



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

DISEÑO DE UNA MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA
PROMOVER EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDADANÍA.

AUTOR

ROGER ISRAEL MARTÍNEZ LÓPEZ

DIRECTOR

ING. COSME MEJÍA

IBARRA – ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO	
Cédula de Identidad	1002710646
Apellidos y Nombres	Martínez López Roger Israel
Email	rimartinezl@utn.edu.ec
Teléfono Fijo	062605696
Teléfono Móvil	0985217291
DATOS DE LA OBRA	
Título	DISEÑO DE UNA MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA PROMOVER EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDADANÍA.
Autor	Martínez López Roger Israel
Fecha	25 de julio del 2017
Programa	Pregrado
Título por el que aspira	Ingeniero en Mecatrónica
Director	Ing. Cosme Mejía

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Roger Israel Martínez López, con cédula de identidad Nro. 100271064-6, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad de material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamos por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de julio del 2017



Firma

Nombre: Roger Israel Martínez López

Cédula: 100271064-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Roger Israel Martínez López, con cédula de identidad N°.100271064-6, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: DISEÑO DE UNA MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA PROMOVER EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDADANÍA, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en el formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 25 de julio del 2017

Firma

Nombre: Roger Israel Martínez López.

Cédula: 100271064-6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Grado “DISEÑO DE UNA MÁQUINA RECICLADORA DE BOTELAS PLÁSTICAS PARA PROMOVER EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDADANÍA”, fue desarrollado por el egresado Roger Israel Martínez López, bajo mi supervisión, lo cual certifico en honor a la verdad.



Ing. Cosme Mejía
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DECLARACIÓN

Yo, Roger Israel Martínez López declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval, positioned above a horizontal line.

Roger Israel Martínez López.

C.I. 100271064-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por ese apoyo incondicional durante todo el proceso de estudios y estar siempre presentes en mi vida.

A la Ing. Sonia Narváez quien ha sido impulsadora del proyecto que he realizado y por tener una gran ideología en la conservación del medio ambiental.

Al Ing. Cosme Mejía quien me ha guiado durante todo el desarrollo de trabajo de grado.

A la Sra. Mariuxy Macias y su familia, y de la misma manera a mi familia y amigos quienes me han acompañado de una u otra forma durante toda mi carrera universitaria.

Roger Martínez.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado especialmente a mis padres Rogelio Martínez y Miryan López, quienes me ha enseñado a luchar y nunca desistir en los objetivos que uno mismo se ha planteado, y por acompañarme cada día con excelentes palabras de aliento.

A mi novia Marissa Anchundia y a mis hermanas quienes han estado presente en cada momento, y por brindarme su apoyo en toda circunstancia de la vida.

Roger Martínez.

RESUMEN

El proyecto se presentó frente a la necesidad de motivar a la ciudadanía a tener una cultura de reciclaje, especialmente de botellas de plástico tipo PET, de esta manera se logrará reducir la cantidad de basura que llega al botadero de las ciudades y evitar la contaminación ambiental.

Se presentaron varias alternativas que satisfagan la manera de interactuar entre el usuario y una máquina. Se realizó una investigación previa de las máquinas existentes en el mercado; para analizar la mejor combinación de propuestas para lograr un diseño con un proceso de pre-trituración del material; para darle un reciclaje directo sin intermediarios.

La máquina recicladora, se implementó con varios subsistemas, entre ellos está un sistema de admisión de botellas, que está basado en un conjunto de sensores fotoeléctricos, celda de carga y capacitivos, que permiten detectar de manera eficaz el material de la botella que ingresa a la máquina, y un sistema de pre-trituración, donde el material se reduce en tamaño y en volumen, logrando de esta manera almacenar una mayor cantidad de botellas dentro del reservorio. Además, los dos sistemas interactúan con el sistema de control para activarse y desactivarse de manera conjunta con los requerimientos propios de la máquina.

La forma de interactuar con el usuario es la publicidad y la facilidad del uso, fomentando una cultura de reciclaje.

ABSTRACT

The project presented in front of the need to motivate to the citizens to have a culture of recycling, especially of bottles plastic type PET, it is to reduce the amount of garbage that comes to the dump of our city and avoid environmental pollution.

Several alternatives were presented to satisfy the way of interacting between the user and a machine, so a previous investigation was realized from the existing machines in the market was carried out to analyze the best combination of proposals for a design that delivers a process of pre-shredding the material to give it a direct recycling without intermediaries.

The recycling machine is implemented with several subsystems, among them: these are a bottle intake system, which is based on a set of photoelectric sensors, load cell and capacitive, that allow to effectively detect the material of the bottle that received by the machine, And a pre-shredding system where the material is reduced in size and in volume, thus achieving more storage of the quantities of bottles inside the tank, in addition, the two systems interact with the control system to be activated and deactivated together with the own requirements of the machine.

The way to interact with the user is the announcement and the ease of use, boosting a culture of recycling.

TABLA DE CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	II
2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....	III
3. CONSTANCIAS	III
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
CERTIFICACIÓN.....	V
DECLARACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación.....	2
1.5. Alcance	3
1.6. Estado del Arte.....	4
1.7. Marco teórico.....	10
1.7.1. Plásticos	10
1.7.2. Reciclaje del plástico	11
1.7.3. Clasificación de envases plástico	13
1.7.4. Trituración de desechos solidos.....	14
1.7.5. Tipos de trituradoras de desechos solidos.....	14
1.7.6. Impresora térmica.....	16
CAPÍTULO II.....	18
2. METODOLOGÍA	18
2.1. La casa de la calidad.....	18
2.2. Voz del usuario.....	18
2.3. Voz del ingeniero.....	19
2.3. Conclusiones de la casa de la calidad	19
2.4. Especificaciones técnicas.....	20
2.5. Análisis funcional.....	21
2.5.1. Desarrollo de diagramas funcionales.....	21
2.5.1.1. Subnivel 1.1. Identificar botella plástica.....	22
2.5.2. Análisis de los diagramas funcionales.	23
2.5.3. Análisis modular	23
2.5.3.1. División modular subnivel 1.1.....	24

2.5.3.2.	División modular subnivel 1.2	25
2.5.3.3.	División modular subnivel 1.3	27
2.5.4.	Matriz morfológica.	28
2.5.5.	Evaluación de alternativas.....	29
2.5.5.1.	Criterios de valoración.....	29
2.5.5.2.	Evaluación del peso específico de cada criterio de valoración.....	30
2.5.5.3.	Evaluación del peso específico del criterio seguro.....	30
2.5.5.4.	Evaluación del peso específico del criterio resistente	30
2.5.5.5.	Evaluación del peso específico del criterio confiable	31
2.5.5.6.	Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento	31
2.5.5.7.	Tabla de conclusión del criterio de selección.....	31
2.6.	Diseño y selección mecánico	32
2.6.1.	Análisis estructural	32
2.6.1.1.	Material de la estructura	33
2.6.2.	Selección del factor de diseño.....	33
2.6.3.	Cálculos de la estructura.....	34
2.6.3.1.	Parámetros de diseño de la estructura.	34
2.6.4.	Análisis del sistema de admisión.....	46
2.6.5.	Diseño del sistema mecánico de admisión.....	47
2.6.5.1.	Soporte de botellas cámara de admisión.....	47
2.6.5.2.	Brazo de aceptación de las botellas plásticas.....	48
2.6.5.3.	Diseño de la cámara de admisión.....	49
2.6.6.	Diseño del sistema de pre-trituración.	50
2.6.6.1.	Propiedades mecánicas del PET	50
2.6.6.2.	Corte por cizalla o tijera	50
2.6.6.3.	Fuerza de corte requerida.	51
2.6.6.4.	Selección del radio de la cuchilla.....	53
2.6.6.5.	Factor de servicio	53
2.6.6.6.	Potencia del motor.....	54
2.6.7.	Selección del reductor	55
2.6.8.	Diseño de la cuchilla de trituración	56
2.6.8.1.	Consideraciones del diseño de la cuchilla.	57
2.6.8.2.	Material de las cuchillas.....	57
2.6.8.3.	Desfase de los tres modelos de cuchillas.	58
2.6.8.4.	Esquema del desfase de 20° entre cuchillas y separador	58
2.6.8.5.	Factor de seguridad de la cuchilla.	59
2.6.8.6.	Deformación de la cuchilla.....	60
2.6.9.	Diseño del cortador de pared y direccionador de cuchilla.....	60
2.6.10.	Diseño del eje porta cuchillas.	62
2.6.10.1.	Análisis de cargas	64
2.6.10.2.	Calculo de las reacciones en los puntos A y B	64
2.6.10.3.	Selección de chaveta.....	67
2.6.10.4.	Selección de chumacera.	68
2.7.	Selección de instrumentación.....	68
2.7.1.	Sensor fotoeléctrico infrarrojo.....	68
2.7.2.	Sensor capacitivo	68
2.7.3.	Celda de carga.....	69
2.7.4.	Modulo amplificador hx711.....	70
2.7.5.	Tarjeta de adquisición.	71
2.7.6.	Módulos relés.....	72
2.7.7.	Iluminación led con chip SMD	73

2.8.	Diseño del sistema de control e impresión.....	74
2.8.1.	Diagrama de conexiones	75
2.8.2.	Diseño del Software en Visual Basic.....	75
2.8.3.	Diagrama de conexiones Arduino Mega	76
2.9.	Diagrama de conexión eléctrico de potencia y control	77
2.10.	Dimensionamiento de conductores eléctricos.....	77
2.11.	Etapas de construcción y ensamblaje	77
2.11.1.	Fabricación de tarjeta PCB de señales de sensores.....	77
2.11.2.	Ensamblaje de la estructura y componentes.....	78
CAPÍTULO III.....		80
3.	RESULTADOS Y PRUEBAS	80
3.1.	Diseño de transmisión por cadena.....	80
3.1.1.	Selección de dientes del piñón y catalina	80
3.1.2.	Selección de la cadena.....	82
3.1.3.	Numero de eslabones y longitud de la cadena	85
3.2.	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	87
3.2.1.	Validación cámara de admisión.	87
3.2.2.	Prueba por tipo de empaque de bebida	87
3.2.3.	Prueba por residuos líquidos	87
3.2.4.	Prueba por tamaño de botella.....	88
3.2.5.	Prueba de botella con tapa	88
3.2.6.	Validación sistema de pre-triturado.....	89
3.2.7.	Prueba de trituración	89
3.2.8.	Activación del sistema de impresión y entrega de ticket	90
3.2.9.	Activación sistema de impresión.....	90
3.2.10.	Entrega de Ticket.....	90
CAPÍTULO IV		91
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
4.1.	Conclusiones.....	91
4.2.	Recomendaciones.....	92
BIBLIOGRAFÍA.....		93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista frontal de la máquina expendedora (Grafico original con distorsión).....	5
Figura 2 Máquinas expendedoras industriales 1957.....	6
Figura 3 Prototipo Máquina expendedora inversa	7
Figura 4 Primera máquina expendedora inversa	7
Figura 5 Máquina Expendedora Inversa.....	8
Figura 6 Máquina Expendedora Inversa Wincor Nixford.....	9
Figura 7 Clasificación de las resinas de plástico.....	13
Figura 8.- Trituradora de un solo eje con dientes.....	15
Figura 9.- Trituradora de dos ejes con cuchillas	15
Figura 10.- Trituradora de 4 ejes con cuchillas	16
Figura 11 Impresora térmica EPSON	17
Figura 12 Análisis funcional - Nivel 0.....	21
Figura 13 Análisis funcional - Nivel 1	22
Figura 14 Análisis funcional - Subnivel 1.1	22
Figura 15 Análisis funcional - Subnivel 1.2	22
Figura 16 Análisis funcional - Subnivel 1.3	23
Figura 17 División modular - Subnivel 1.1	24
Figura 18 División modular subnivel 1.2.....	25
Figura 19 División modular subnivel 1.3.....	27
Figura 20 Matriz morfológica	28
Figura 21 Estructura máquina recicladora	32
Figura 22 Diseño previo para ubicación de elementos	34
Figura 23 Modelo de la estructura con sus fuerzas respectivas fuerzas	34
Figura 24 Diagrama de fuerza y momentos en la viga AG y BH	36
Figura 25 Diagrama de fuerza y momentos en la viga CD y EF	37
Figura 26 Diagrama de cuerpo de libre la viga IK y JL	38
Figura 27 Diagrama de corte de viga IK y JL.....	39
Figura 28 Diagrama de fuerza y momentos de la viga IK y JL.....	41
Figura 29 Factor de seguridad en la zona 1	45
Figura 30 Factor de seguridad en la zona 2	45
Figura 31 Factor de seguridad en el soporte de la cámara de admisión	46
Figura 32 Diagrama de bloques de la cámara de admisión	47
Figura 33 Soporte botellas plásticas.....	48
Figura 34 Brazo de aceptación de las botellas	48
Figura 35 Cámara de admisión	49
Figura 36 Corte por cizalladura	51
Figura 37 Diseño de cuchillas.....	58
Figura 38 Esquema de desfase de cuchillas y separador.....	59
Figura 39 Factor de seguridad de la cuchilla de trituración.....	59
Figura 40 Desplazamiento cuchilla de trituración.....	60
Figura 41 Diseño cortador de pared	61
Figura 42 Deformación máxima en el cortador de pared	61
Figura 43 Factor de seguridad cortador de pared.....	61
Figura 44 Ensamblaje del cortador de pared y direccionador de cuchilla	62
Figura 45 Fuerzas sobre el eje de transmisión	63
Figura 46 Diagrama de fuerzas y momentos sobre el eje de transmisión.....	64
Figura 47 Diagrama de fuerza cortante sobre el eje	64
Figura 48 Diagrama de momento sobre el eje.....	64
Figura 49 Selección chaveta	67

Figura 50 Celda de carga	70
Figura 51 Modulo HX711	70
Figura 52 Arduino Mega	71
Figura 53 Modulo relé estado sólido	72
Figura 54 Modulo relé de 4 canales	73
Figura 55 Diagrama del sistema de control e impresión.....	74
Figura 56 Diagrama de conexiones	75
Figura 57 Interfaz Visual Basic Usuario-Maquina.....	75
Figura 58 Pista y diagrama de ubicación de elemento para el montaje.....	78
Figura 59 Montaje de elemento placa PCB.....	78
Figura 60 Ensamblaje final máquina recicladora.....	79
Figura 61 Tabla relación de piñón-corona.....	81
Figura 62 Datos ingresados en software RENOLD	82
Figura 63 Datos de la cadena mediante software	82
Figura 64 Datos obtenidos en software RENOLD	83
Figura 65 Diagrama de cadena de rodillos según DIN 8188 (Ejecución Americana).....	84
Figura 66 Especificaciones de la cadena obtenida	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ventajas y desventajas de las máquinas expendedoras inversas	9
Tabla 2 Requerimientos de la máquina.....	20
Tabla 3 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 1 del subnivel 1.1	24
Tabla 4 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 2 del subnivel 1.1	25
Tabla 5 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 1 del subnivel 1.2.....	26
Tabla 6 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 2 del subnivel 1.2.....	26
Tabla 7 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 1 del subnivel 1.3.....	27
Tabla 8 Peso específico de criterios de valoración	30
Tabla 9 Peso específico de criterio seguro	30
Tabla 10 Peso específico de criterio resistente	30
Tabla 11 Peso específico de criterio confiable	31
Tabla 12 Peso específico de criterio mantenimiento	31
Tabla 13 Conclusión del criterio de selección	31
Tabla 14 Factor de diseño para materiales Dúctiles	33
Tabla 15 Descripción de cargas en la estructura, zona 1	35
Tabla 16 Descripción de cargas en la estructura, zona 2	35
Tabla 17 Características del Acero ASTM A500	41
Tabla 18 Designación de área del tubo estructural para cada sección.....	44
Tabla 19 Materiales para la estructura y revestimiento	49
Tabla 20 Datos técnicos Polietilenotereftalato (PET)	50
Tabla 21 Diámetro de cuchillas.....	53
Tabla 22 Factor de servicio del motor eléctrico con frecuentes paradas y arranques.....	54
Tabla 23 Selección del reductor por catalogo	56
Tabla 24 Tabla de acero para herramientas	57
Tabla 25 Constantes dieléctricas en diferentes materiales	69
Tabla 26 Comparativa LED SMD	73
Tabla 27 Calibre del conductor para cada sistema	77
Tabla 28 Prueba por tipo de empaque de bebida	87
Tabla 29 Prueba de la botella con residuo líquido.....	88
Tabla 30 Prueba por tamaño de la botella	88

Tabla 31 Prueba del tamaño de la botella con tapa.....	89
Tabla 32 Pruebas de pre-triturado.....	89
Tabla 33 Prueba de impresión del ticket.....	90
Tabla 34 Nomenclatura esquema eléctrico de potencia	121
Tabla 35 Nomenclatura esquema eléctrico de control	122

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Esfuerzo de diseño	42
Ecuación 2 Modulo de sección de área	42
Ecuación 3 Fuerza de Corte.....	51
Ecuación 4 Fuerza de corte aplicando el factor de servicio	53
Ecuación 5 Momento o Par Nominal	54
Ecuación 6 Relación de reductor.....	55
Ecuación 7 Par torsor.....	65
Ecuación 8 Esfuerzo de Von Mises	65
Ecuación 9 Relación de transmisión.....	80
Ecuación 10 Formula Cantidad de eslabones	86

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Planteamiento del problema

La falta de estaciones de reciclaje en la ciudad limita a que las personas tengan una forma de clasificar los desechos, gran parte de este material que es eliminado puede ser reutilizado para crear mesas, sillas o tableros de plástico reciclado.

La ordenanza que regula la gestión integral de los desechos y residuos sólidos de la Ilustre Municipalidad de San Miguel de Ibarra, en el artículo 1; estipula que se debe tener un tratamiento de los residuos para mantener un ambiente saludable y libre de contaminación. (Ibarra, 2011)

En la provincia de Imbabura después de varios intentos por clasificar los desechos sólidos, han sido muy pocos los resultados obtenidos ya que al vertedero de basura en más de una ocasión ha colapsado por la gran cantidad de desechos que llegan hasta este lugar, y la cantidad de toneladas de basura va en aumento (Villalba, 2016).

En la ciudad de Ibarra se cuenta con estaciones de reciclaje privadas las cuales brindan un costo por kilo del material reciclado, las personas que trabajan en el negocio de reciclaje no dan un proceso extra al material para recibir mayor ganancia y adquirir un valor agregado por su labor cotidiana.

Dato adicional de las botellas plásticas es que tienen un gran impacto ya que su proceso de descomposición es de 100 a 1000 años, por lo que es considerado un material de descomposición lenta y largo plazo las cuales llegan al vertedero de basura sin un proceso o clasificación de las mismas.

1.2. Objetivo general

Construir una máquina recicladora de botellas plásticas para promover el manejo de residuos sólidos en la ciudadanía.

1.3. Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte actual en máquinas recicladoras
- Determinar el diseño viable de la máquina considerando usuarios, capacidad, publicidad y portabilidad entre otros.
- Diseñar los sistemas de la máquina que cumpla de manera óptima todo el proceso de reciclaje
- Construir la estructura, partes mecánicas y sistemas de la máquina recicladora
- Realizar pruebas de funcionamiento.

1.4. Justificación

En la actualidad; la cantidad de toneladas de residuos sólidos han sido tomadas en la cabecera cantonal de la provincia, ya que existe un control de lo que se ingresa diariamente al botadero de basura de Ibarra.

