada que es la maquina despulpadora que tiene una masa de 40 kg.

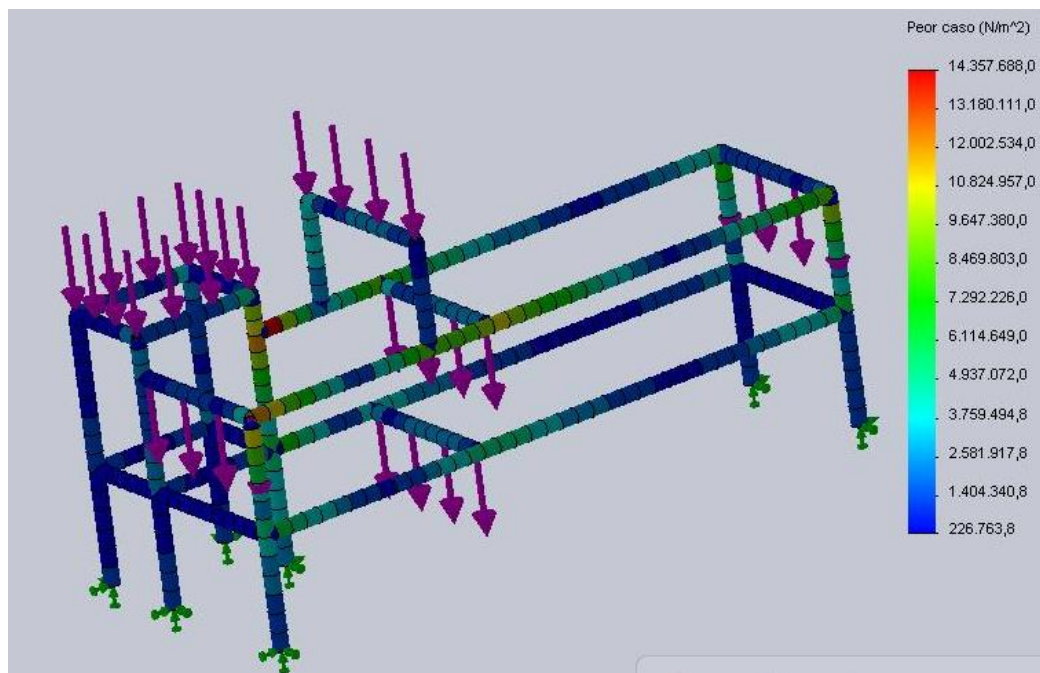
$$F=m*a$$

Donde F=fuerza, m=masa y a= aceleración en este caso  $a=9.8 \text{ m/s}^2$

$$F= (40\text{kg})*(9.8\text{m/s}^2)$$

$$F= 392 \text{ N.}$$

Ilustración 22: Análisis de esfuerzo sobre la estructura

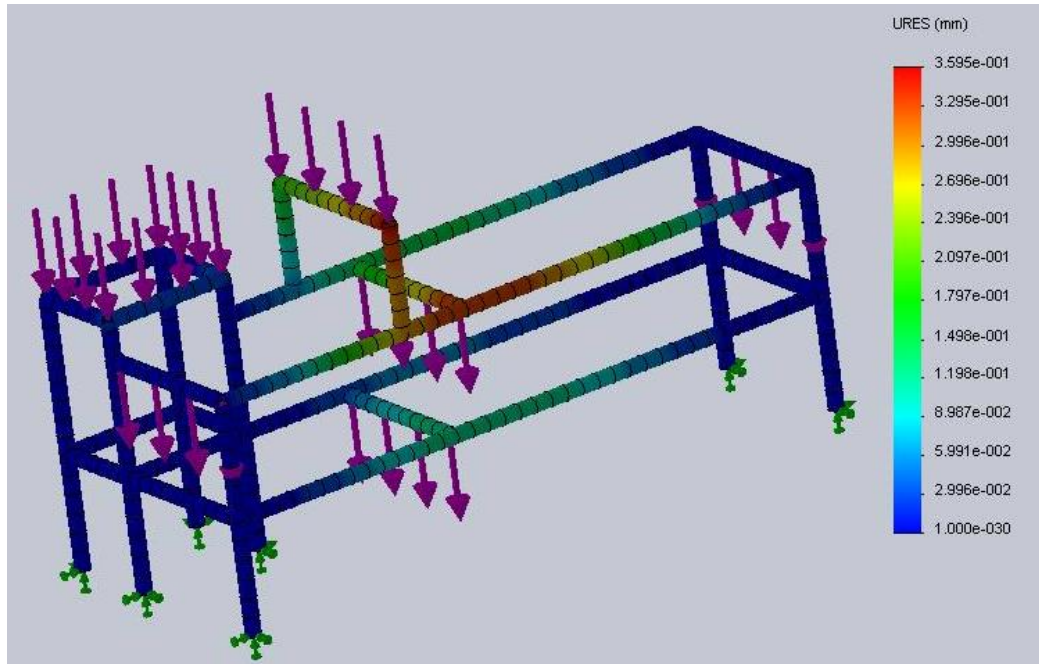


La fuerza aplicada a la estructura fue de 400 N, el comportamiento fue bueno solo presente un punto crítico que se podrá reforzar soldándole un nervio.

- Análisis de desplazamiento

En el análisis de desplazamiento bajo la misma fuerza aplicada al anterior también se obtuvieron buenos resultados ya que los puntos críticos se pueden reforzar con nervios como en el análisis anterior

Ilustración 23: Análisis de desplazamiento



## 5. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para la simulación del sistema de control se utilizara el software de control LabVIEW, que por su sistema de programación en bloque es más eficiente en su funcionamiento.

La máquina cuenta con tres motores que son los encargados de llevar a cabo todos los procesos de producción (despulpado, transporte, selección).