“En 2009 subió a 367,57 toneladas. En los materiales también hay papel mixto, fundas, plástico soplado, plástico jabas, vidrios y chatarra. El Municipio recibió 42.773,00 dólares en el año pasado. En cifras, en todo el año se recupera apenas la producción de tres días de basura que mueve Ibarra con 110 toneladas por día” (Ibarra, 2011).

La anterior administración de Imbabura desarrollo un proyecto denominado “Blanquita” que lo implementó desde el año 2006 con la finalidad de incentivar la clasificación de los desechos que elimina cada familia de la ciudad, pero no llego a alcanzar el objetivo del proyecto ya que la inversión durante toda la campaña solo se logró la recuperación del 30% siendo de esta manera insatisfactoria por los resultados obtenidos (Enríquez, 2016).

La provincia de Imbabura cuenta con varias estaciones de reciclaje. Estas se benefician de los usuarios que se dedican al reciclaje de todo tipo de material, con este proyecto se incentiva; no solo a las personas dedicadas a este ámbito sino a toda la ciudadanía a que desarrolle una cultura al reciclar botellas plásticas y mejorar la educación para el manejo de los residuos generados en los hogares y recibir un beneficio adicional.

1.5. Alcance

El objetivo de implementar esta máquina es la de educar y concientizar bajo un incentivo; por la aportación de botellas plásticas que sean ingresadas en la misma. La campaña de manejo de residuos sólidos que se lleva a cabo en la provincia a través de la prefectura de Imbabura la cual prevee que de esta forma el plástico no llegue a la desintegración de muchos años en la naturaleza o en el botadero de basura.

La máquina contará con un sistema de admisión para la clasificación de las botellas para determinar el tipo material y proteger al sistema de pre-trituración, además tendrá un sistema de impresión que por la cantidad de botellas ingresada entregará un ticket, el cual podrá ser canjeado en los locales patrocinadores, la máquina

aceptará plástico PET o PETE 1 los cuales son botellas de bebida, botellas de agua y envases de aceite los cuales son fabricados con polietileno y teraftalato.

Las botellas ingresadas al sistema de pre-triturado que contará con un eje y unos discos giratorios conectados a los motores, los cuales contarán con una etapa de control para generar el torque necesario para triturar cada botella plástica, en caso de que se genere un conflicto durante el proceso; esto permita un retroceso de los discos y retorne con la trituración.

La capacidad de almacenamiento dentro del reservorio es de 1000 botellas plásticas, reduciendo el tamaño y el volumen que ocupa cada botella al ser triturada, ya que los reservorios que se utilizan actualmente ocupan mucho espacio y dificulta su traslado.

1.6. Estado del Arte

El manejo de los residuos sólidos ha sido uno de los principales problemas que se ha tenido en el planeta, por la gran cantidad de basura que se empezó a generar desde la era industrial y es ahí donde empezó la preocupación de cómo controlar y evitar la acumulación de todos los desechos sólidos. (Saéz & Urdaneta G., 2014)

La primera máquina recicladora de residuos sólidos de la que se tiene registros es el fundador de Rittenhouse Paper Mill su nombre William Rittenhouse , el cual fundó su compañía en el año 1690 en la ciudad de Philadelphia-Pennsylvania en los Estados Unidos de Norte América, A William Rittenhouse se lo debería nombrar el padre del reciclaje en este país ya que utilizaba trapos de algodón y de tela, el cual extraía a través de una molino la fibra de estos componentes para convertirlos en papel (Wellington, 2006) .

Con la aparición del primer polímero sintético en el año 1909 ,el cual fue creado por el químico Leo Baekeland(Garcia, 2009),.A partir de este año empezó la gran fabricación de plásticos para la mayoría de componentes utilizado hoy en día.

El 13 de septiembre del año 1920 se realiza los tramites de patente de la primera máquina de reciclaje para devolución de envases manipulados vacíos, donde se devolvía una moneda a cambio por la aportación del usuario, pero esta tenia algunas fallas en su sistema debido al alto ruido y a la identificación de los envases (Jones & Vance, 1925).

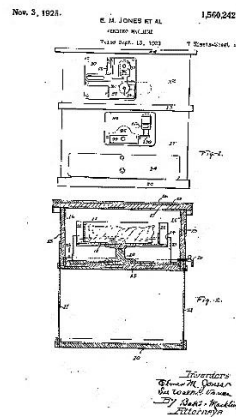


Figura 1 Vista frontal de la máquina expendedora (Grafico original con distorsión).

Fuente: (M & Sue, 1925)

Desde los años 1920 hasta los años 1950 empiezan aparecer las primeras máquinas automáticas de alimentos o conocidas en inglés como vending machines (máquinas expendedoras), las cuales tenían un producto para expenderlo o varios productos, a cambio de una moneda que se introducía en la maquina la cual dejaba caer el producto seleccionado como se puede ver en la figura 2.

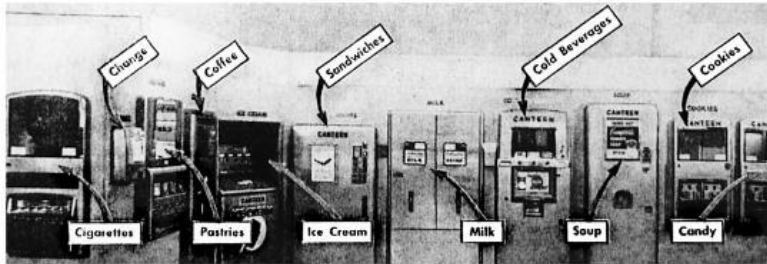


Figura 2 Máquinas expendedoras industriales 1957

Fuente: (Segrave, 2002)

Con la aparición del consumismo a través de las máquinas expendedoras de venta de productos, surge la aparición de la primera máquina inversa a este proceso que realmente funcionó, el material de reciclaje que recibía era botellas plásticas vacías, el proyecto nació en Suecia bajo la compañía WICANDERS que se dedicaba a la fabricación de tapas. En la capital de Noruega en Oslo en la tienda PF-Hallen del señor Fremstand para atraer a sus clientes implementó este tipo de máquina que recibía botellas plásticas a través de un agujero y estas eran llevadas por un sistema hidráulico a un contenedor, pero el único inconveniente es que era muy ruidosa al realizar todo el proceso y tenía un alto costo de mantenimiento, la compañía se reusó a realizar mejoras (Jorgensen, 2011).

En 1962 Aage Tveitan diseña la primera máquina automática de botellas plásticas recicladas, posteriormente es fabricada en Noruega en su propia compañía Arthur Tveitan, la máquina tenía varios agujeros para determinar el tamaño de la botella y al finalizar el proceso perforaba un cupón para ser canjeado en la tienda, pero era vulnerable ya que si se utilizaba una botella que no era reciclable ;similar y del mismo tamaño podía ser receptada por la máquina y ocasionar perdidas; como se puede ver en la figura 3 (Jorgensen, 2011).

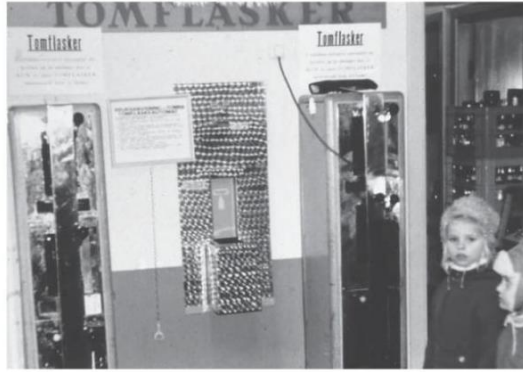


Figura 3 Prototipo Máquina expendedora inversa

Fuente: (Jorgensen, 2011)

A partir del año 1972 donde se funda TOMRA una empresa que fabricaba máquinas expendedoras inversas; la cual había entregado en Noruega la cantidad de 29 máquinas, no fue que hasta el año 1977 la compañía emplea la tecnología de reconocimiento de botellas denominada “Sure Return”, siendo un éxito en ese año para sus ventas en los mercados de Estados Unidos y Europa. En 1997 emplea un nuevo sistema de reconocimiento de envases, con cámaras de alta resolución evitando de esta manera estafas y una pantalla para visualizar gráficos, donde la máquina se volvía más eficiente, interactiva y fácil de usar (TOMRA, 2016).



Figura 4 Primera máquina expendedora inversa

Fuente: (TOMRA, 2016)

En el 2013 en la Escuela Politécnica del Ejercito se desarrolló la investigación de una máquina expendedora inversa para la compañía privada SERPRA CÍA. LTA. La máquina utiliza en el sistema de admisión sensores de presencia, peso y un sistema de identificación de envases con visión artificial y finalmente después de este proceso compacta la botella plástica y entrega un ticket al usuario como se puede ver en la figura 5 (Del Hierro Calvache & Albán Naranjo, 2013) .



Figura 5 Máquina Expendedora Inversa

Fuente: (Del Hierro Calvache & Albán Naranjo, 2013)

Continuamente en el 2014 se efectúa el desarrollo de una nueva máquina expendedora inversa en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo orientándose al reciclaje interno de su propia institución, pero se ve afectada por varias limitaciones de la máquina por lo que en el 2015; se rediseña para volverla más eficiente y que cumpla con los requerimientos de trabajo, esta máquina usa un sensor fotoeléctrico y un sensor de presencia para el sistema de admisión de botellas y finalmente procede a compactar y su aporte es la devolución de un dulce al usuario (Marcelo Cardoso & Vizcaíno Salazar, 2015).

En la siguiente tabla se realizará un análisis de las ventajas y desventajas de los fabricantes de máquinas expendedoras inversas actuales

Tabla 1 Ventaja y desventaja de las máquinas expendedoras inversas

Fabricante	Método admisión	Método de reducción	Ventaja	Desventaja
TOMRA	Cámara de alta resolución	Compactación	Rápida identificación del material	Costo elevado de fabricación
WINCOR NIXDORF	Cámara de alta resolución	Compactación	Rápida identificación del material	Costo elevado de fabricación
ENVIPCO	Escáner laser	Compactación	Rápida identificación del material	Costo elevado de fabricación
ENVIROBANK	Lector de código de barras	Compactación	Rápida identificación del material	Vulnerable en la etapa de admisión
REVERSE VENDING	Lector de código de barras	Ningún método	Bajo costo de fabricación	Vulnerable en la etapa de admisión
HENGSHENG PLASTICMX	Lector de código de barras	Ningún método	Bajo costo de fabricación	Vulnerable en la etapa de admisión



Figura 6 Máquina Expendedora Inversa Wincor Nixford

Fuente: (Wincor Nixford, 2016)

Con estos datos obtenidos de los mayores fabricantes de máquinas expendedoras inversas, donde la principal desventaja es el costo de fabricación, considerando que

el tipo de tecnología utilizada en la etapa de admisión es por escáneres y cámaras de alta resolución; para la identificación de las botellas por imágenes, es por esa razón que se elevan los costos significativamente, otros fabricante han optado por implementar lectores de códigos de barras para abaratar costos en el momento de fabricación, pero son vulnerables al momento de identificar el material por la alteración de las etiquetas de cada botella, si se utilizan sensores tales como capacitivos , fotoeléctricos , ultra sonido y de presencia se mejora en costos y eficiencia de la máquina.

En el método de reducción de las botellas plásticas es donde se puede mejorar; utilizando un proceso de pre-triturado del plástico reduciendo en su tamaño y volumen en un 87% a comparación del método de compactación utilizado por la mayoría de fabricantes.

1.7. Marco teórico

En este apartado se detallarán las partes que se utilizarán en el funcionamiento de la máquina y las características del material que se procesará dentro de ella, la clasificación del plástico, la forma de reciclaje del plástico y el tipo de trituradoras que han sido desarrolladas.

1.7.1. Plásticos

Los plásticos lograron ser con el paso de los años más resistentes, duraderos, livianos y tener varias aplicaciones para solventar una necesidad y ahorro en fabricación. El primer polímero del que se tiene una referencia de donde partió la creación del plástico fue en el año 1907; desarrollado por el químico belga Leo Hendrik Baekeland a este invento lo denominaron “Baquelita” al cual lo patento bajo

ese nombre en el año 1920 ,este tipo de plástico es un polímero sintético(Thompson, Swan, Moore, & Vom Saal, 2009).

En marzo del año 1933 en Reino Unido, dos químicos investigadores Reginal Gibson y Eric Fawcett descubren el polietileno el cual fue sintetizado en el año 1935 como una resina de baja densidad (LDPE) para posteriormente ser comercializada.(Andrady & Neal, 2009)

El polietileno tuvo una gran demanda en los años 1940 y 1950 empieza a fabricarse a escala industrial. En el año 1953 el químico alemán Karl Ziegler descubre un nuevo método de fabricación del polietileno a través de un proceso de baja presión y temperatura. (Ziegler, Holzkamp, Breil, & Martin, 1955)

El investigador italiano Giulio Natta; sintetiza en el año 1954 el polipropileno el cual es un termoplástico, empieza su producción comercial como una resina en 1957. Este polímero es utilizado en la industria alimentaria, artículos para el hogar, artículos de uso personal y otros tipos de productos envasados. (Andrady & Neal, 2009)

1.7.2. Reciclaje del plástico

Los desechos que se han generado por el uso del plástico sin ningún control; ya que esto se debe a la generación constante y bajos costos de producción, estos desechos de los plásticos se han acumulado en los hábitats naturales llegando hasta los ríos, mares y océanos, la afectación de este material a toda la naturaleza es a gran escala ya que el material es enterrado en el suelo, por tal motivo se ha empezado a dar campañas de concientización para el reciclaje del plástico,

hablando en porcentajes de utilización de este material es del 60% tomando en cuenta de la cantidad de envases utilizados para alimentos y bebidas y el 40% restante es de materiales como vidrio y tetrapack. (Careaga, 1993).

El plástico aun siendo degradable puede permanecer por mucho tiempo, es en este aspecto que se ha tomado como un problema a escala mundial, donde el reciclaje es una estrategia de reducción del consumo y su uso, se prevé un mayor equilibrio ambiental con el aprovechamiento de materia y energía. (McDonough & Braungart, 2002).

Una de las estrategias de reciclaje es de las 4R que se basan en reducir, reutilizar, reciclar y recuperar, en los vertederos de basura del mundo para la reducción de los volúmenes del plástico se incineraba pero las altas cantidades de gases liberados en la atmosfera producía afectación en la capa de ozono y se dejó usar este método.(Gilpin, Wagel, & Solch, 2003)

El objetivo principal del reciclaje del plástico es de reducir el volumen de este material y reutilizarlo de forma igual o diferente, una vez terminado su vida útil se le da un proceso mecánico, químico o energético.

- Reciclaje Mecánico. - Consiste en triturar y dejarlo como pellets o partículas muy pequeñas para posteriormente lavarlos, limpiarlos y darles un tratamiento para tener una nueva forma de plástico.
- Reciclaje Químico. - Consiste en reducir el plástico a través de calor para desintegrar su estructura molecular y obtener moléculas más sencillas

conocidas como monómeros, llegando de esta manera a la forma que tenía desde un comienzo antes de haber sido procesada.

- **Reciclaje Energético.** – Este tipo de reciclaje es diferente a los anteriores ya que en esta fase se utiliza el plástico que perdió su vida útil de poder reutilizarse; el cual pasa a cámaras de incineración para aportar como un combustible.

1.7.3. Clasificación de envases plástico

Una forma de clasificar e identificar el plástico fue la de asignar un código único a cada tipo de resina conocido en inglés como Resin Identification Code (RIC), de esta manera se facilitó al consumidor y reciclador la clasificación de manera eficiente de cada plástico por su resina primaria, la compañía que implemento este código fue Society of the Plastics Industry (SPI) en el año 1988. (Cantrill & Oravec, 2015).

La Asociación Americana de Ensayo de Materiales con sus siglas en inglés ASTM implementó una norma internacional la D7611 para los tipos de resina de plástico adoptando el código que propuso en un inicio SPI. (ASTM, 2013) .



Figura 7 Clasificación de las resinas de plástico

Fuente: (La Prestampa., s.f.)

1.7.4. Trituración de desechos solidos

La trituración de desechos sólidos es una alternativa que se ha empleado hoy en día con la finalidad de reducir el volumen en los espacios asignados de almacenaje de los desechos, basándose en normativas de cada país, el producto una vez procesado en esta etapa puede pasar a usarse como materia prima para una nueva fabricación.

Al existir tanto residuo peligroso generado en los hospitales, productos que han tenido un vencimiento en el consumo y no ser tratados puede afectar al medio ambiente es por ello que se ha puesto en manifiesto la utilización de varios métodos de tratamiento de estos materiales, pero siempre influyen en reducir su tamaño para poder ser transportados, es aquí donde la etapa de trituración es la primordial en todo este proceso.

1.7.5. Tipos de trituradoras de desechos solidos

Las trituradoras o también conocidos molinos de desechos sólidos son utilizados para reducir en gran medida el volumen de la basura bien puede ser utilizado para un determinado material entre ellos residuos orgánicos, plástico, papel, neumáticos, chatarra, residuos industriales, residuos peligrosos y vidrio para obtener un reciclaje más compacto y fácil de transportar y darle un tratamiento para reutilizarlo.

Entre los tipos de trituradoras para desechos sólidos tenemos los siguientes:

- Trituradoras de 1 eje. - Consiste en un eje sobre el cual van montadas unas cuchillas o a su vez un eje con dientes o puntas sobresalidas para producir

un desgaste en el material, pero no son ideales para residuos metálicos como se puede ver en la Figura 8.



Figura 8.- Trituradora de un solo eje con dientes.

Fuente: (Domenech Machinery & Systems, 2016)

- Trituradoras de 2 ejes. - Consisten en dos ejes los cuales emplean cuchillas lineales o desfasadas en un cierto ángulo para producir mayor afectación en el material reduciendo en menor volumen, para impulsar los 2 ejes es necesario dos moto-reductores, además utilizan una rejilla para tener un mejor control en el tamaño de hojuela del residuo final.

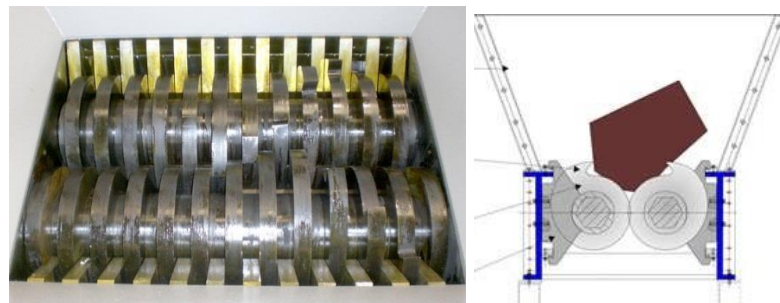


Figura 9.- Trituradora de dos ejes con cuchillas

Fuente: (Proyecto y fabricación de máquinas para la trituración - molinos, 2016)

- Trituradoras de 4 ejes. - Este tipo de trituradoras son superiores a las anteriores son utilizadas para grandes volúmenes de desechos y materiales

con una resistencia elevada al corte tales como metales, también utilizan cuchillas montadas en ejes como se puede ver en la figura 10.

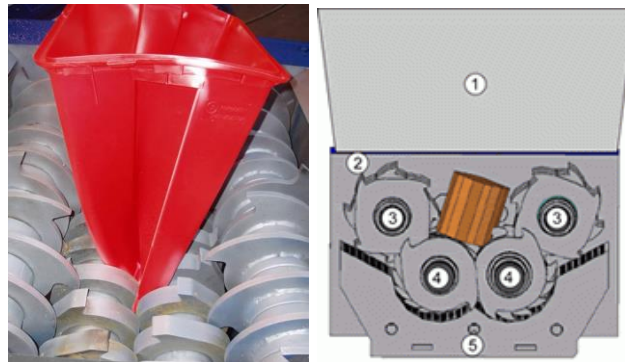


Figura 10.- Trituradora de 4 ejes con cuchillas

Fuente: (Proyecto y fabricación de máquinas para la trituración - molinos, 2016)

1.7.6. Impresora térmica

Las impresoras térmicas son muy distintas a las convencionales; ya que no utilizan cartuchos o reservorios de tinta para abastecer directamente a la máquina. Conocidas también como impresoras libres de impacto, aunque anteriormente si utilizaban una cinta entinada para realizar un proceso similar al de las máquinas de escribir, pero se innovo un sistema que utiliza el calor a través de pines o agujas que son controladas por el sistema propio de la impresora, donde envía una señal para activar los pines a calentarse a cierta temperatura generando un punto deseado en el papel termo sensible y de esta manera se produce la impresión.

Las ventajas de usar este tipo de impresoras es la rapidez y la facilidad de mantenimiento, por tal motivo es necesario mantener siempre abastecido de papel para imprimir, porque no usan tinta.



Figura 11 Impresora térmica EPSON

Fuente: (EPSON exceed your vision, 2016)

Una desventaja de este tipo de impresión es que el tiempo de duración es inferior a los 6 meses dependiendo de la forma de exposición o trato que haya tenido.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

El presente diseño de una máquina recicladora es el de motivar a la ciudadanía a una cultura de reciclaje, bajo los requerimientos técnicos del departamento de medio ambiente del Gobierno Provincial de Imbabura, quienes buscan soluciones para preservar el ecosistema de manera interactiva.

Uno de los diseños propuestos por parte de los técnicos de la institución pública del Gobierno Provincial, fue de una máquina expendedora inversa, con esta información obtenida se realizó una investigación previa de los modelos actuales y patentes existentes en base a este modelo de máquina.

2.1. La casa de la calidad

Carles Riba en su Diseño Concurrente propone la casa de la calidad, que su principal objetivo es traducir la voz del usuario en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y construcción, (ver Anexo 1). (Riba, 2002)

2.2. Voz del usuario

Los requerimientos que debe cumplir la máquina a petición del usuario son los siguientes:

- La altura de la maquina no debe sobrepasar los 180 cm de alto y el ancho este entre los 50 y 60 cm, además debe tener espacio para ubicar publicidad exterior y publicidad digital con monitor.
- Que identifique únicamente botellas de plástico tipo PET.
- Que reduzca la botella en tamaño y en volumen superior al 75% de la misma.

- Que tenga una capacidad de almacenar 1000 botellas.
- Que cuente con la protección necesaria para evitar cualquier inconveniente.
- Que realice impresión de tickets de 58 mm.
- El uso por parte del usuario sea fácil y seguro de manipular, y que sea de fácil mantenimiento

2.3. Voz del ingeniero

Conociendo los requerimientos por parte del usuario se traduce a características técnicas:

- Diseño estructural.
- Dimensionamiento del sistema de admisión debido a la variedad de las botellas.
- Resistencia a los esfuerzos en el sistema de trituración.
- Dimensionamiento del reservorio.
- Protección del circuito de potencia y control.
- Sistema de impresión.
- Facilidad de mantenimiento.

Uno de los requerimientos importantes es que la máquina se pueda adaptar a la alimentación de voltaje de 120V en todos sus componentes, debido a que existe en la mayoría de sectores en donde se prevee su funcionamiento.

2.3. Conclusiones de la casa de la calidad

La casa de la calidad brinda información valiosa acerca de los requerimientos técnicos que demanda el cliente para cumplir en el diseño de la máquina.

Para este análisis se considera lo siguiente. (Riba, 2002)

- El tamaño de la máquina que sea adaptado a niños, adultos y personas con discapacidad.
- La estructura debe soportar todos los componentes internos.
- Los diferentes tamaños de botellas que se debe sensor.
- El mecanismo de arrastre de la botella en la cámara de admisión debe ser seguro.
- El tipo de trituradora adaptado a las características físicas de la botella.
- El tipo de material de la trituradora debe soportar los esfuerzos.
- La comunicación de todos los sistemas debe ser fiable.
- La forma de trabajar debe proteger al usuario final.

2.4. Especificaciones técnicas.

Tabla 2 Requerimientos de la máquina

Empresa Cliente: GOBIERNO PROVINCIAL DE IMBABURA		Producto: Máquina recicladora de botellas plásticas		Fecha inicio: 2016-11-21
				Página: 1
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	21/11/2016	C	R	Identificar botellas plásticas. Realizar un proceso de pre- trituración interno. Entrega de Ticket
Capacidad	21/11/2016	C	R	1000 botellas plásticas
Energía	21/11/2016	C+I	D	120V Monofásica
Publicidad	21/11/2016	C	R	Estática y digital

Control	21/11/2016	I	R	Encendido y apagado seguro
Operación	21/11/2016	C+I	D	Facilidad de uso para el usuario final
Seguridad	21/11/2016	I	R	Desconexión y alerta de problemas
Mantenimiento	21/11/2016	C	R	De fácil inspección en todos los sistemas

Propone: C=Cliente

I=Ingeniería

Parámetro: R=Requerimiento

D=Deseo

2.5. Análisis funcional

El análisis funcional consiste en estructurar las acciones mediante diagramas de flujo, que realiza la máquina y dar nuevas alternativas de solución.

2.5.1. Desarrollo de diagramas funcionales.

Se detallarán a continuación los niveles necesarios de los diagramas funcionales.

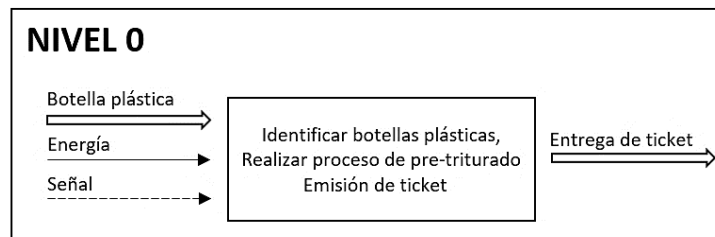


Figura 12 Análisis funcional - Nivel 0

En el siguiente nivel se constata las tres formas de operación que cuenta la máquina.

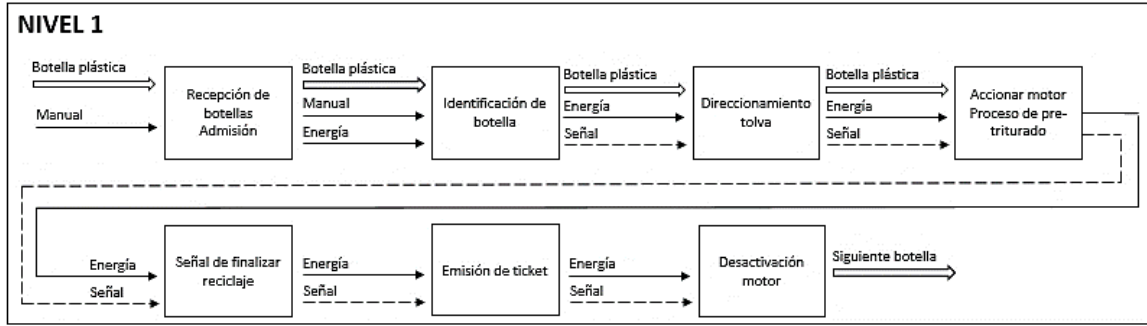


Figura 13 Análisis funcional - Nivel 1

Debido a que, en la etapa de recepción, identificación de botellas, direccionamiento tolva y emisión de ticket se debe realizar una descomposición por subniveles, para especificar a detalle acciones que no se consideraron en el nivel 1.

2.5.1.1. Subnivel 1.1. Identificar botella plástica

Subnivel 1.1 Identificar botella plástica

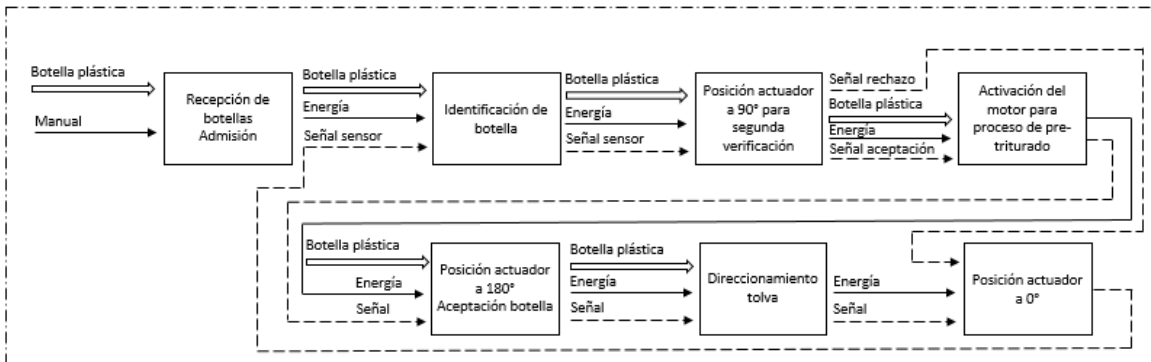


Figura 14 Análisis funcional - Subnivel 1.1

Subnivel 1.2 Proceso de pre-trituración

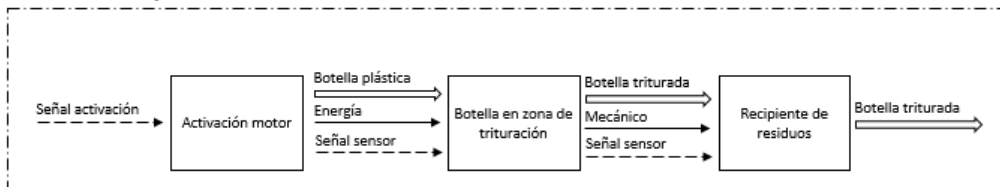


Figura 15 Análisis funcional - Subnivel 1.2

Subnivel 1.3 Impresión de ticket

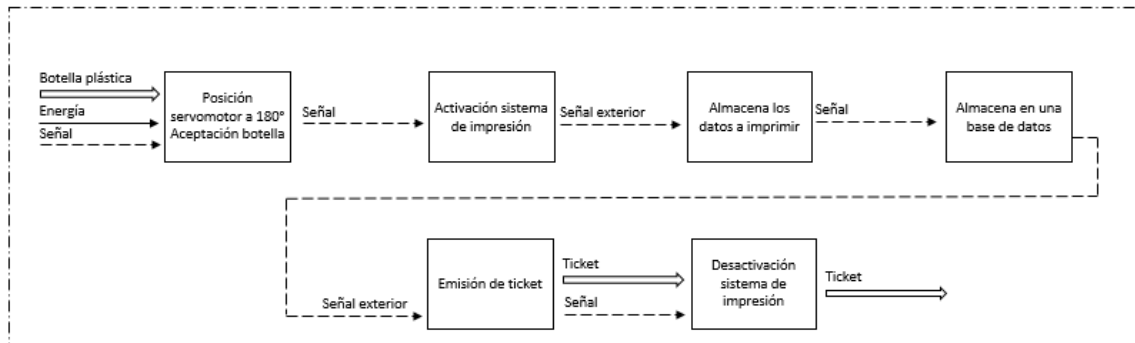


Figura 16 Análisis funcional - Subnivel 1.3

2.5.2. Análisis de los diagramas funcionales.

Se ha realizado dos niveles principales, donde el nivel 0 establece el funcionamiento global de la máquina y en el nivel 1, se ha establecido conforme a la petición de la voz del usuario, con la finalidad de plasmar la idea de manera detallada.

En el nivel 1, existen procesos que se deben detallarse de manera separada para un análisis más detenido, ya que estos procesos aportan para el correcto funcionamiento de la máquina.

En el subnivel 1.1 se detalla el proceso de identificación de la botella.

En el subnivel 1.2. se detalla el proceso de pre-trituración.

En el subnivel 1.3. se detalla el proceso de impresión de ticket.

2.5.3. Análisis modular

El análisis modular permite dividir al subnivel en bloques o módulos para seleccionar los componentes que reduzcan tiempo y costo de mantenimiento, y comparar entre la mejor alternativa a utilizarse en el proceso de construcción de la máquina. (Riba, 2002)

2.5.3.1. División modular subnivel 1.1

Subnivel 1.1 Identificar botella plástica

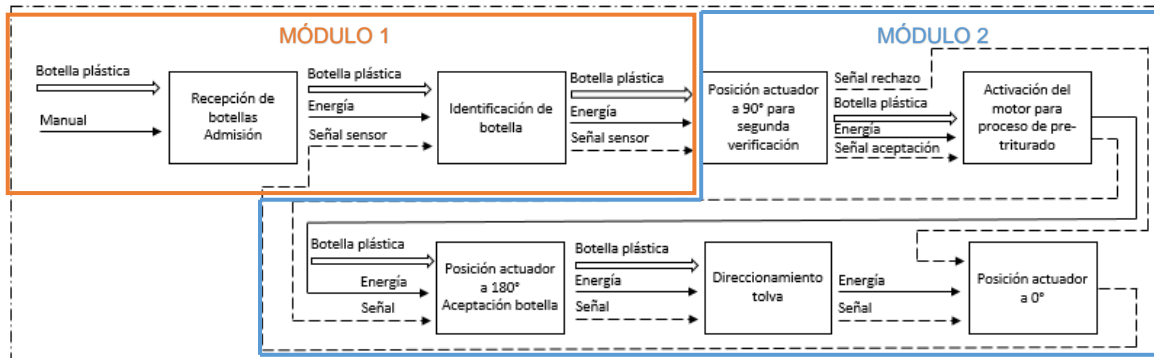


Figura 17 División modular - Subnivel 1.1

2.5.3.1.1. Módulo 1 subnivel 1.1

Para el módulo 1 se plantea las siguientes soluciones para identificarla la botella, a continuación, se establece los siguientes con sus respectivas ventajas y desventajas:

Tabla 3 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 1 del subnivel 1.1

Solución	Ventajas	Desventajas	Opción
Sensor Fotoeléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Facilidad de acople Distancia de sensado Peso 	<ul style="list-style-type: none"> No detecta a distancias menores de 3mm 	1
Sensor Capacitivo	<ul style="list-style-type: none"> Efectividad en sensado Detecta todos los materiales 	<ul style="list-style-type: none"> Peso Calibración constante 	2
Celda de carga	<ul style="list-style-type: none"> Precisión en datos de medición 	<ul style="list-style-type: none"> Le afecta el ruido de los relés Tiempo de envío de datos 	3
Lector de código de barra	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de identificación Velocidad de reconocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Costo de ubicación 	4

Visión artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión de identificación en • Velocidad de reconocimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado costo de adquisición • Varios materiales para el funcionamiento 	5
-------------------	---	--	---

2.5.3.1.2. Módulo 2 subnivel 1.1.

Para el módulo 2 se plantea las siguientes soluciones para el actuador de arrastre de la botella, a continuación, se establece los siguientes con sus respectivas ventajas y desventajas:

Tabla 4 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 2 del subnivel 1.1

Solución	Ventajas	Desventajas	Opción
Motor DC	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de acople • Fácil control • Variedad de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento continuo • Ruido a altas velocidades 	1
Servomotor	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen alto torque para el tamaño que son fabricados • Tienen una alta precisión 	<ul style="list-style-type: none"> • No se puede cambiar la velocidad • Están limitados por el circuito de control 	2
Actuador lineal	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil control • Silenciosos • Sencilla instalación 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja velocidad • Potencia limitada 	3

2.5.3.2. División modular subnivel 1.2

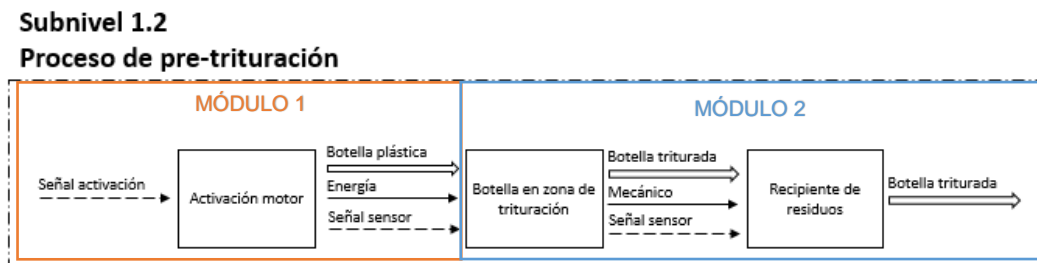


Figura 18 División modular subnivel 1.2

2.5.3.2.1. Módulo 1 subnivel 1.2

Para el módulo 1 se plantea las siguientes soluciones para el actuador de trituración de la botella, a continuación, se establece los siguientes con sus respectivas ventajas y desventajas:

Tabla 5 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 1 del subnivel 1.2

Solución	Ventaja	Desventaja	Opción
Motor trifásico	<ul style="list-style-type: none"> Mayor potencia con relación al motor monofásico 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe tener una instalación eléctrica trifásica. 	1
Motor monofásico	<ul style="list-style-type: none"> Se adapta a la corriente de los hogares 	<ul style="list-style-type: none"> Alto consumo eléctrico 	2
Servomotor	<ul style="list-style-type: none"> Tienen alto torque para el tamaño que son fabricados 	<ul style="list-style-type: none"> No se puede cambiar la velocidad Están limitados por el circuito de control 	3

2.5.3.2.2. Módulo 2 subnivel 1.2

Para el módulo 1 se plantea las siguientes soluciones para el tipo trituradora, a continuación, se establece los siguientes con sus respectivas ventajas y desventajas:

Tabla 6 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 2 del subnivel 1.2

Solución	Ventajas	Desventajas	Opción
Trituradora de 1 eje	<ul style="list-style-type: none"> Costo de fabricación Menor cantidad de partes 	<ul style="list-style-type: none"> Utilizado para materiales ligeros no metálicos Peso 	1
Trituradora de 2 ejes	<ul style="list-style-type: none"> Utilizado para materiales metálicos 	<ul style="list-style-type: none"> Peso Costo de fabricación 	2

	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza de corte 		
Trituradora de 3 ejes	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizada para grandes volúmenes de desechos de todo tipo • Fuerza de corte elevada 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de fabricación • Peso 	3

2.5.3.3. División modular subnivel 1.3

Subnivel 1.3

Impresión de ticket

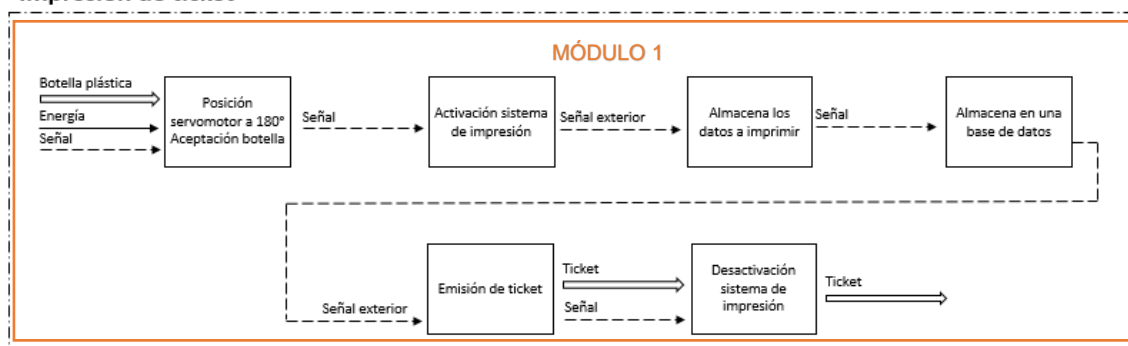


Figura 19 División modular subnivel 1.3

2.5.3.3.1. Módulo 1 subnivel 1.3

Para el módulo 1 se plantea las siguientes soluciones para el tipo impresora, a continuación, se establece los siguientes con sus respectivas ventajas y desventajas:

Tabla 7 Ventajas y desventajas de solución para el módulo 1 del subnivel 1.3

Solución	Ventajas	Desventajas	Opción
Impresora laser	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de impresión • Rapidez de impresión 	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño • Se calienta • Costo 	1
Impresora de inyección de tinta	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de impresión • Costo de adquisición 	<ul style="list-style-type: none"> • Duración de la tinta • Costo de mantenimiento 	2

Impresora térmica	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de impresión. • Costo de adquisición • Peso • Mantenimiento • Tamaño 	<ul style="list-style-type: none"> • Programación de los caracteres deseado en la impresión 	3
-------------------	--	--	---

2.5.4. Matriz morfológica.

Se detallará las posibles combinaciones entre los módulos de cada subnivel, considerando el criterio del usuario para un correcto funcionamiento y adaptabilidad entre los componentes y manejo de señales de todos los sistemas.