Como parte de control se tendrán 3 sensores capacitivos de nivel, para controlar el encendido y apagado de los motores. Estos deben estar ubicados de forma que entregue información sobre el nivel de café en la tolva, de esta forma los motores podrán ponerse en marcha, si hay suficiente café o detenerse si no lo hay así se disminuye el gasto de energía eléctrica.

Para la simulación se usaran dos módulos extra que trabajan en LabVIEW estos son: SoftMotion y el modulo real-time, son necesarios para hacer la comunicación entre SolidWorks y LabVIEW.

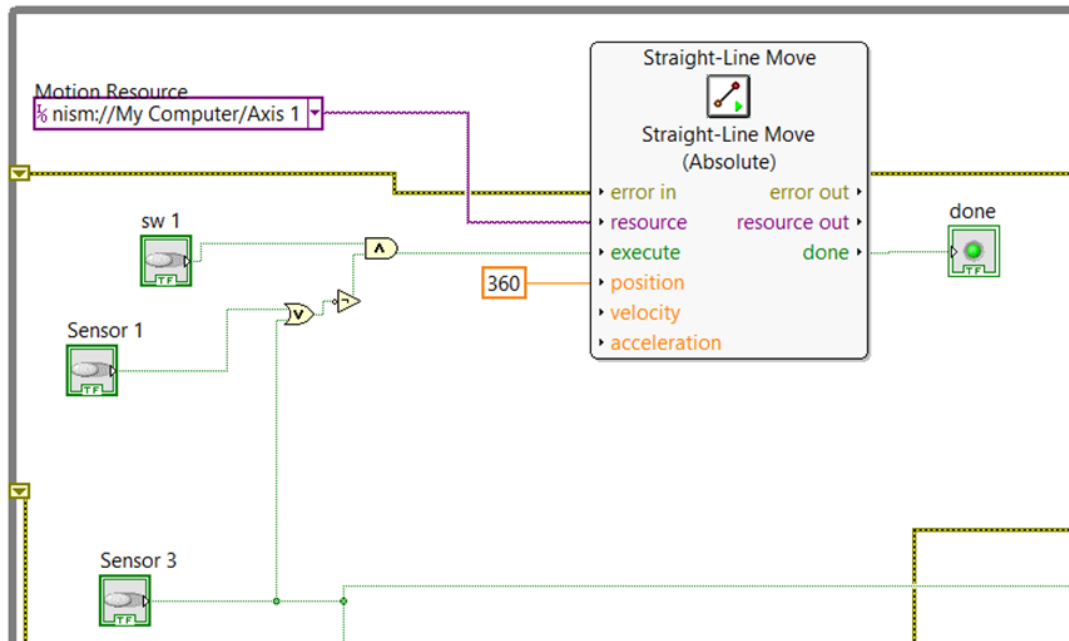
Una vez terminado el diseño mecánico se procede hacer el análisis movimiento aquí es donde entra la herramienta de control labVIEW que es la encargada de hacer todos los movimientos de la máquina.

### 5.1. DISEÑO DE CONTROL PARA EL PRIMER MOTOR

El primer motor es el que mueve la máquina que despulpa el café, este motor es accionado en el momento que se encienda la máquina por el sw 1 mostrado en la ilustración 24. El motor deja de funcionar si se dan una de las dos posibilidades que son:

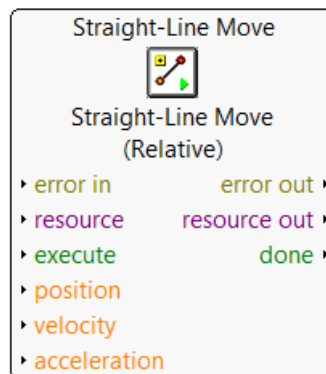
1. El primer sensor ubicado en la parte inferior de la tolva 1(véase ilustración 13) enviara una señal indicando que la maquina se ha quedado sin café
2. el tercer sensor ubicado en la parte superior de la tolva 2(véase ilustración 18) enviara una señal indicando que la tolva está llena, evitando que se riegue el café

Ilustración 24: Control del primer motor realizado en LabVIEW



Para realizar la simulación de control en LabVIEW primero se utiliza el bloque *Straight-line Move* que tiene como función de hacer la comunicación entre LabVIEW y SolidWorks

Ilustración 25: Modulo Straight-Line Move de LabVIEW utilizado para interactuar con SolidWorks



Este módulo puede controlar el giro del motor por diferentes variantes (posición, velocidad, aceleración, etc.) en este diseño se controla por medio de posición dándole una constante de 360 que al ser un motor rotativo se traduce como una vuelta completa así el motor girara constantemente.



La información suministrada por SolidWorks es conectada en el puerto de *Resource* del módulo *Straight-line Move* (véase ilustración 25), se debe tener un módulo de estos por cada motor que se quiera controlar.

Un *Switch* que se conecta al puerto de *execute* del módulo es que le da arranque al equipo en general.

Se debe poner un indicador para saber cuándo el módulo ha ejecutado la acción en el puerto *done*.