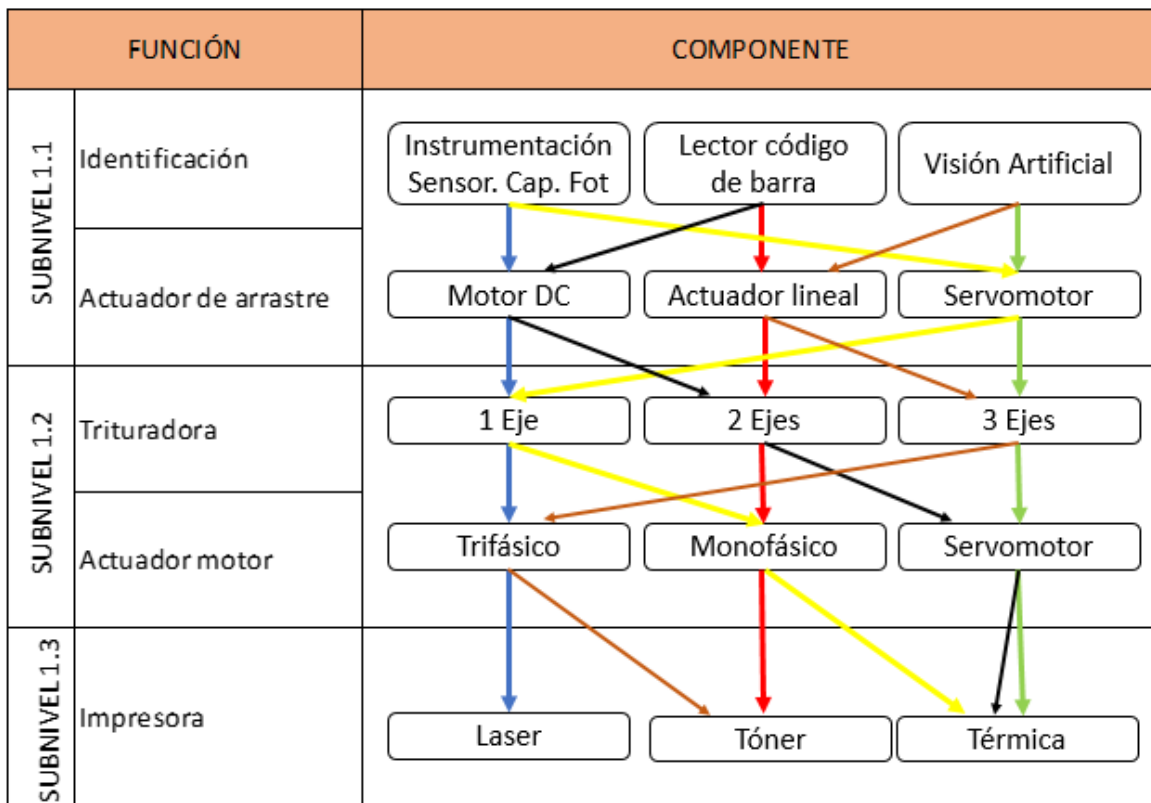


Figura 20 Matriz morfológica

Alternativa 1 Alternativa 2 Alternativa 3 Alternativa 4 Alternativa 5 Alternativa 6

2.5.5. Evaluación de alternativas

Para evaluar las distintas alternativas escogidas en la figura 20, se debe realizar un criterio ponderado de selección, ya que existen varios subniveles con una solución diferente.

Las asignaciones de valores son del método ordinal de criterios ponderados (Riba, 2002)

2.5.5.1. Criterios de valoración.

El criterio de valoración se refiere a las soluciones de alternativas establecidas en la fase conceptual de la voz del ingeniero, entre los criterios de valorización que se consideraron importantes son:

1. Seguridad, consiste en que los sistemas principales de la máquina manejen parámetros de seguridad para el usuario y la protección de cada subsistema.
2. Confiable, el funcionamiento se basa en la manera de sensar botellas plásticas, por tal motivo debe garantizar el tipo de material que recepte.
3. Resistencia al esfuerzo, ya que en el sistema de pre-trituración se presentan los esfuerzos principales al momento de ingresar la botella a triturarse.
4. Mantenimiento, ya que la máquina cuenta con subsistemas internos los cuales necesitan inspección debido a la calibración y accionamiento de sensores y señales.

2.5.5.2. Evaluación del peso específico de cada criterio de valoración.

Tabla 8 Peso específico de criterios de valoración

CRITERIO	Seguro	Confiable	Resistente	Mantenimiento	$\Sigma+1$	Ponderación
Seguro		1	1	1	4	0,40
Resistente	0,5		1	1	3,5	0,35
Confiable	0	1		1	3	0,30
Mantenimiento	0	0	0,5		1,5	0,15
SUMA					10	1
Seguro > Resistente > Confiable > Mantenimiento						

A continuación, se evaluará los pesos específicos para cada alternativa por cada criterio de valoración.

2.5.5.3. Evaluación del peso específico del criterio seguro

Tabla 9 Peso específico de criterio seguro

SEGURO	Altn.1	Altn.2	Altn.3	Altn.4	Altn.5	Altn.6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	1	1	0,5	4,5	0,21
Alternativa 2	1		1	1	1	0	5	0,24
Alternativa 3	0	0		0,5	0	0	1,5	0,07
Alternativa 4	0	0	0,5		0,5	0	2	0,10
Alternativa 5	0	0	1	0,5		0	2,5	0,12
Alternativa 6	0,5	1	1	1	1		5,5	0,26
SUMA							21	1
Altn.6 > Altn.2 > Altn.1 > Altn.5 > Altn.4 > Altn.3								

2.5.5.4. Evaluación del peso específico del criterio resistente

Tabla 10 Peso específico de criterio resistente

RESISTENTE	Altn.1	Altn.2	Altn.3	Altn.4	Altn.5	Altn.6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,15
Alternativa 2	0,5		1	0,5	0,5	0,5	5	0,22
Alternativa 3	0,5	0		0,5	0,5	0,5	3	0,13
Alternativa 4	0,5	0,5	0,5		0,5	0	3	0,13
Alternativa 5	0,5	0,5	0,5	0,5		0,5	3,5	0,15
Alternativa 6	0,5	0,5	0,5	1	0,5		5	0,22
SUMA							23	1
Altn.6 = Altn.2 > Altn.1 = Altn.5 > Altn.4 = Altn.3								

2.5.5.5. Evaluación del peso específico del criterio confiable

Tabla 11 Peso específico de criterio confiable

CONFIABLE	Altn.1	Altn.2	Altn.3	Altn.4	Altn.5	Altn.6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0,5	1	0,5	4	0,21
Alternativa 2	1		1	1	1	0,5	4,5	0,24
Alternativa 3	0	0		0,5	0	0	1,5	0,08
Alternativa 4	0,5	0	0,5		0,5	0	1,5	0,08
Alternativa 5	0	0	1	0,5		0,5	3	0,16
Alternativa 6	0,5	0,5	1	1	0,5		4,5	0,24
SUMA							19	1
Altn.6 = Altn.2 > Altn.1 > Altn.5 > Altn.4 = Altn.3								

2.5.5.6. Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento

Tabla 12 Peso específico de criterio mantenimiento

MANTENIMIENTO	Altn.1	Altn.2	Altn.3	Altn.4	Altn.5	Altn.6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	1	1	0,5	4,5	0,21
Alternativa 2	1		1	1	1	1	6	0,29
Alternativa 3	0	0		0,5	0	0	1,5	0,07
Alternativa 4	0	0	0,5		0,5	0	2	0,10
Alternativa 5	0	0	1	0,5		0	2,5	0,12
Alternativa 6	0,5	0	1	1	1		4,5	0,21
SUMA							21	1
Altn.2 > Altn.6 = Altn.1 > Altn.5 > Altn.4 > Altn.3								

2.5.5.7. Tabla de conclusión del criterio de selección.

Tabla 13 Conclusión del criterio de selección

CONCLUSIÓN	Seguro	Resistente	Confiable	Mantenimiento	$\Sigma+1$	Selección
Alternativa 1	0,15	0,21	0,21	0,21	1,78	3
Alternativa 2	0,22	0,24	0,24	0,29	1,99	1
Alternativa 3	0,13	0,07	0,08	0,07	1,35	6
Alternativa 4	0,13	0,10	0,08	0,10	1,41	5
Alternativa 5	0,15	0,12	0,16	0,12	1,55	4
Alternativa 6	0,22	0,26	0,24	0,21	1,93	2
Altn.2 > Altn.6 > Altn.1 > Altn.5 > Altn.4 > Altn.3						

La alternativa 2 es la mejor opción, haciendo referencia a los criterios considerados, seguida de la alternativa 6, por tal motivo después del análisis de las tablas ponderativas se trabajará con la alternativa 2.

2.6. Diseño y selección mecánico

2.6.1. Análisis estructural

En el análisis de la estructura de la máquina se diseña en base al análisis de criterio de selección, donde la estructura debe ser segura para proteger los sistemas y subsistemas, los espacios para adecuar los componentes y designar su ubicación, de esta manera evita problemas al momento del ensamblaje, las partes a tomar en cuenta son:

- Espacio de control y publicidad visual.
- Espacio para el proceso de identificación de las botellas.
- Espacio para proceso de pre-trituración.
- Espacio para el almacenaje del material.

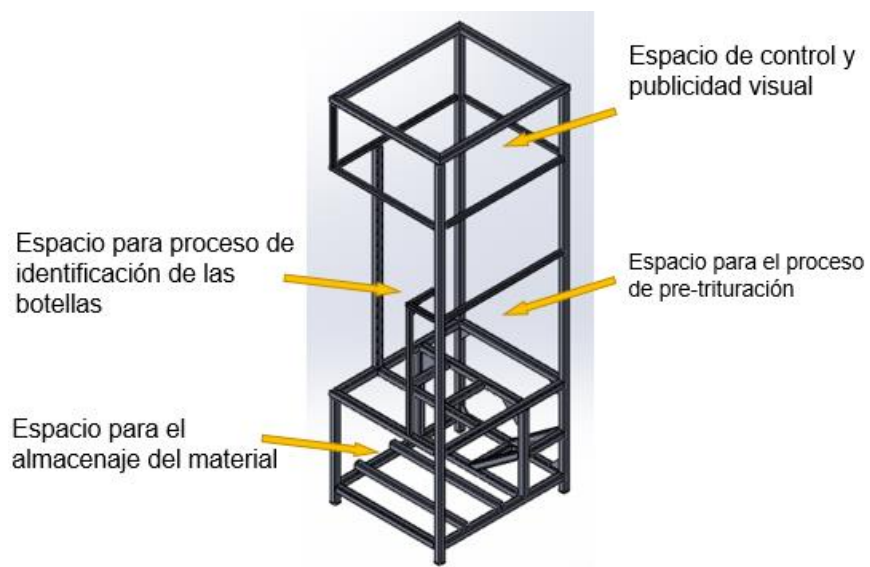


Figura 21 Estructura máquina recicladora

2.6.1.1. Material de la estructura

El material utilizado para la estructura se lo evalúa para cumplir con los requerimientos tales como peso y rigidez.

- **Peso.** - la estructura debe soportar el peso de los componentes en cada espacio designado y dimensionar el material apropiado para esa sección.
- **Rigidez.** – el material no debe presentar signos de deformación en toda la estructura ni en el proceso de trituración ya que, es en este espacio en donde el peso es crítico y debe mantenerse estable.

2.6.2. Selección del factor de diseño.

Tabla 14 Factor de diseño para materiales Dúctiles

Factor de diseño para materiales Dúctiles	Características
1.25 a 2.0	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño
2.0 a 2.5	Diseño de elementos de maquina bajo cargas dinámicas con una confianza en todos los datos de diseño
2.5 a 4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de maquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente
4.0 ó más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente

Fuente: (MOTT, 2006)

2.6.3. Cálculos de la estructura

2.6.3.1. Parámetros de diseño de la estructura.

EL diseño de la estructura es evaluado en la sección más crítica especialmente donde va montado el motor con el reductor y la caja de trituración, donde el tipo de tubo utilizado deben soportar los elementos en cada zona detalla en la figura 22.

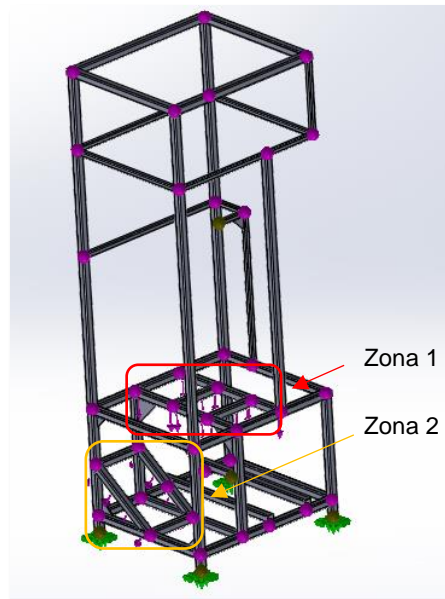


Figura 22 Diseño previo para ubicación de elementos

Se realiza un diseño previo, simulando los puntos donde irán los elementos críticos a soportar dentro de la estructura.

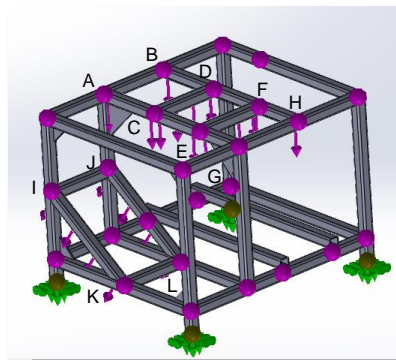


Figura 23 Modelo de la estructura con sus fuerzas respectivas fuerzas

Tabla 15 Descripción de cargas en la estructura, zona 1

Elemento	Cantidad [Unidad]	Peso [Kg]	Carga [N]
Caja de trituración	1	31,7	3310,66
Tolva	1	8,3	81,46
Carga total		40	392,08

Tabla 16 Descripción de cargas en la estructura, zona 2

Elemento	Cantidad [Unidad]	Peso [Kg]	Carga [N]
Motor	1	12,7	124,46
Reductor	1	9,23	90,45
Carga total		21,93	214,91

Para realizar los cálculos de viga en las dos secciones consideramos un factor de seguridad de 8 para cargas dinámicas con incertidumbre con combinación de cargas (Véase tabla 14, página 33), se utiliza este valor por que el peso de los componentes varia en esa sección por el ingreso de la botella.

2.6.3.1.1. Análisis de cargas en las vigas usando el software MDsolids

Las cargas en las vigas AG, BH, CD y EF son iguales por tal motivo se realiza un solo análisis en esta sección de la estructura.

Cargas en la viga CD, EF

Wz1.1= Carga total en la zona 1 de 392,08 N, siendo una carga distribuida en toda esta sección.

- Viga AG Y BH

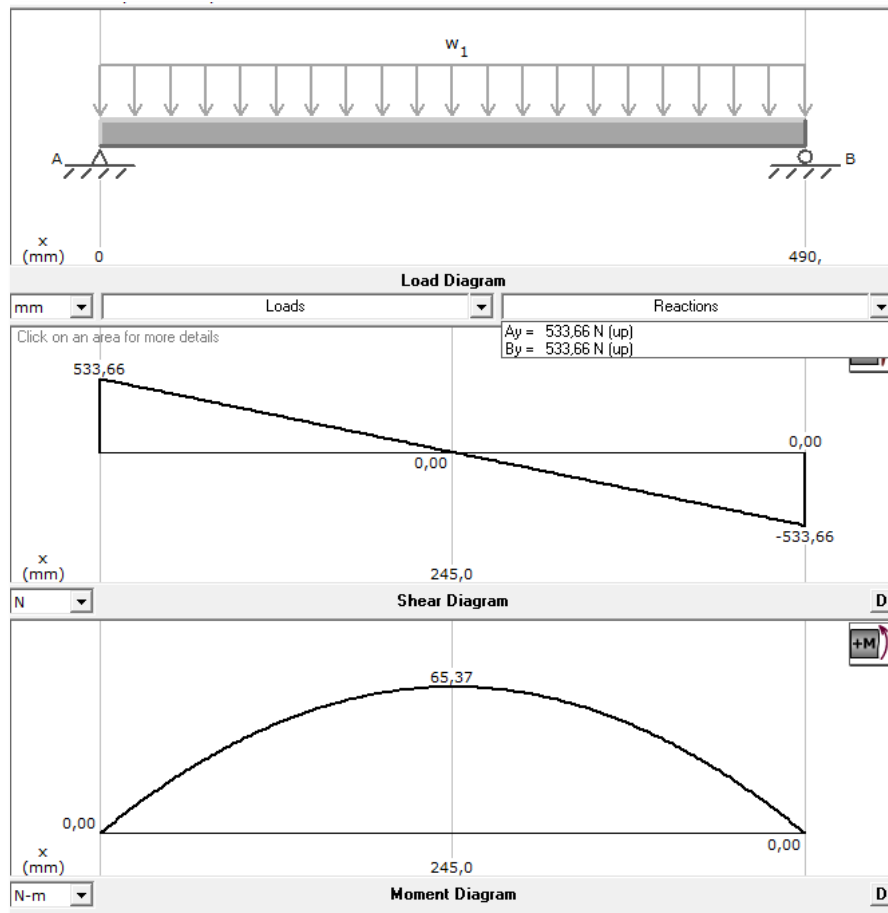


Figura 24 Diagrama de fuerza y momentos en la viga AG y BH

Reacciones en los puntos RA, RG, RB y RH es igual a 533,66 N y el momento máximo es de 65,37 Nm.