## **5.2. DISEÑO DE CONTROL PARA EL SEGUNDO MOTOR**

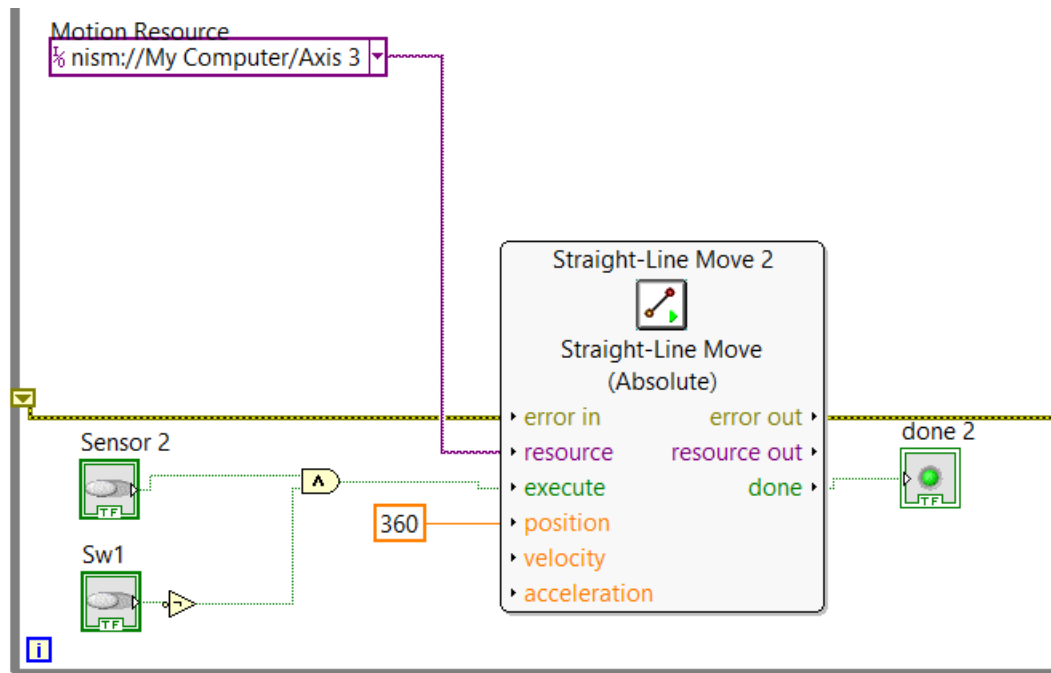
Este motor es el encargado de mover mediante un tornillo sinfín el café de la despulpadora hacia la máquina que remueve el mucilago del café, de igual forma iniciara el movimiento de la zaranda que está conectada al tornillo sinfín mediante una polea

El sensor 2 que está ubicado a la salida de la despulpadora, indica cuando el café comienza a entrar al tornillo sinfín. El sensor envía una señal al módulo de control y este enciende el motor 2.

El motor se apaga cuando la maquina termine todo el proceso de selección

Tal y como en el motor anterior se debe tener un módulo *Straight-line Move* y el sensor es simulado por un *Switch*.

Ilustración 26: Control del segundo motor diseñado en LabVIEW

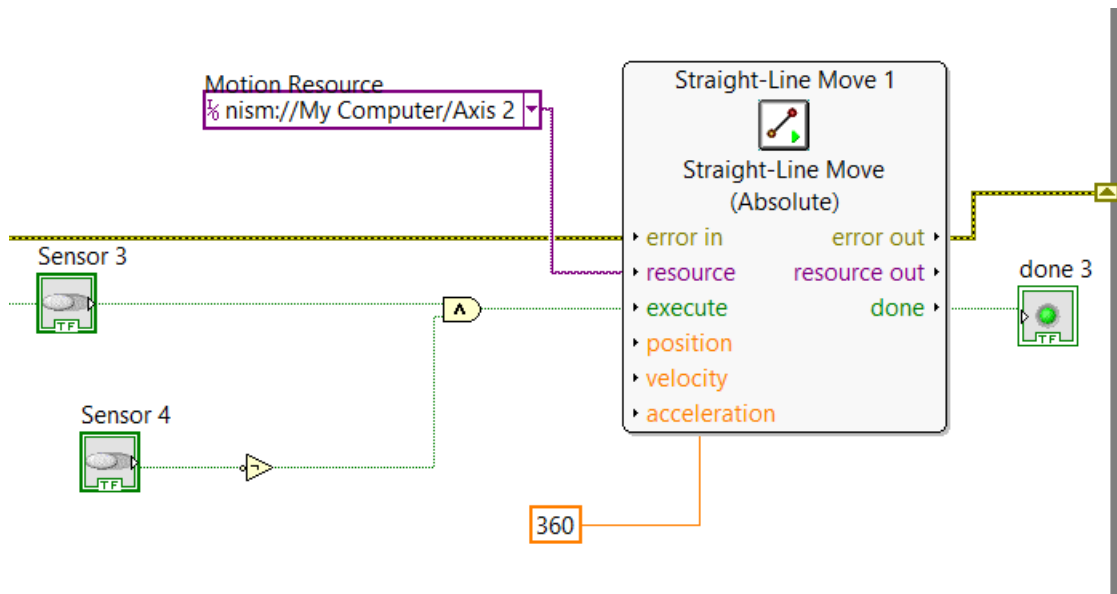


### 5.3. DISEÑO DE CONTROL PARA EL TERCER MOTOR

El motor tres se ocupa de hacer girar la máquina que remueve el mucilago del café. Su accionamiento lo ejecuta el sensor 3 (véase ilustración 27)

Y se apagara cuando el sensor 4 envié una señal indicando que la tolva 2 está vacía

Ilustración 27: Control para el Tercer motor diseñado en LabVIEW



## 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Se utilizará un microcontrolador para el accionamiento y apagado de los motores dependiendo de las señales enviadas por los sensores.

### 6.1. EL MICROCONTROLADOR

Su función es recibir las señales enviadas por los sensores y según la condición activar los motores mediante un circuito driver ya que la conexión entre el microcontrolador y los motores no se puede hacer de forma directa por la diferencia de corrientes entre ellos

Para el módulo de control se utilizará Arduino referencia UNO que posee un microcontrolador atmega328.

El programa hecho en Arduino cumple la misma función que el control por simulación hecho en LabVIEW.

El código hecho en el microcontrolador es realizado de la siguiente manera:

Lo primero que hay que hacer es definir los puertos del microcontrolador con que se está trabajando, los sensores son configurados como entradas y los pulsos que se envían a los actuadores como salidas.