donde:

$$M_{max1} = \text{Momento flector maximo} = 65,37 \text{ Nm} = 0,579 \text{ Klbin}$$

$$R_{max1} = \text{Reaccion maxima} = 533,66 \text{ N}$$

- Viga CD y EF

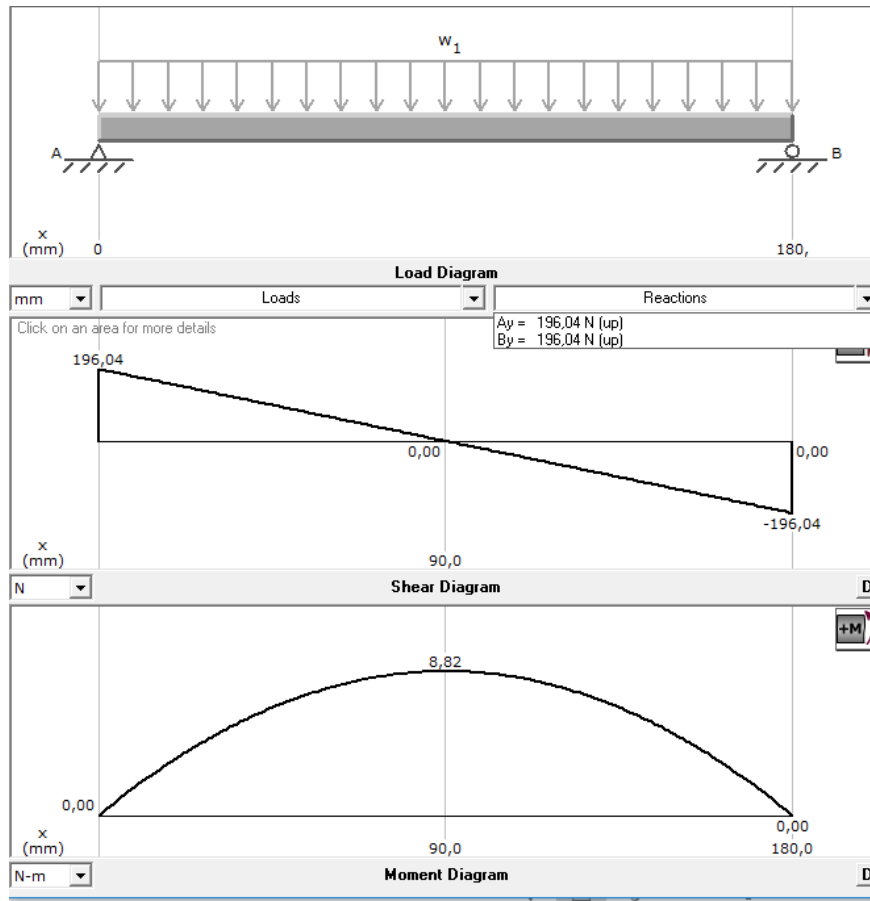


Figura 25 Diagrama de fuerza y momentos en la viga CD y EF

Reacciones en los puntos RC, RD, RE y RF es igual a 196,04 N y el momento máximo es de 8,82 Nm.

donde:

$$M_{max2} = \text{Momento maximo} = 8,82 \text{ Nm} = 0,078 \text{ Klbin}$$

$$R_{max2} = \text{Reaccion maxima} = 196,04 \text{ N}$$

Wz1.2= Carga total en la zona 1 de 214,91 N, siendo una carga distribuida en toda esta sección.

- Viga IK y JL

En esta zona se realiza un análisis de viga isostática inclinada en la zona 2.

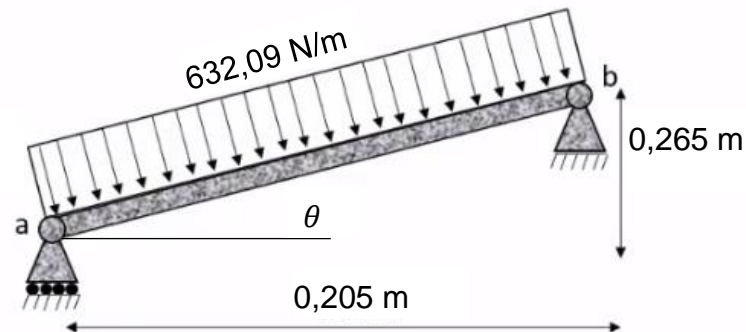


Figura 26 Diagrama de cuerpo de libre la viga IK y JL

1. Longitud de inclinación

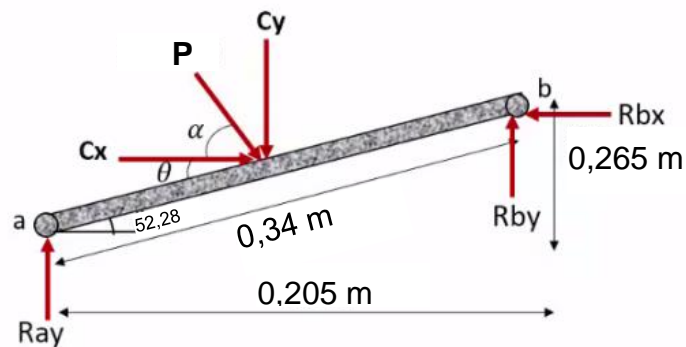
$$L_{\text{inclinacion}} = \sqrt{(0,265)^2 + (0,205)^2} = 0,34 \text{ m}$$

2. Angulo de inclinación

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{0,265}{0,205} \right) = 52,28^\circ$$

3. Puntualización de cargas

$$P = 632,09 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0,34 \text{ m} = 214,91 \text{ N}$$



4. Angulo α

$$\alpha = 90 - \theta = 37,72$$

5. Determinaciones de componentes

$$C_y = P * \text{sena} = 131,48 \text{ N}$$

$$C_x = P * \text{cosa} = 170 \text{ N}$$

6. Reacciones en los puntos A y B

$$+\curvearrowright \sum mb = 0$$

$$170N(0,133m) + 131,48N(0,11m) - Ray(0,205m) = 0$$

$$Ray = 180,84N$$

$$+\downarrow \sum Fy = 0$$

$$Rby + 131,48 - 180,84 = 0$$

$$Rby = 49,36 N$$

$$\rightarrow + \sum Fx = 0$$

$$Rbx + 170 = 0$$

$$Rbx = -170 N$$

7. Diagrama cortante sobre la viga IK y JL

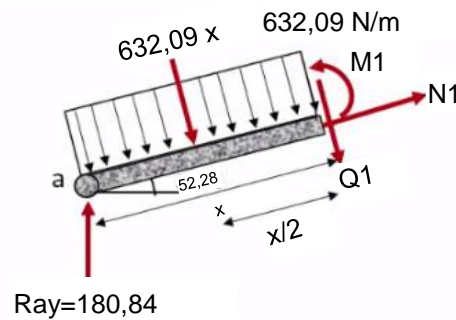


Figura 27 Diagrama de corte de viga IK y JL

donde:

$M_1 =$ Momento flector

$N_1 =$ Fuerza axial

$Q_1 =$ Fuerza cortante

$$+\downarrow \sum Fy = 0$$

$$-180,84 * \cos(52,28^\circ) + 632,09 X + Q_1 = 0$$

$$Q_1 = -632,09 X + 180,84 * \cos(52,28)$$

Evaluando X entre los valores de $0 \geq X \geq 0,34$

$$\text{Si } X = 0$$

$$Q1 = 113,09 \text{ N}$$

$$\text{Si } X = 0,34$$

$$Q1 = -101,82 \text{ N}$$

$$\curvearrowright \sum mi = 0$$

$$-180,84 * \cos(52,28^\circ(X)) + 632,09 X * \frac{X}{2} + M1 = 0$$

$$M1 = -\frac{632,09X^2}{2} + 180,84 * \cos(52,28(X))$$

Evaluando X entre los valores de $0 \geq X \geq 0,34$

$$\text{Si } X = 0$$

$$M1 = 0 \text{ Nm}$$

$$\text{Si } X = 0,34$$

$$M1 = 0 \text{ Nm}$$

$$\rightarrow \sum Fx = 0$$

$$180,84 * \cos(52,28^\circ) + N1 = 0$$

$$N1 = -143,05 \text{ N}$$

Para hallar el momento maximo donde $Q1 = 0$

$$Q1 = -632,09 X + 180,84 * \cos(52,28)$$

$$X = 0,18$$

$$Mmax = -\frac{632,09X^2}{2} + 180,84 * \cos(52,28(X))$$

$$M1 = 168,17$$

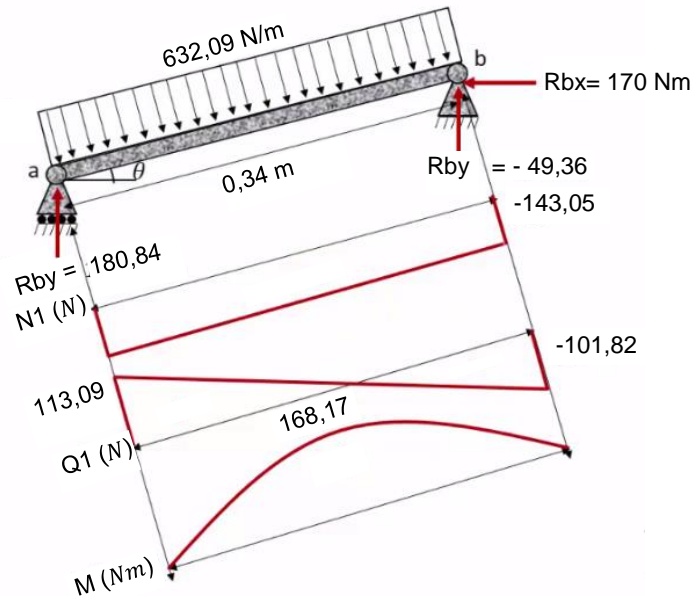


Figura 28 Diagrama de fuerza y momentos de la viga IK y JL

Reacciones en los puntos $R_K=R_L$ es igual a 180,84, $R_{I_x}=R_{J_x}$ es igual a 196,04 N, las $R_{I_y}=R_{J_y}$ es igual -170 N y el momento máximo es de 168,17 Nm.

donde:

$$M_{max3} = \text{Momento maximo} = 168,17 \text{ Nm} = 1,49 \text{ Klbm}$$

2.6.3.1.2. Cálculos de viga

Para el soporte de todos los componentes se toma en cuenta el tipo de tubo estructural, la aplicación de este tipo de material es para el ámbito automotriz, agro ganaderías, construcción de columnas y estructuras de maquinarias, por lo que el material es apto para la estructura de la máquina. (IPAC-ACEROS, 2016)

Tabla 17 Características del Acero ASTM A500

Material	Resistencia a la fluencia [Mpa]	Elongación 2"	Grado del material
	310	25	A
	400	23	B

Acero ASTM A500	425	21	C
	400	23	D

Fuente: (Independece Tube, 2016)

Para los cálculos se selecciona el material de grado A, con un mínimo de resistencia para seleccionar la sección requerida en la estructura.

- Esfuerzo de diseño

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N_{d1}}$$

Ecuación 1 Esfuerzo de diseño

Fuente: (MOTT, 2006)

donde:

$\sigma_d =$ Esfuerzo de diseño [Kpsi]

$S_y =$ Resistencia a la fluencia = 310 [Mpa] = 44,96 [Kpsi]

$N_{d1} =$ Factor de diseño para la zona 1 = 8

$$\sigma_d = 5,62 \text{ [Kpsi]}$$

- Módulo de sección área de tubo requerido

$$S_{req} = \frac{M_{max1}}{\sigma_d}$$

Ecuación 2 Modulo de sección de área

Fuente: (MOTT, 2006)

donde:

$S_{req1} =$ Modulo de seccion de area para viga AG Y BH

$M_{max1} =$ Momento flector maximo = 0,579 Klbin

$$\sigma_d = \text{Esfuerzo de diseño} = 5,62 \text{ [Kpsi]} = 5,62 \text{ [Klb/in}^2\text{]}$$

$$S_{req1} = 0,103 \text{ in}^3 = 1,69 \text{ cm}^3$$

Para la sección de viga CD Y EF

$$S_{req2} = \text{Modulo de seccion de area para viga CD y EF}$$

$$M_{max2} = \text{Momento flector maximo} = 0,078 \text{ Klbin}$$

$$\sigma_d = \text{Esfuerzo de diseño} = 5,62 \text{ [Kpsi]} = 5,62 \text{ [Klb/in}^2\text{]}$$

$$S_{req2} = 0,01388 \text{ in}^3 = 0,23 \text{ cm}^3$$

Para la sección de viga IK y JL

$$S_{req3} = \text{Modulo de seccion de area para viga IK y JL}$$

$$M_{max3} = \text{Momento flector maximo} = 1,49 \text{ Klbin}$$

$$N_{d1} = \text{Factor de diseño para la zona 2} = 3$$

$$\sigma_{d2} = 14,99 \text{ [Kpsi]}$$

$$\sigma_{d2} = \text{Esfuerzo de diseño} = 14,99 \text{ [Kpsi]} = 14,99 \text{ [Klb/in}^2\text{]}$$

$$S_{req3} = 0,0994 \text{ in}^3 = 1,47 \text{ cm}^3$$

2.6.3.1.3. Sección de vigas para la zona 1 y zona 2

Para determinar el tipo de sección a utilizarse en la estructura, comparamos con los datos de la tabla del fabricante IPAC-ACERO (Véase Anexo 3), con los datos de S_{req1} , S_{req2} y S_{req3} con el módulo de resistencia W.

Tabla 18 Designación de área del tubo estructural para cada sección

S_{req}	Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
					Eje x-x = y-y		
					Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
	B	e	A	P	I	W	i
	mm	mm	cm^2	Kg/m	cm^4	cm^3	cm
S_{req1}	30	2	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
S_{req2}	20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
S_{req3}	30	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15

Fuente: (IPAC-ACEROS, 2016)

Por condiciones del fabricante IPAC-ACERO y del material que se encuentra en el mercado se opta por utilizar en las 2 zonas; la S_{req1} de 30mm con espesor de 2mm y en la parte superior de la estructura el tubo de 20mm con espesor de 2mm, debido a que en esta zona las cargas que debe soportar no superan los 3 kg de peso.

2.6.3.1.4. Simulación de la estructura

La simulación de la estructura en las dos zonas críticas donde van montados los componentes antes descritos en la tabla 15 y 16 (Véase página 35), se lo realiza por el método de elementos finitos; mediante un complemento de simulación de SolidWorks, de esta manera se valida la selección de los materiales con el factor de seguridad que brinda el software.

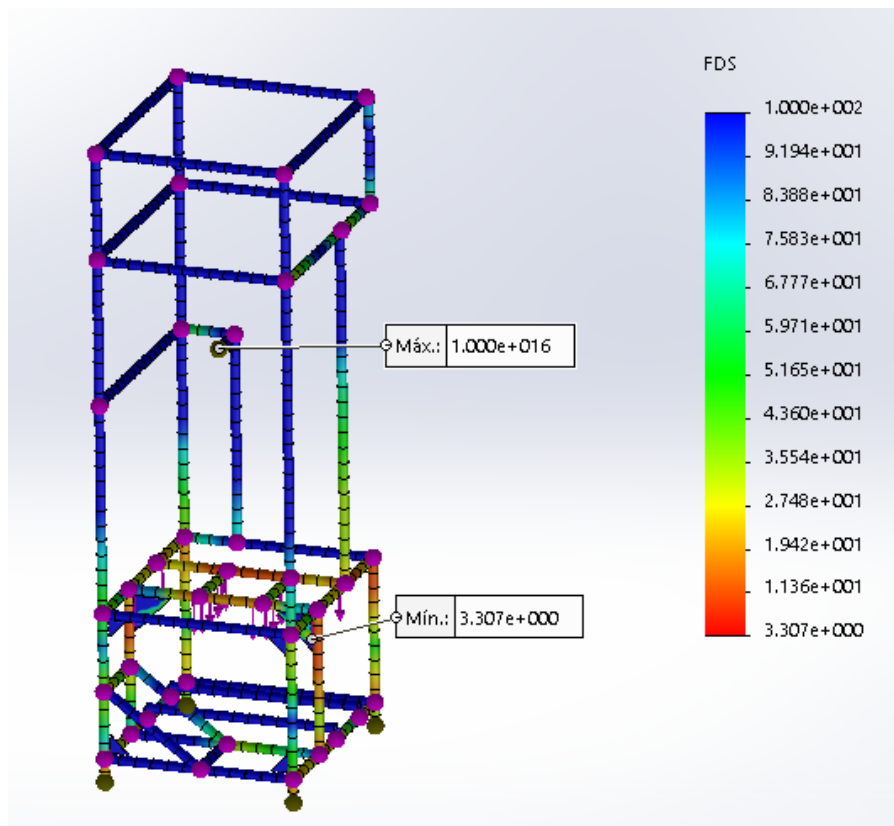


Figura 29 Factor de seguridad en la zona 1

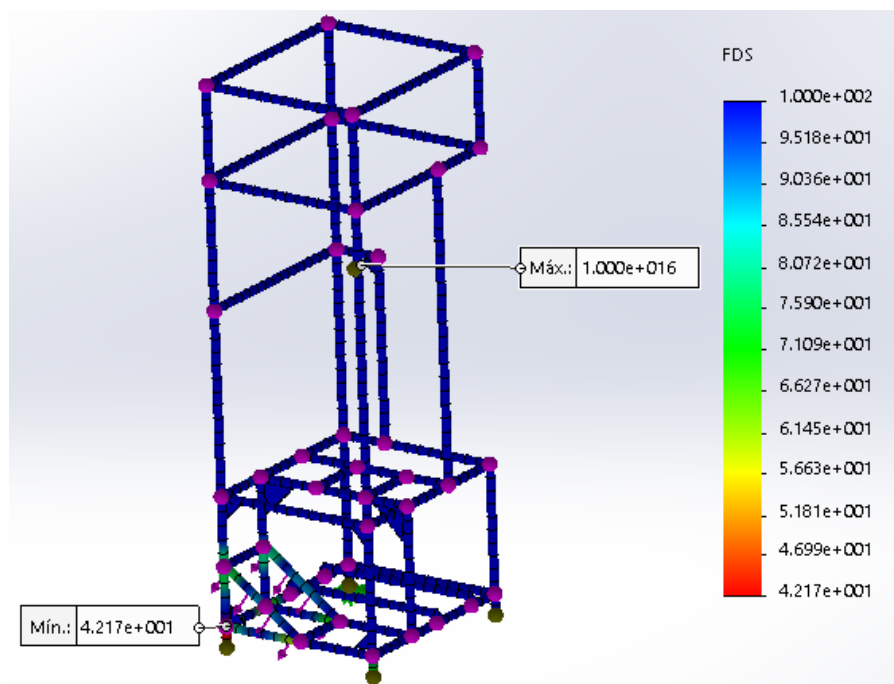


Figura 30 Factor de seguridad en la zona 2

En las figuras 29 y 30 se puede observar los resultados de estudio en las dos zonas críticas de la estructura, de esta forma garantiza la resistencia del material.

En la figura 31 se muestra el factor de seguridad para el soporte de la cámara de admisión que tiene un peso de 5 kg.