Luego como se muestra en la ilustración 28 se leen los sensores para comenzar a tomar decisiones

Ilustración 28 Fracción del código diseñado con Arduino que muestra la configuración de los sensores

```
void loop(){  
  
  Sw1= digitalRead(1);  
  Sensor1 = digitalRead(2);  
  Sensor2 = digitalRead(3);  
  Sensor3 = digitalRead(4);  
  Sensor4 = digitalRead(5);
```

Para el accionamientos de los motores se utilizan secuencias de ciclos de programación IF en la ilustración 29 se muestra el bucle de puesta en marcha y parado del motor 1, que cumple la misma función que la simulación en LabVIEW

del primer motor, para que el motor arranque los sensores 1 y 3 tiene que estar apagados.

Ilustración 29: fracción de código que muestra el control para el primer motor

```
if (Sw1 == HIGH) {
  if (Sensor1==0 && Sensor3==0) {
    digitalWrite(motor1, HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite(motor1, LOW);
  }
}
```

En la ilustración 30 se muestra los bucles para el motor 2 y 3 son más sencillos que los del primer motor porque su funcionamiento solo depende de 2 sensores a diferencia del primero que depende de 2 sensores y el switch de arranque de la máquina.

Ilustración 30: Fracción de código que muestra el control para el segundo y tercer motor

```
if (Sensor2 == HIGH) {
  digitalWrite(motor2,HIGH);
}
if (Sw1 == LOW) {
  digitalWrite(motor2,LOW);
}

if (Sensor3== HIGH){
  digitalWrite(motor3,HIGH);
}
if (Sensor4 == HIGH){
  digitalWrite(motor3, LOW);
}
}
```

## 6.2. DRIVER

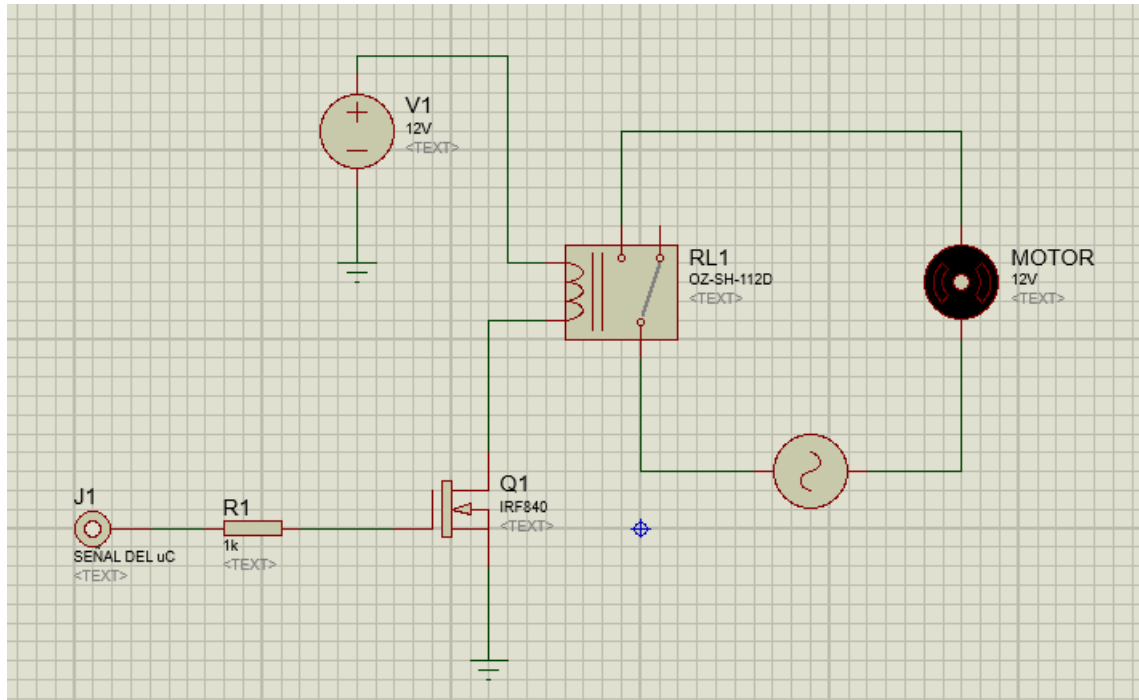
El driver es un circuito que permite la comunicación entre el microcontrolador y el motor ya que estos funcionan a corrientes y voltajes distintos

El circuito está compuesto por un *Mosfet* de potencia IRF840 que en este caso funciona como *Switch* activando y desactivando el relé, cuando el microcontrolador envía una señal entra por la puerta o *Gate* del *Mosfet*, esto hace que el puerto de drenaje del *Mosfet* conduzca hacia el puerto de *Source* o

fuente y posteriormente a tierra dejando así polarizado el relé que se accionara y pondrá a funcionar el motor

Este circuito se debe hacer con cada motor

Ilustración 31: Diseño del driver de Comunicación entre Arduino y los motores



### 6.3. SENSORES

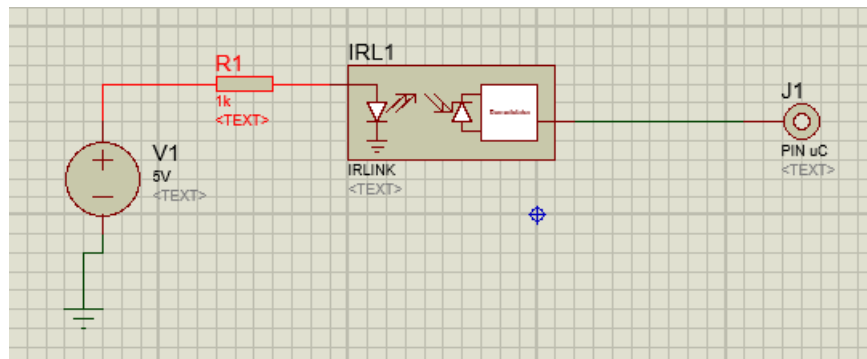
Los sensores ubicados en puntos importantes de la maquina tienen como función seguir el proceso de café, los sensores utilizados son infrarrojos reflectivos, se escogieron por que estos no son influenciados por la luz

Ilustración 32: Sensor infrarrojo reflectivo



En el circuito mostrado en la ilustración 33 funciona de tal manera que cuando haya un objeto a 3 cm o menos del sensor envía un pulso positivo al microcontrolador indicando, si hay café en los diferentes puntos en donde están ubicados.

Ilustración 33: Conexión del Sensor



## 7. PRESUPUESTO

Para comenzar hacer un presupuesto del coste del proyecto primero es conveniente conocer la situación salarial del país. El salario mínimo legal vigente (S.M.L.V) para el año 2014 es de 616.000 pesos.

Los salarios promedio entre los profesionales, que han cotizado al sistema de seguridad social en Colombia son:

- Formación técnica: Salario promedio de \$ 901.026 mil pesos mensuales
- Formación tecnológica: Ingreso aproximado de 1.030.724 mil pesos al mes
- Formación universitaria: Salario promedio de 1.378.027 mil pesos.
- Especialización: Ingreso aproximado de 2.396.839 mil pesos mensuales.
- Maestría: Salario promedio de 3.007.488 mil pesos al mes.
- Doctorado: Ingreso aproximado de 4.904.102 pesos mensuales.

Estos salarios, son aproximaciones generales de la retribución académica, según el nivel de formación y pueden variar según el campo de acción.

Para el desarrollo de este diseño se utilizó únicamente mano de obra ya que el software (diseño y control) por economía ya que una licencia puede costar alrededor de los 2 millones de pesos, se decidió utilizar versiones de prueba, y también se utilizaron los equipos que la universidad facilita a los estudiantes.

Para saber el costo de la mano de obra es necesario saber el valor de una hora de trabajo para un tecnólogo en Mecatrónica según la información de salarios promedios entre los profesionales en Colombia suministrada al principio de este capítulo

Cantidad de semanas trabajadas en un mes

$$\frac{30 \text{ Dias}}{1 \text{ Mes}} * \frac{1 \text{ Semana}}{7 \text{ dias}} = 4,29 \frac{\text{Semanas}}{\text{Mes}}$$

Cantidad de horas trabajadas en un mes

$$4,29 \frac{\text{Semanas}}{\text{Mes}} * 48 \frac{\text{Horas}}{\text{Semana}} = 205,7 \frac{\text{Horas}}{\text{Mes}}$$

Costo en horas el salario de un tecnólogo



$1.030.724 / 205.7 = 5.011$  pesos

Costo de la mano de obra

Tabla 2: Costos de mano de obra

RECURSO HUMANO	TRABAJO A REALIZAR	TIEMPO ESTIMADO (horas)	SALARIO (en pesos colombianos)
Tecnólogo Mecatrónico	Diseño mecánico	60	300.660
Tecnólogo Mecatrónico	Diseño de control	30	150.330
Tecnólogo Mecatrónico	Análisis de diseño	10	50.110
		Total	\$501.100

Se estimó que el tiempo para el diseño mecánico del equipo fuera de 60 horas divididas en 2 horas por día, entonces llevara 2 meses en terminar ya que se utiliza un gran número de partes

De igual manera para el diseño de control que se podrá iniciar un mes después que el diseño mecánico y requiere menos tiempo.

Análisis de diseño es donde se mira si la estructura resistirá a los requerimientos del equipo además se revisa que el diseño responda a los órdenes del sistema de control

Con lo visto en la tabla se puede decir que el costo estimado para el diseño del proyecto es de 501.100 pesos colombianos

## 8. CONCLUSIONES

- Es necesario hacer refuerzos metálicos en algunos puntos de la estructura porque el análisis de esfuerzo y desplazamiento entregó que habían algunos puntos de fatiga que podrían generar daños en la estructura
- Gracias al software de diseño en CAD se puede deducir que tipo de materiales se deben utilizar a la hora de mecanizar cada pieza de la procesadora de café, ahorrando así tiempo y dinero.
- Con el Software de control LabVIEW se puede determinar el tipo de sincronismo que deben de tener los actuadores (motores) , en el encendido y apagado de estos

## 9. BIBLIOGRAFÍA

[1]

WWW.BEDRI.ES/COMER\_Y\_BEBER/CAFE/PROCESADO\_DEL\_CAFE.HTM

[2]

HTTP://BEN.UPC.ES/DOCUMENTS/ESO/ALIMENTS/HTML/ESTIMULANTES-4.HTML

[3] GÓMEZ ESPINOSA, JOHAN ANDRÉS (AUTOR), PARAMETROS PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE UN DESMUCILAGINADOR DE CAFÉ, COLOMBIA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. ESCUELA DE TECNOLOGÍAS. TECNOLOGÍA MECÁNICA, 2002

[4] MANGONON, P.L. (AUTOR) ,ESCALONA Y GARCIA, HECTOR JAVIER (TRADUCTOR) , CIENCIA DE MATERIALES: SELECCION Y DISEÑO, MÉXICO : PEARSON EDUCACION DE MEXICO, C2001

[5] DEHMLOW, M. (AUTOR), DIBUJO MECÁNICO, MÉXICO: EDITORIAL TRILLAS, S.A. DE C.V., 1980

[6] NORTON, ROBERT L. (AUTOR), GARCÍA HERNÁNDEZ, ANA ELIZABETH (TRADUCTOR), DISEÑO DE MAQUINARIA / ROBERT L. NORTON. - 2A ED, MÉXICO: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A., C2000

[7] NORTON, ROBERT L. (AUTOR), GARCÍA HERNÁNDEZ, ANA ELIZABETH (TRADUCTOR), DISEÑO DE MAQUINARIA: SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS / ROBERT L. NORTON. - 4A ED, MÉXICO: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., C2009.