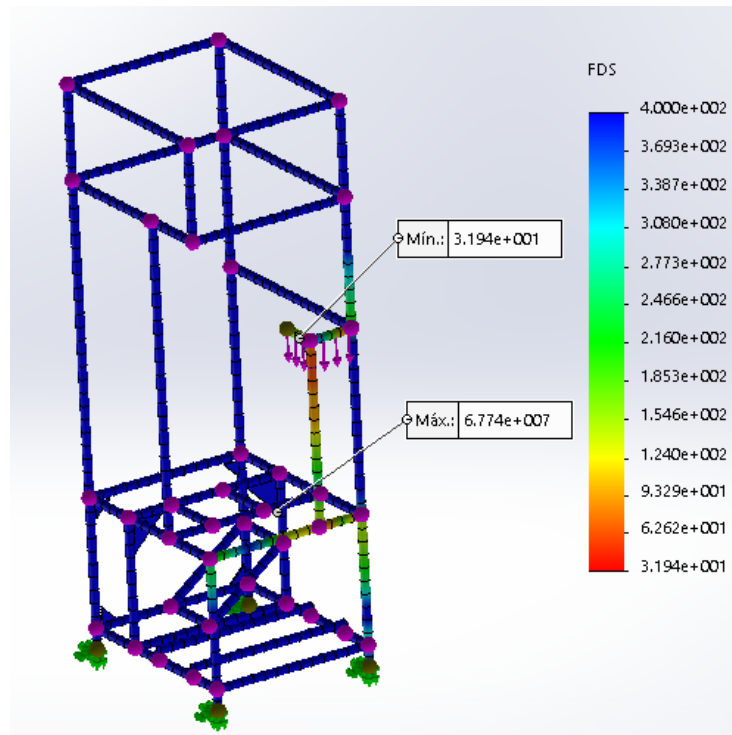


Figura 31 Factor de seguridad en el soporte de la cámara de admisión

De esta manera se valida la estructura con los cálculos y el material que serán implementados en la máquina.

2.6.4. Análisis del sistema de admisión.

El sistema de admisión se encarga de identificar el tipo de material que ingresa y procede a aceptar o rechazar, para la identificación se contará con una celda de carga y un sensor capacitivo, para la seguridad del sistema de admisión se utilizará sensores de presencia, como se puede ver en la figura 32.

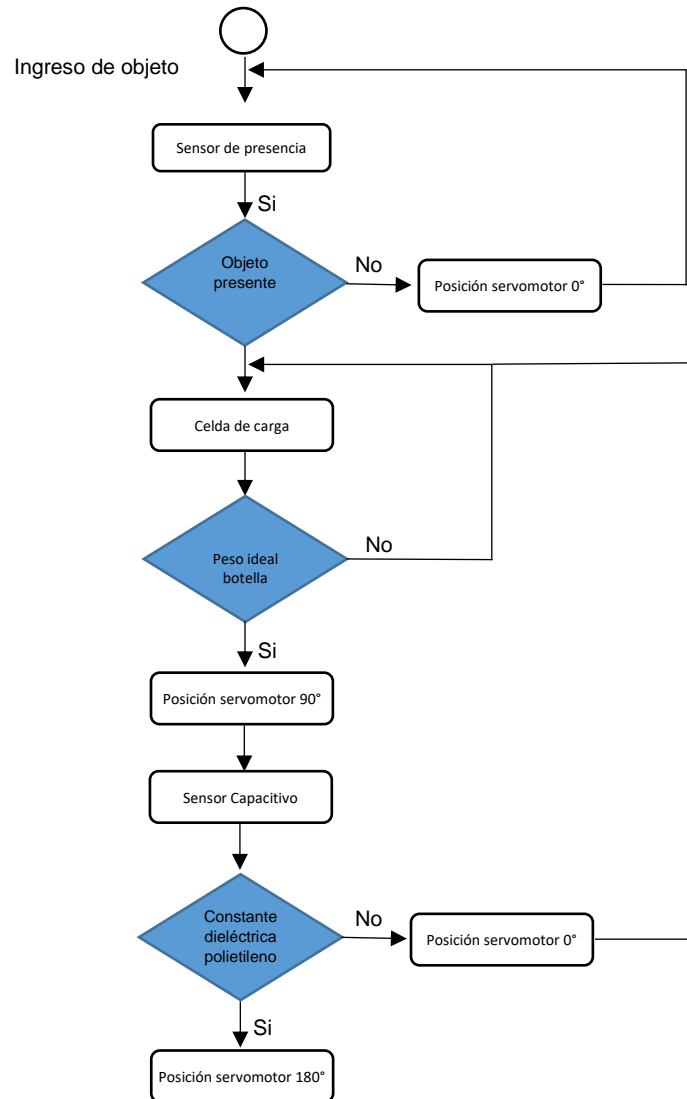


Figura 32 Diagrama de bloques de la cámara de admisión

2.6.5. Diseño del sistema mecánico de admisión.

El diseño mecánico de la etapa de admisión viene dado por el soporte de las botellas y el brazo de giro de aceptación.

2.6.5.1. Soporte de botellas cámara de admisión.

Para el soporte de las botellas se utilizará un plástico para ingeniería poliamida-nylon el cual es un Tecnopolimero conocido como duralón, el espesor es de 10 mm

debido a que es resistente y no necesita ningún tratamiento para condiciones de humedad, revisar características del material en Anexos 2.

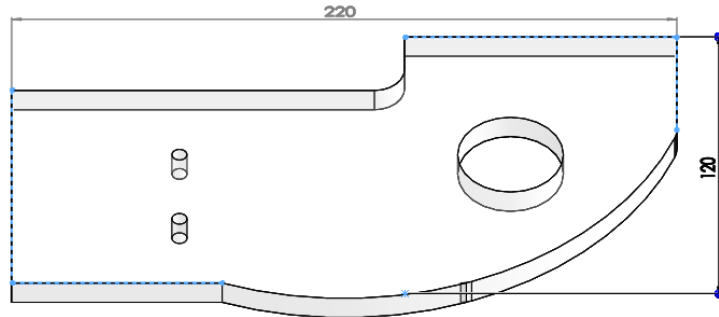


Figura 33 Soporte botellas plásticas

2.6.5.2. Brazo de aceptación de las botellas plásticas.

El brazo de giro está compuesto por duralón de 10 mm y cortado a 90°, ya que soporta las fuerzas de arrastre de la botella aceptada, una de sus características es que no se deforma con facilidad y tiene un límite de rotura elevado, el cual va sujeto a un eje de acero por dos abrazaderas diseñadas, para que se ajuste adecuadamente con el ángulo creado por las aspas.

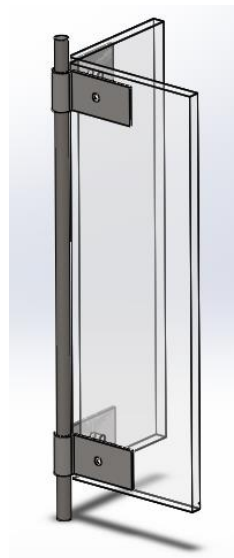


Figura 34 Brazo de aceptación de las botellas

2.6.5.3. Diseño de la cámara de admisión.

El material utilizado para la cámara de admisión es acero AISI 304 de 2 mm de espesor debido a las condiciones de exposición y trabajo.

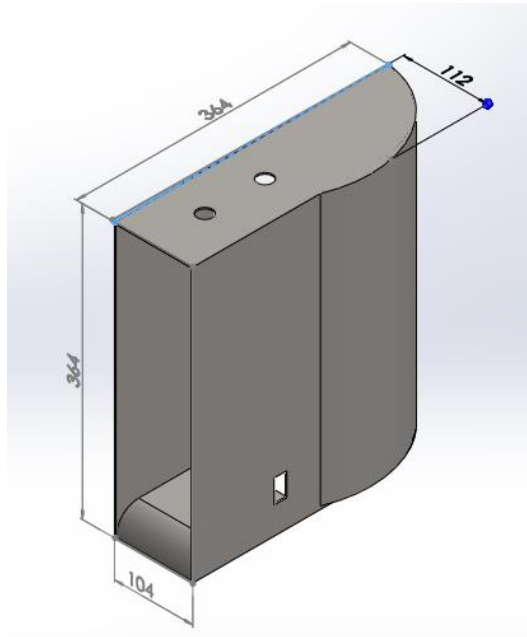


Figura 35 Cámara de admisión

Una vez conocido los materiales que se implementaran en la fase de montaje de la estructura se designa el material, ubicación y el tipo de protección que se le brindara.

Tabla 19 Materiales para la estructura y revestimiento

Material	Dimensiones (mm)	Recubrimiento de protección	Ubicación
Perfil estructural cuadrado	20	Pintura electroestática	Estructura parte superior
Perfil estructural cuadrado	30	Pintura electroestática	Estructura base
Acero AISI 304	2	Pintura electroestática	Cámara de admisión
Acero galvanizado	2	Pintura electroestática	Recubrimiento exterior máquina

2.6.6. Diseño del sistema de pre-trituración.

La estación de reciclaje cuenta con una etapa de pre-trituración, este apartado es donde se concentran los esfuerzos debido a la resistencia a la rotura de la pared del PET, debe calcularse la potencia del motor, el diámetro del eje y bajo simulación el factor de seguridad y deformación de las cuchillas para garantizar la resistencia del material y de funcionalidad bajo esas condiciones de trabajo.

2.6.6.1. Propiedades mecánicas del PET

Tabla 20 Datos técnicos Polietilenotereftalato (PET)

POLIETILENOTEREFTALATO (PET)				
Propiedades mecánicas a 23°	Unidad	ASTM	DIN	Valores
Peso específico	gr/cm^3	D-792	53479	1,39
Resistencia a la tracción (fluencia/rotura)	Kg/cm^2	D-638	53455	900
Resistencia a la compresión	Kg/cm^2	D-695	53454	260/480
Resistencia a la flexión	Kg/cm^2	D-790	53462	1450
Resistencia al choque sin entalla	$Kg * cm/cm^2$	D-266	53463	>50
Alargamiento a la rotura	%	D-638	53455	15
Módulo de elasticidad (Tracción)	Kg/cm^2	D-638	53457	37000
Dureza	Shore D	D-2240	53505	85 - 87
Coeficiente de roce estático		D-1894		--
Coeficiente de roce dinámico		D-1894		20
Resistencia al desgaste por roce				Muy buena

Fuente: (Plásticos de Ingeniería, 2016)

En la tabla 20, se puede identificar el valor de $900 Kg/cm^2$ que resiste el PET hasta su punto de rotura.

2.6.6.2. Corte por cizalla o tijera

El diseño de la cuchilla se hace referencia a la forma circular ya que permite realizar cortes de chapas de gran superficie y con irregularidades, los espesores de corte van desde los 2mm hasta los 14 mm (Rossi, 1979)

El tipo de corte utilizado es por cizalladura o tijera, el cual es un corte limpio que no produce salpicadura de material. Las cuchillas están puestas de modo que sus planos inclinados constituyan los filos de corte.

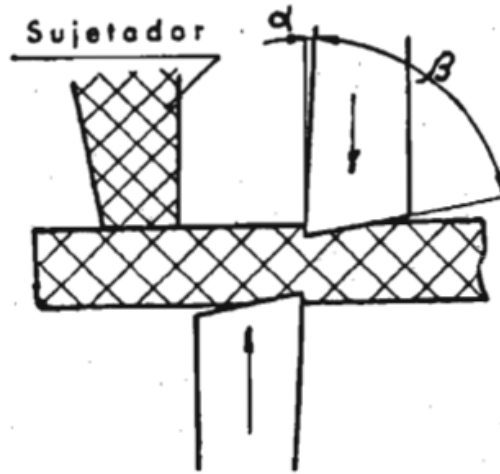


Figura 36 Corte por cizalladura

Fuente: (Rossi, 1979)

2.6.6.3. Fuerza de corte requerida.

$$P = \frac{l * s}{2} * \sigma_t$$

Ecuación 3 Fuerza de Corte

Fuente: (Rossi, 1979)

donde:

P = fuerza total de corte, en kg.

l = longitud de la cuchilla en trabajo según el ángulo γ , en mm

s = espesor de la chapa, en mm

$\sigma_t = 0,8 \sigma_r$, siendo σ_r la carga de rotura en $\frac{kg}{mm^2}$ del material

Los filos cortantes que realizan el efecto de cizalladura están dispuestos en una abertura γ que varían entre 8° a 10° en este caso el diseño de la cuchilla tiene un ángulo de 10° .

Teniendo presente que l (longitud de la cuchilla en trabajo) es:

$$s = l * \text{tang } \gamma$$

$$l = \frac{s}{\text{tang } \gamma}$$

Simplificado la ecuación resulta:

$$P = 2,269 * s^2 * \theta_r$$

El espesor de la chapa del PET de manera industrial en las botellas de bebidas utilizadas es de 0,15 a 0,2 mm en la parte más delgada; y de 3 mm en la parte de la rosca con la tapa y base de la botella, considerando este último valor para los cálculos, para el valor de θ_r que corresponde a la carga de rotura del material el cual es de 900 Kg/cm^2 (véase tabla 20, página 50), siendo igual a 9 Kg/mm^2 , reemplazando los valores resulta:

$$P = 2,269 * (3 \text{ mm})^2 * \left(9 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$P = 183,87 \text{ Kg}$$

Donde la fuerza total de corte es de 183,87 kg para la rotura del PET pasando a newton:

$$F_c = 1801,926 \text{ N}$$

2.6.6.4. Selección del radio de la cuchilla

El radio ideal de la cuchilla para el corte se lo debe analizar bajo la fórmula base de torque donde:

$$T = F_c * r$$

donde:

$T = \text{torque}$

$F_c = \text{fuerza de corte}$

$r = \text{radio}$

Tabla 21 Diámetro de cuchillas

Diámetro de la cuchilla	Radio (r)	Fuerza (Fc)	Torque ($T2 = F_c * r$)
0,100 m	0,05 m	1801,926 N	90,0963 Nm
0,120 m	0,06 m	1801,926 N	108,116 Nm
0,140 m	0,07 m	1801,926 N	126,135 Nm
0,160 m	0,08 m	1801,926 N	144,154 Nm
0,180 m	0,09 m	1801,926 N	162,173 Nm

Debido a mayor radio de la cuchilla el torque se opta por un radio de 0,06 m y el torque de 108,116 Nm.

2.6.6.5. Factor de servicio

Debido a las recomendaciones de los fabricantes de motores se debe tomar el valor el factor de servicio, este valor es por los fabricantes de motores (RAISA, 2016)

$$P1 = F_s * T2$$

Ecuación 4 Fuerza de corte aplicando el factor de servicio

Fuente: (RAISA, 2016)

donde:

$P1 = \text{fuerza total de corte, en Nm.}$

$T2 = \text{torque obtenido en la tabla 11, en Nm}$

$Fs = \text{factor de servicio,}$

Tabla 22 Factor de servicio del motor eléctrico con frecuentes paradas y arranques

Duración del servicio. Tiempo total de operación por día	Clasificación de cargas con frecuentes paradas y arranques		
	Motor Eléctrico		
	Uniforme	Choque moderado	Choque pesado
Ocasionales ½ Hora	0,90	1,00	1,25
Intermitente 10 Horas	1,00	1,25	1,50
Hasta 10 Horas	1,25	1,50	1,75
Hasta 24 Horas	1,50	1,75	2,00

Fuente: (RAISA, 2016)

Debido a que el motor va a tener frecuentes paradas y arranques en un lapso de trabajo de 10 horas con un choque moderado, se utiliza el valor de 1,50.

Reemplazo de valores por: $Fs=1,50$ y $T=108,116$

$$P1 = 162,17 \text{ Nm}$$

2.6.6.6. Potencia del motor

Para calcular la potencia del motor se utiliza la siguiente ecuación:

$$Mn = \frac{9550 * P_N}{n_N}$$

Ecuación 5 Momento o Par Nominal

Fuente: (Vilora, 2014)

donde:

$Mn = P1 = \text{Momento o par nominal (Nm)}$

$P_N = \text{Potencia (Kw)}$

$n_N = \text{Revoluciones nominales, en rpm}$

Despejando la potencia P_N

$$P_N = \frac{Mn * n_N}{9550}$$

Para n_N debido a las altas rpm que otorga el motor se utiliza un reductor a 35 rpm

$$P_N = 0,59 \text{ Kw} = 0,79 \text{ Hp}$$

Debido a las características comerciales de los motores monofásicos no se tiene de 0,79 HP, se tiene motores de 1 Hp que sería el óptimo en esta aplicación,

2.6.7. Selección del reductor

Al motor se le acoplará un reductor que tiene una velocidad de salida de 35 rpm, se calcula la relación de salida con respecto a la velocidad de entrada que brinda el motor, siendo de 1750 rpm.

$$Relacion_{reductor} = \frac{Velocidad_{entrada}}{Velocidad_{salida}}$$

Ecuación 6 Relación de reductor

Fuente: (RAISA, 2016)

donde:

$Relacion_{reductor} = \text{Relacion del reductor necesaria}$

$Velocidad_{entrada} = Velocidad\ de\ entrada\ del\ motor$

$Velocidad_{salida} = Velocidad\ de\ salida\ deseada$

$$Relacion_{reductor} = 50$$

Se tiene la relación de reducción de 50:1, para encontrar el tipo de reductor apto con estas características se revisa el siguiente catálogo (Véase Anexo 4) del fabricante de reductores, se obtiene el siguiente reductor con los siguientes datos:

- Relación del reductor 50:1
- Potencia del motor 0,79 Hp
- Velocidad del motor 1750

Tabla 23 Selección del reductor por catalogo

REDUCTOR: UGS-63 UGSV-63 Y UGSC-63				
Reducción nominal	Descripción de la capacidad	Velocidad de entrada		
		1750	1150	870
50	Potencia entrada [Hp]	0,8	0,62	0,52
	Potencia salida [Hp]	0,54	0,42	0,33
	Para de salida [Kg-cm]	1128	1315	1396
	Velocidad de salida	35	23	17

Fuente: (RAISA, 2016)

Con estos datos se tiene un reductor UGS-63, UGSV-63 y UGSC-63 para aplicar al motor de 1 HP antes seleccionado.

2.6.8. Diseño de la cuchilla de trituración

Para el diseño de la cuchilla se utilizará un acero para trabajo en frío el cual debe tener una alta resistencia al desgaste debido a las condiciones que será sometido en la cámara de trituración.

Se diseñarán 3 cuchillas las cuales están desfasada un ángulo de 20° para que toda la fuerza se concentre en una única cuchilla realizando el corte con facilidad.

2.6.8.1. Consideraciones del diseño de la cuchilla.

- El factor de seguridad de la cuchilla debe estar comprendido entre 2 y 2.5 ya que existen cargas dinámicas.
- La deformación debe ser inferior a 0,08 mm, en el máximo esfuerzo que realiza, para que no exista una afectación en el material.
- El diámetro de la cuchilla debe ser de 120 mm.

2.6.8.2. Material de las cuchillas.

El material para utilizarse debe venderse en el mercado nacional y ser propio de herramienta sometido a impacto y a trabajos en frío, debe tener gran resistencia al desgaste, con dureza elevada y una característica especial es la resistencia elevada contra presión de impacto ya que el sistema de trituración trabajara a bajas revoluciones.

Tabla 24 Tabla de acero para herramientas

Material	Descripción
K100	Acero ledeburítico al 12% de cromo, de alta resistencia al desgaste. Ejemplo: Matrices y punzones
K110	Acero similar al k100 con mayor tenacidad y resistencia al desgaste
K245	Acero de excelente elasticidad y buena resistencia al desgaste. Para herramientas de fijación como pinzas, boquillas y mordazas
K329	Acero de excelente tenacidad y buena resistencia al desgaste. Para herramientas como cizallas de alto rendimiento, cuchillas chiperas, cuchillas planas y circulares.