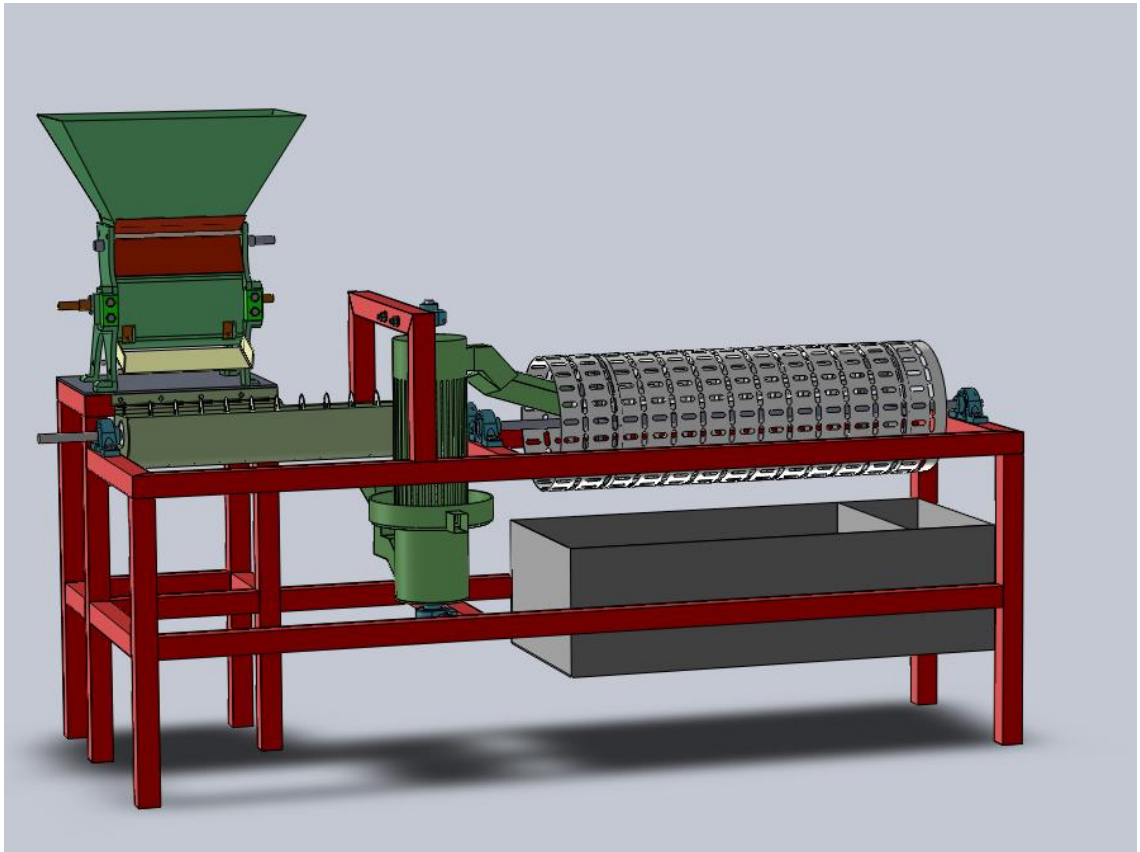
[8] SHIGLEY, JOSEPH EDWARD (EDITOR), MISCHKE, CHARLES R. (EDITOR), LING ALTAMIRANO, FEDERICO (TRADUCTOR), ELEMENTOS DE MAQUINARIA: MECANISMOS. VOLUMEN 1, MÉXICO: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A., C1995

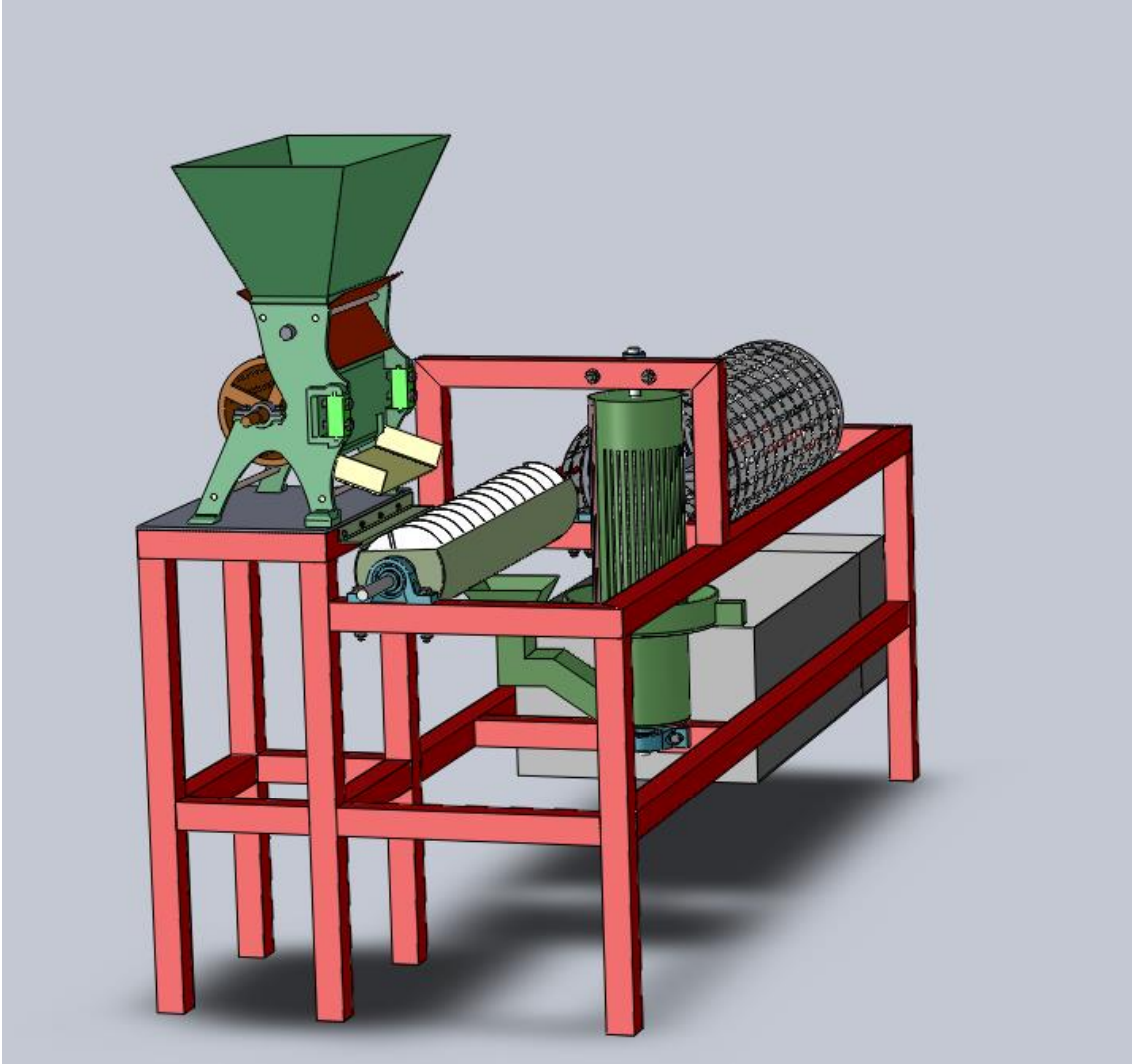
[9] ARAGON MEDINA, IVÁN (AUTOR), ANALISIS DE MECANISMOS, COLOMBIA: UNIVERSIDAD INCCA DE COLOMBIA. FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS E INGENIERÍA. INGENIERÍA MECÁNICA, 2004