Fuente: (BOEHLER, 2006)

El fabricante expone valores orientados a la dureza de trabajo en punzones y matrices con un valor de 58 frente a chapa gruesas y de 62 frente a chapas finas, siendo el espesor de 5mm para trabajos de cizalla más aconsejado, el acero k100 y k110 son los materiales para este tipo de trabajo, por condiciones de adquisición de optará por el acero k100.

2.6.8.3. Desfase de los tres modelos de cuchillas.

El diseño de las tres cuchillas esta acondicionado principalmente en el desfase de 20° en el ángulo de ataque, debido a que el desfase ayuda a reducir la fuerza de torque que entrega el motor ya que se concentra en una sola.

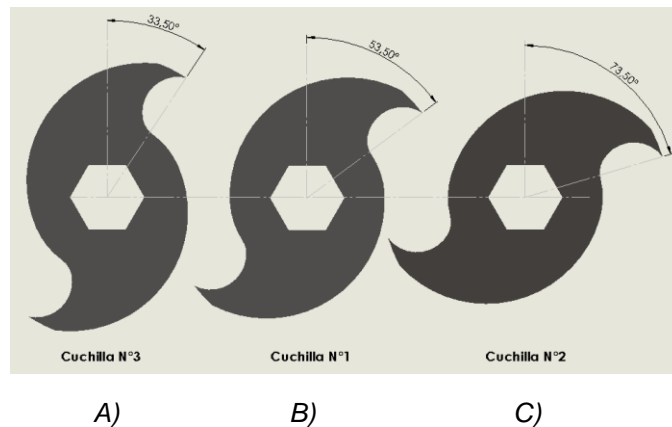


Figura 37 Diseño de cuchillas

Como se puede ver la figura 37, el diseño de la cuchilla B, viene desfasado 20° con respecto al diseño de la cuchilla A y de la misma forma la cuchilla C, con respecto al diseño de la cuchilla B.

2.6.8.4. Esquema del desfase de 20° entre cuchillas y separador

El desfase de 20° comprendido, entre los tres diseños de cuchillas permite que toda la fuerza se centre en una sola cuchilla de esta manera se efectúa el corte, sin sobre esforzar al motor.

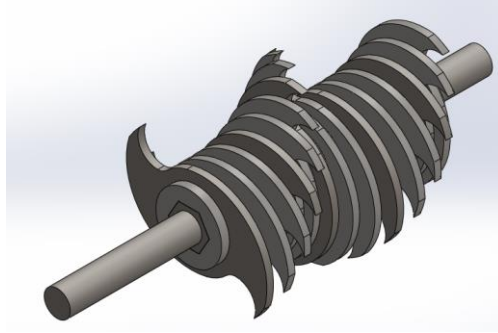


Figura 38 Esquema de desfase de cuchillas y separador

2.6.8.5. Factor de seguridad de la cuchilla.

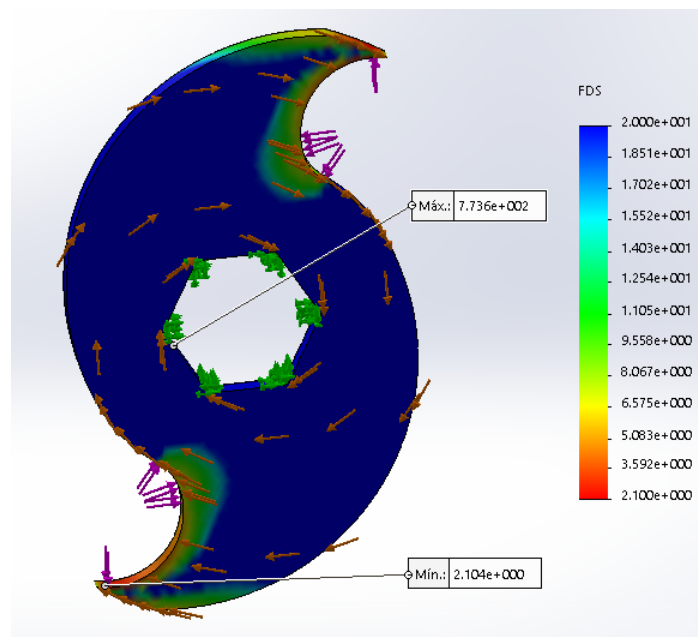


Figura 39 Factor de seguridad de la cuchilla de trituración

El factor de seguridad es de 2.1 respaldando la seguridad de la cuchilla a través de la simulación, permitiéndose validar el diseño y el material utilizado.

2.6.8.6. Deformación de la cuchilla

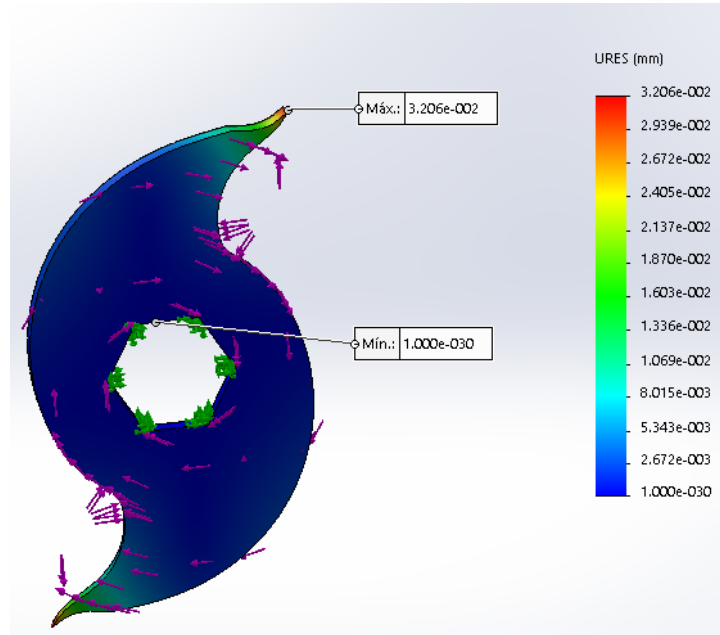


Figura 40 Desplazamiento cuchilla de trituración

El desplazamiento máximo se da en las puntas de la cuchilla como se puede observar en la figura 40, el valor es de 0,03 mm siendo menor a los 0,08 mm pre establecidos en las condiciones de diseño.

2.6.9. Diseño del cortador de pared y direccionador de cuchilla.

El diseño del cortador de pared es con la finalidad de que en este punto se efectue el corte de cizalla, la cuchilla llega y efectúa el corte de la pared de PET de manera limpia, es aquí donde existe una concentración de esfuerzos que se los debe evaluar mediante análisis de elementos finitos.



Figura 41 Diseño cortador de pared

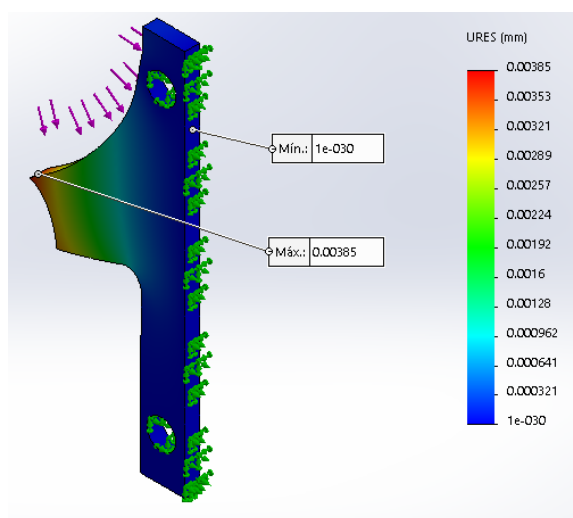


Figura 42 Deformación máxima en el cortador de pared

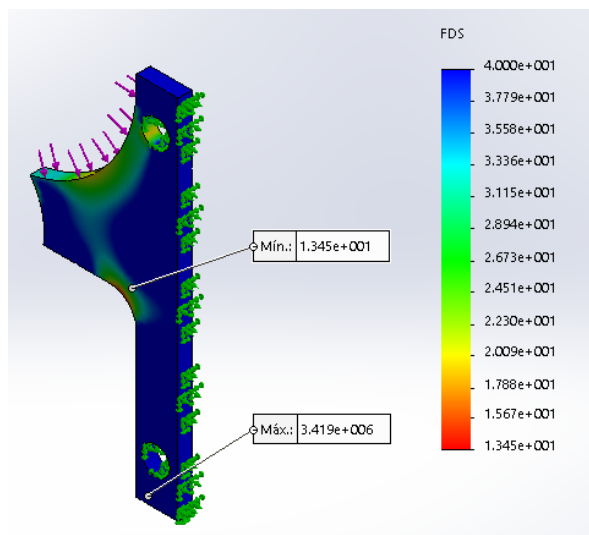


Figura 43 Factor de seguridad cortador de pared

Los resultados obtenidos en el cortador de pared son seguros para su aplicación en el momento de servir como apoyo para la cuchilla, donde el factor de seguridad es de 13.45 y no se tendra problemas de deformación.

El direccionador de cuchilla permite que ingrese solamente la cuchilla evitando que el material de la botella se filtre por la camara de trituracion sin procesar, como se puede ver en la figura 44.

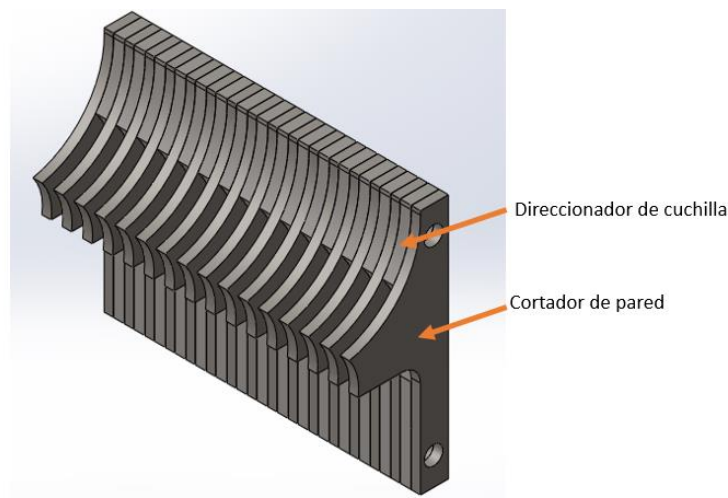


Figura 44 Ensamblaje del cortador de pared y direccionador de cuchilla

2.6.10. Diseño del eje porta cuchillas.

Para el diseño del eje se lo analiza bajo cálculos, para obtener el diámetro que soporte todas las cargas y los momentos presentes, de esta manera se garantiza el diseño y funcionalidad.

Las cargas sobre el eje de transmisión se puede ver en la figura 45 (Véase página 63).

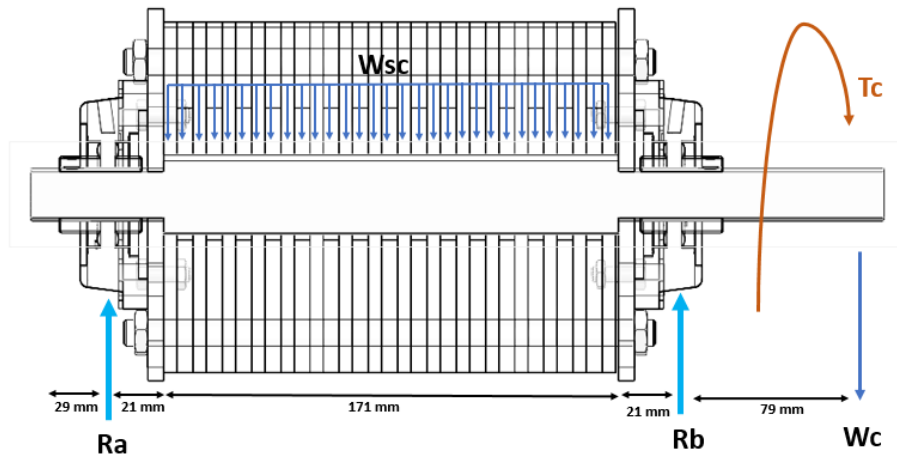


Figura 45 Fuerzas sobre el eje de transmisión

En la figura 45 se observa las fuerzas que actúan sobre el eje.

donde:

W_{sc} : peso de las cuchillas (0,187 Kg) y separadores (0,0655 Kg) siendo un peso total de 3,845 Kg

$$P = 3,845 \text{ kg} = 37,681 \text{ N}$$

Teniendo una carga distribuida de: $W_{sc} = 224 \text{ N/m}$

W_c : peso de la catalina sobre el eje de:

$$W_c = 12,05 \text{ N}$$

T_c : torque necesario para triturar las botellas

$$T_c = 129,74 \text{ Nm}$$

Ra y Rb: reacciones generadas en los apoyos del eje.

Las fuerzas que actúan sobre el eje, como se puede ver en la figura 45 por lo que se realizara el análisis en el plano XZ, se analizan las cargas mediante software MDSolids.

2.6.10.1. Análisis de cargas

Se representa el diagrama de cuerpo libre para realizar el cálculo de las reacciones y del momento flector máximo.

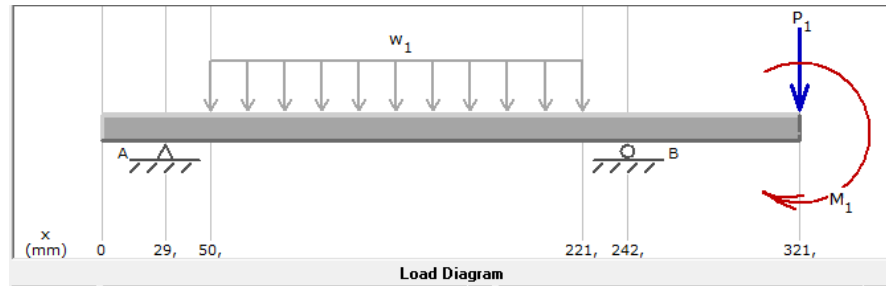


Figura 46 Diagrama de fuerzas y momentos sobre el eje de transmisión

2.6.10.2. Cálculo de las reacciones en los puntos A y B

En el siguiente diagrama se muestra la fuerza cortante que actúa sobre el eje y las reacciones en los apoyos A y B

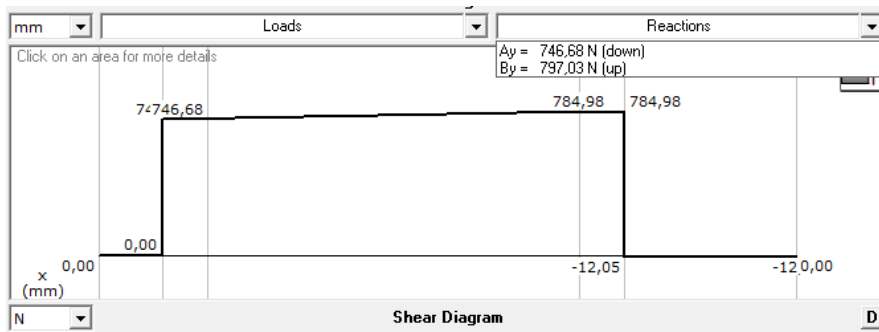


Figura 47 Diagrama de fuerza cortante sobre el eje

Las reacciones en el punto A es de 746,68 N y en el punto B es de 797,03 N.

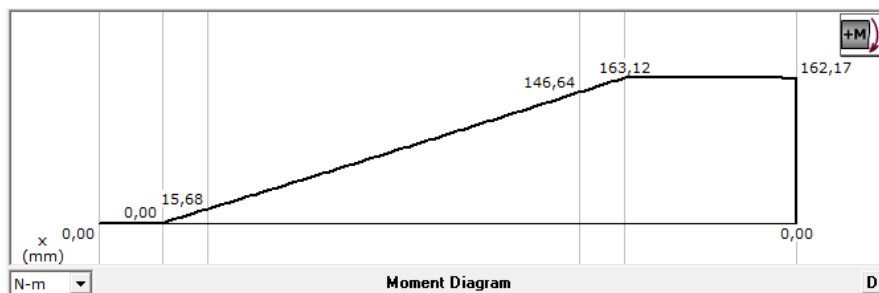


Figura 48 Diagrama de momento flector sobre el eje

El eje soporta un momento flexionante máximo de 163,12 Nm.

Ya que existe un momento torsor en el eje se calcula con la siguiente formula:

$$Kw = \frac{Tc * n}{974}$$

Ecuación 7 Par torsor

Fuente: (Bavaresco, 2015)

$$Tc = \frac{Kw * 974}{n} \quad [Nm]$$

donde:

Tc = Momento torsor que actúa sobre el eje [Nm]

$Kw = P_N = 0,59$ Kw es el motor obtenido (Véase página 55)

n = son las revoluciones por minuto a la salida del reductor siendo de 35 rpm.

$$Tc = 16,42 \quad [Nm]$$

Con los valores antes obtenidos se procede a calcular el diámetro del eje con la teoría de la energía máxima de distorsión, donde la barra circular está sometida a torsión y flexión, se utilizan los esfuerzos principales que actúan sobre el eje.

Aplicando la teoría:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 * \sigma_2 = \left(\frac{\sigma_f}{FS} \right)^2$$

Ecuación 8 Esfuerzo de Von Mises

Fuente: (Díaz del Castillo Rodriguez, 2011)

Donde se tiene los esfuerzos principales

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Reemplazando estos valores de los esfuerzos principales en la ecuación de Von Mises se tiene la siguiente ecuación con su correspondiente despeje del diámetro.

$$Diam = \sqrt[3]{\left(\frac{32 FS}{\pi * Sy} * \sqrt{\left(M_{max}^2 + \frac{3}{4} Tc^2\right)}\right)}$$

donde:

$Diam$ = Diámetro del eje [m]

M_{max} = Momento máximo que actúa sobre el eje [Nm]

FS = Factor de seguridad

Sy = Resistencia a la fluencia del acero A36 igual 250 [MPa]

Tc = Momento torsor sobre la barra [Nm]

El factor de seguridad es de 2 (Véase tabla14, página 33), ya que existen cargas dinámicas sobre el eje.

$$Diam = \sqrt[3]{\left(\frac{32 * 2}{\pi * 250 * 10^6} * \sqrt{\left(163,12^2 + \frac{3}{4} 16,42^2\right)}\right)}$$

$$Diam = 0,0237 m = 23,7 mm$$

El diámetro del eje será de 25 mm.

2.6.10.3. Selección de chaveta

Para el diámetro de 25 mm del eje, tanto para el eje de porta cuchillas y separador, y el eje que sale desde el reductor del motor que es del mismo diámetro, nos ayudamos del programa de SolidWorks, en su catálogo de chavetas recomienda las siguientes medidas:

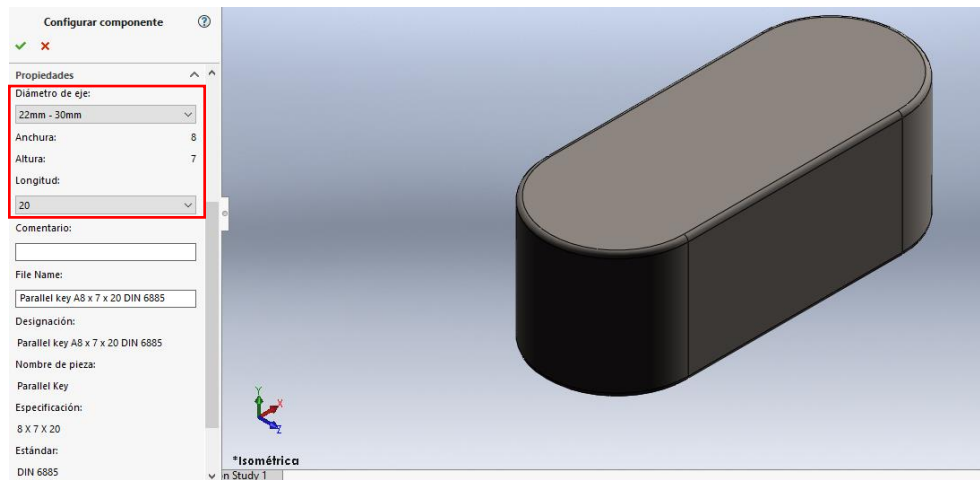


Figura 49 Selección chaveta

Características de la chaveta.