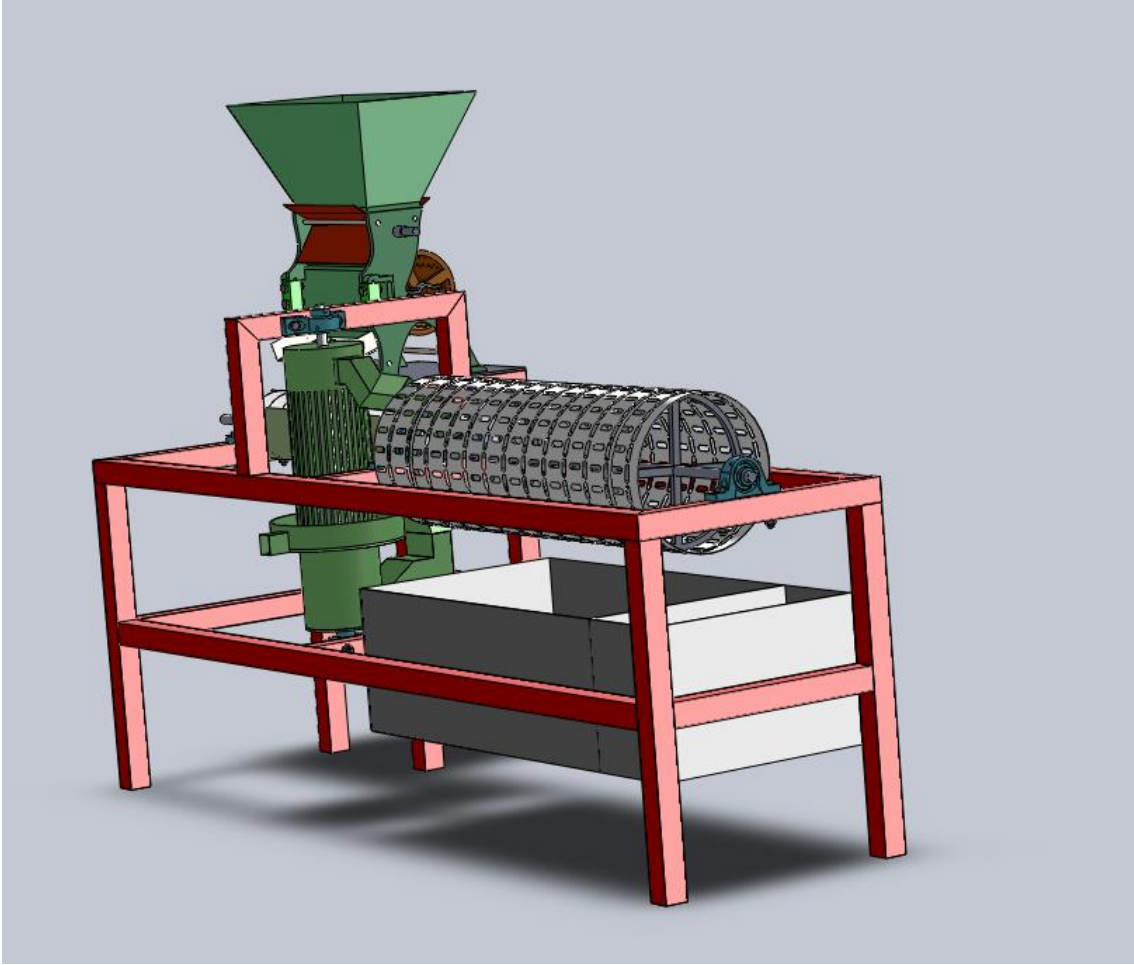
[10] BARANOV, G.G. (AUTOR), CURSO DE LA TEORIA DE MECANISMOS Y MAQUINAS, RUSIA: EDITORIAL MIR, 1979

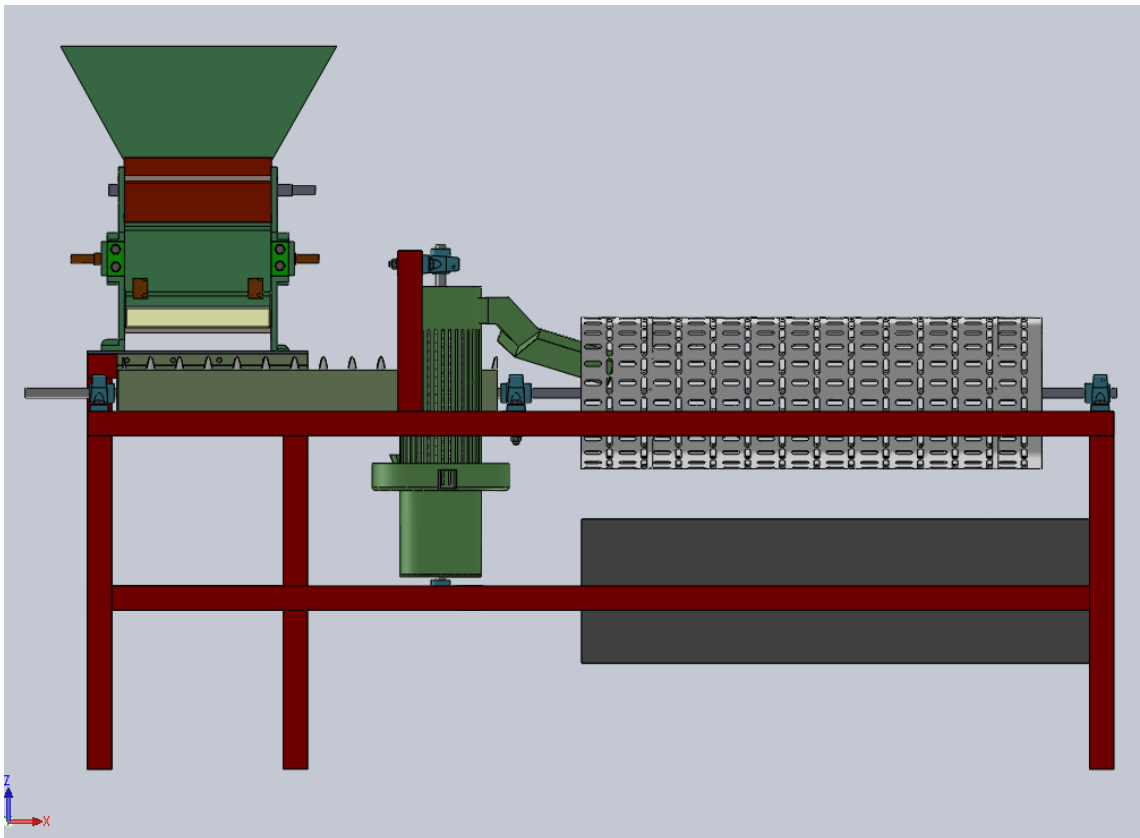
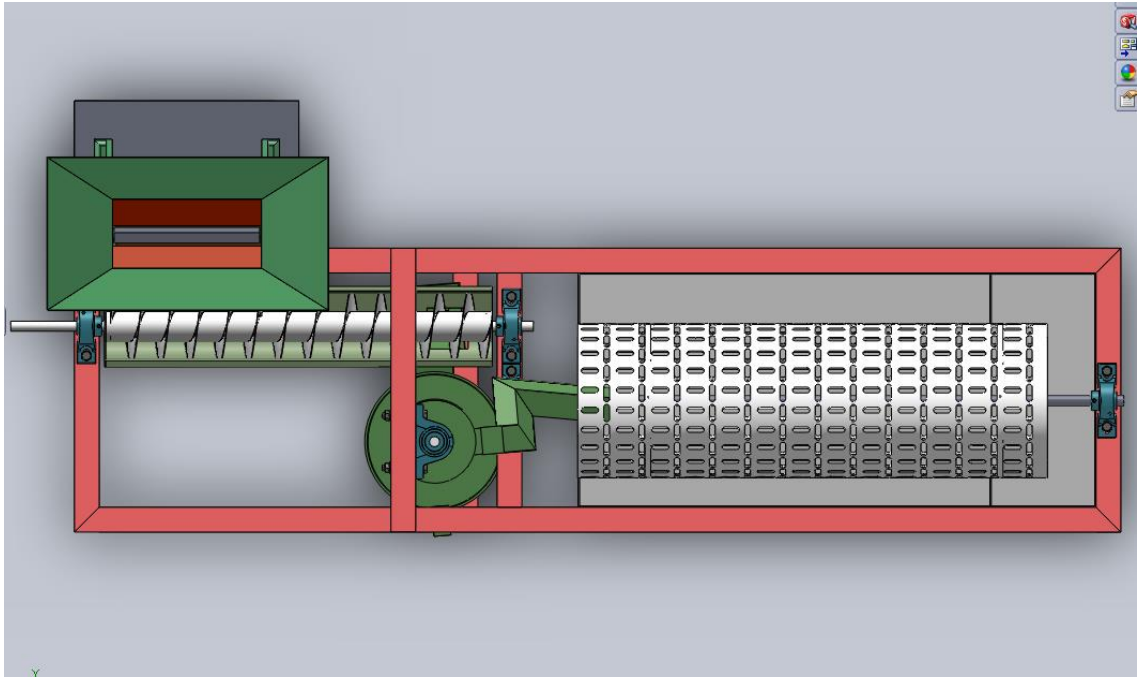
## 10. ANEXOS

### Anexo 1











## Anexo 2

### Diagrama esquemático de la simulación del diseño en labVIEW