- Diámetro eje: 22mm - 30mm (25mm)
- Ancho: 8mm
- Alto: 7mm
- Longitud: 20 mm

La longitud de la chaveta puede ser incrementada según la necesidad, para garantizar la selección de chaveta se compara con la tabla de un fabricante nacional (Véase Anexo 5)

2.6.10.4. Selección de chumacera.

La chumacera que cumple con las características del eje y los esfuerzos que es sometido, es seleccionado en base al catálogo (ver anexo 9 y 10), debido a que necesita dos tipos de chumaceras de pared, se adjunta ambos catálogos.

2.7. Selección de instrumentación.

2.7.1. Sensor fotoeléctrico infrarrojo

Los sensores fotoeléctricos del tipo infrarrojo detectan de manera precisa con luz infrarroja no visible por lo que puede trabajar con seguridad en ambientes con vapor, niebla y polvo, tiene la facilidad de ser ajustado mediante un potenciómetro e interruptor giratorio, con estas características lo vuelve un sensor ideal para el sistema de admisión de la máquina,

2.7.2. Sensor capacitivo

El sensor capacitivo tiene la funcionalidad de reaccionar a las alteraciones en un campo electrostático por lo que detecta metales y no metales sin necesidad de contacto con el material.

Cada material tiene una constante dieléctrica por lo que permite ser sentido por el campo electrostático del sensor capacitivo, cuyo campo es variable para la detección del material que se necesite sensar, la botella es de polietileno de

tereftalato (PET) según la tabla 25 la constante dieléctrica del polietileno es de 2,2; permitiéndose calibrar para que reconozca el sensor dicha constante.

Tabla 25 Constantes dieléctricas en diferentes materiales

Material	Permitividad relativa ϵ_r
Vacío	1
Aire (a la presión atmosférica)	1,0006
Polietileno	2.2
Poliestireno	2.7
Goma	3
Papel (impregnado)	3
Baquelita	5
Cuarzo	5
Vidrio	6
Mica	6
Vidrio Flint	10
Glicerina	50
Agua (destilada)	81
Titanato de bario	1200
Titanato de bario estroncio	10000

Fuente: (Plonus, 1994)

2.7.3. Celda de carga

La celda de carga es un dispositivo que convierte la fuerza en una señal eléctrica, el principio de la celda de carga se basa en la deformación de galgas extensiométricas, Y a través de medidores de deformación (galgas) se obtiene una señal eléctrica con la que se obtiene el valor de la fuerza.

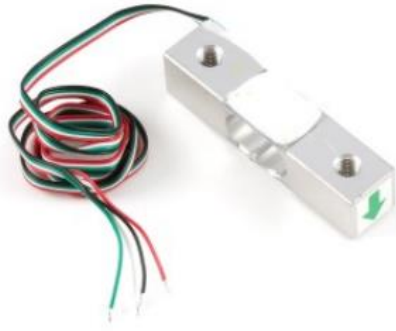


Figura 50 Celda de carga

Fuente: (5Hertz Electronica, 2014)

Debido a que la cámara de admisión admitirá botellas de hasta 1,5 litros que equivalen a un peso de 1,5 kg se optara por una celda de carga superior a los 5 kg, en caso extremo de que se introduzca un peso mayor, y de esta manera se evita daños en el dispositivo.

2.7.4. Modulo amplificador hx711

El módulo HX711 es un circuito integrado convertidor analógico/digital de 24 bits, fue diseñado para diseños electrónicos de alta precisión, capaz de medir el cambio en la resistencia de la celda de carga y medir en kilogramos o libras, se debe medir los parámetros que se encuentra funcionando la celda de carga para calibrar su óptimo funcionamiento

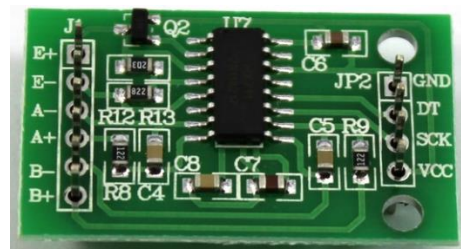


Figura 51 Modulo HX711

Fuente: (Naylampmechatronics, 2016)

Características.

- Voltaje de operación rango: 2.6 – 5.5 V
- Temperatura de operación rango: -40 – 85 °C
- Corriente de operación: 1.5 mA
- 2 canales diferencial de entrada
- Interfaz de salida digital serial

2.7.5. Tarjeta de adquisición.

Arduino tiene una amplia gama de tarjetas de adquisición, las cuales permiten ser programadas bajo software libre para desarrollo de aplicaciones y proyectos de control.

Las señales que se debe monitorear son 15 señales digitales, entre ellas las de los sensores fotoeléctricos y capacitivo, 2 salidas PWM para el servomotor y luces informativas y 2 señales análogas para el módulo HX711 y celda de carga por lo que se opta por un Arduino Mega, esta tarjeta está diseñada en un microcontrolador ATmega2560, la cual cuenta con 54 pines digitales de entrada/salida donde 14 pines son con salida PWM y adicional cuenta con conexión USB.



Figura 52 Arduino Mega

Fuente: (Arduino, 2017)

Características.

- Microcontrolador: ATmega1280
- Voltaje de operación rango: 7V – 12 V
- Voltaje de entrada(Limites) 6 - 20 V
- Pines digitales In / Out 54(de los cuales 15 proporcionan salida PWM)
- Corriente DC por Pin In/Out 40 mA
- Corriente CC para Pin 3.3V 50 Ma
- Memoria flash 128KB de los cuales 4 KB utilizado para el arranque de inicio
- SRAM 8 KB
- EEPROM 4 KB
- Velocidad reloj 16 MHZ

Fuente: (Arduino, 2017)

2.7.6. Módulos relés

Dentro de la parte de accionamiento de potencia en corriente alterna, está el accionamiento del motor y el cambio de giro, de esta manera con un módulo relé de estado sólido que funciona con señales digitales de 5V utilizadas desde el Arduino Mega y manejar tensiones de salida de hasta 220 VAC como continua y hasta 2 Amperios.



Figura 53 Modulo relé estado sólido

Fuente: (Prometec, 2017)

En el apartado de activación que se manejan con un voltaje de 12V de corriente continua y un amperaje de 0,5A se utilizará un módulo relé de 4 canales el cual funciona de la misma manera que el módulo relé de estado sólido con señales digitales de 5V.



Figura 54 Modulo relé de 4 canales

Fuente: (Dinastía Tecnológica, 2016)

2.7.7. Iluminación led con chip SMD

Debido a que la cámara de admisión debe estar bien iluminada se utilizara LED SMD el cual es un encapsulado en resina semirrígida el cual provee alta eficacia de luz y bajo consumo eléctrico, una ventaja de este tipo de LED es que tiene una escasa liberación de calor durante largos periodos de trabajo.

Tabla 26 Comparativa LED SMD

LED	Dimensions	Chip Surface Area	Lumen Flux	Power Draw
3528 LED	3.5 mm x 2.8 mm	9.8 mm ²	6-8 lumens	20-30 mA @ 2.8-3.4 Volts
5050 LED	5.0 mm x 5.0 mm	25 mm ²	16-22 lumens	60 mA @ 2.8-3.4 Volts
5630 LED	5.6 mm x 3.0 mm	16.8 mm ²	45-50 lumens	150 mA @ 2.8-3.4 Volts

Fuente: (Wisdom, S.f.)

2.8. Diseño del sistema de control e impresión.

El sistema de control se comprende entre una tarjeta de control y una unidad central de procesamiento, donde interactuarán mediante comunicación serial; para la visualización de las actividades de la máquina en el software en tiempo real.

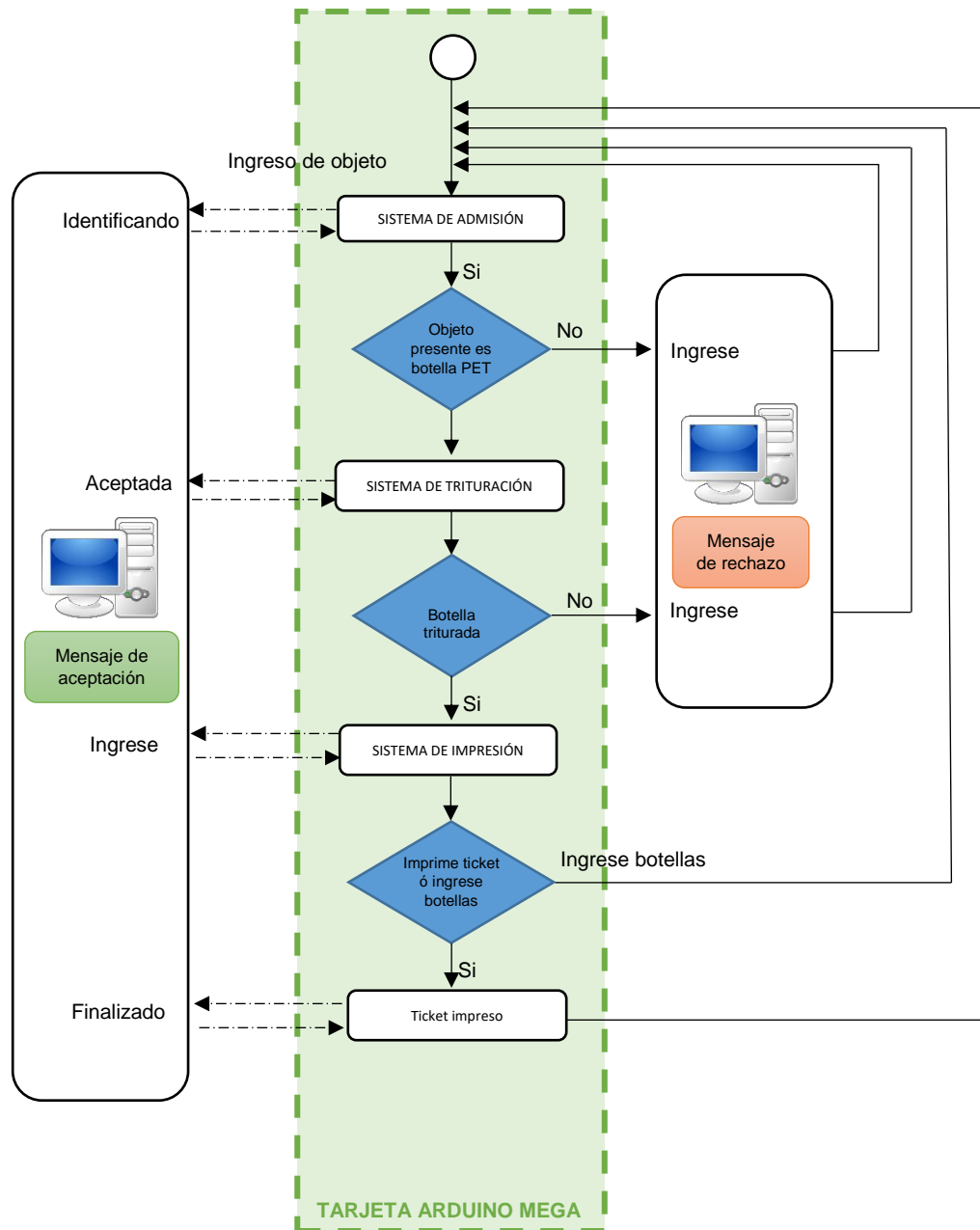


Figura 55 Diagrama del sistema de control e impresión

La parte de interfaz para el control de las señales es desarrollada en software libre Visual Basic el cual permite crear programas y enlazar por comunicación serial con la tarjeta de control Arduino Mega como se puede ver en el diagrama de bloques.

2.8.1. Diagrama de conexiones

El diagrama de conexiones en la figura 56, permite visualizar la manera en que va conectado cada sistema.

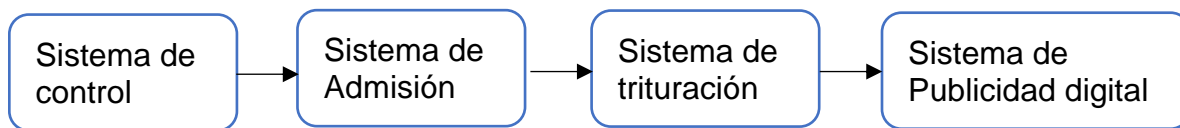


Figura 56 Diagrama de conexiones

2.8.2. Diseño del Software en Visual Basic.

La interfaz, es desarrollada en la funcionalidad de cada proceso de la máquina, como se ve en la figura 57, la cual permite visualizar la publicidad y la cantidad de botellas ingresadas.



Figura 57 Interfaz Visual Basic Usuario-Maquina

El programa es el responsable de la señal de impresión para los tickets mediante la pulsación del botón que se encuentra en la parte externa de la máquina.

La programación de comunicación serial y la programación de control se encuentra en Anexos, (ver Anexos 17 y 18)

2.8.3. Diagrama de conexiones Arduino Mega

Los requerimientos del sistema a controlar por parte de la tarjeta de adquisición de datos son:

- Sistema de admisión: Control de 5 sensores fotoeléctricos, celda de carga con el módulo HX711, sensor capacitivo, luces informativas y control de la posición del servomotor
- Sistema de pre-triturado: Activación del módulo relé de estado sólido para la parte de potencia del motor.

Cada componente utilizado tiene sus propias librerías, entre una de ellas es la celda de carga con su módulo HX 711 el cual utiliza dos mediciones para calibrar y calcular el rango de peso adecuado, de la misma forma la librería para el servomotor y de las luces informativas.

Conexiones Arduino con sus respectivas señales de salida y entrada, (ver Anexo14).

La programación se puede apreciar en el Anexo 15 con la comunicación serial de la interfaz desarrollada en Visual Basic, el sistema de control está separado del sistema de potencia debido a que maneja intensidades superiores al de control, por lo que manejan cargas pesadas como el encendido e inversión de giro del motor se tomara en cuenta los calibres de cables normalizados AWG para conductor eléctrico de cada apartado.

2.9. Diagrama de conexión eléctrico de potencia y control

Los esquemas eléctricos de potencia, (ver Anexo 15) y control, (ver Anexo 16) permiten visualizar la realización de las conexiones e identificar con rapidez los componentes al momento de realizar el mantenimiento o alguna corrección que se necesite.

2.10. Dimensionamiento de conductores eléctricos

Debido a que se manejan cargas pesadas como el encendido e inversión de giro del motor se tomara en cuenta los calibres de cables normalizados AWG para conductor eléctrico de cada apartado.

Tabla 27 Calibre del conductor para cada sistema

AWG	Diámetro (mm)	Amperaje máximo	Sistema a implementarse
12	2.05	25	Alimentación de la máquina y potencia del motor
16	1.29	13	Alimentación sistema de control
22	0.65	1.2	Alimentación luces y sensores
24	0.51	0.8	Señales de control y módulos relé normal y de estado sólido

2.11. Etapa de construcción y ensamblaje

Se realizaron varias etapas durante el proceso de construcción de la máquina.

Se diseñó una tarjeta de acondicionamiento de señales y el montaje de los componentes dentro de la estructura revestida.

2.11.1. Fabricación de tarjeta PCB de señales de sensores.

Se diseñó una tarjeta para acondicionar las señales de los sensores NPN y PNP, debido a que su señal de salida no era compatible con la tarjeta de Arduino.

La tarjeta adicionalmente cumple con la función de nodo de señales, aquí se acoplan todas las señales de los sensores, siguiendo un proceso detallado a continuación:

- Se realizó el diseño en un software para la creación de placas PCB
- Se utilizaron dos relés de 12V para que se activen con las señales de los sensores y envíen una señal aceptada por la tarjeta Arduino.

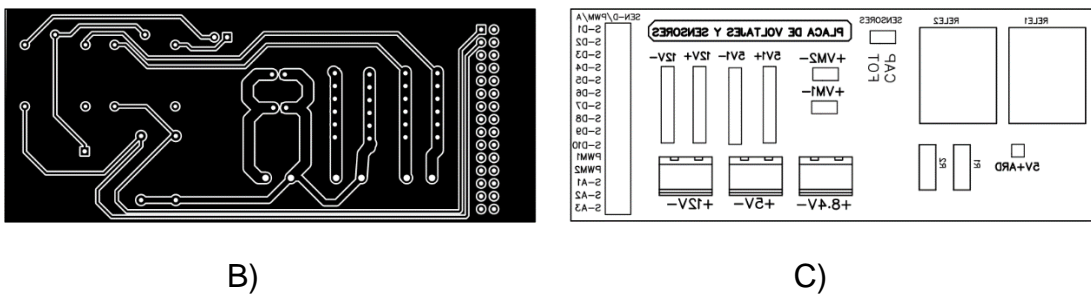


Figura 58 Pista y diagrama de ubicación de elemento para el montaje

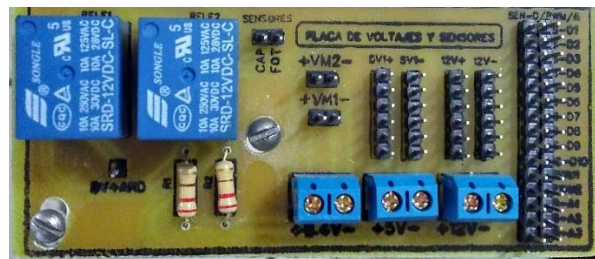


Figura 59 Montaje de elemento placa PCB

2.11.2. Ensamblaje de la estructura y componentes

Una vez terminada la estructura se ensamblaron los componentes mecánicos, seguidamente se le dio el acabado final con la pintura electroestática a la máquina, se ensamblaron los componentes electrónicos y eléctricos como se puede ver en la figura 60.



Figura 60 Ensamblaje final máquina recicladora

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y PRUEBAS

3.1. Diseño de transmisión por cadena

El sistema de pre-trituración al girar a la velocidad de 35 rpm no permite que la botella caiga en la zona de trituración lo que hace levantar la botella, por lo cual se ha visto en la necesidad de reducir las revoluciones a la mitad para que la botella sea triturada por las cuchillas.

Un punto adicional es el torque que se aumenta al reducir las revoluciones en la transmisión por cadena, esto beneficia al motor a no forzarse al momento de triturar.

Para garantizar el óptimo funcionamiento de la transmisión por cadena se lo analiza por software libre del fabricante RENOLD.

3.1.1. Selección de dientes del piñón y catalina

En la transmisión por cadena se debe considerar la relación de velocidad de entrada con la de salida.

$$R_{transmisión} = \frac{Rpm \text{ entrada}}{Rpm \text{ salida}}$$

Ecuación 9 Relación de transmisión

donde:

$R_{transmisión}$ = relación de transmisión.

Rpm entrada = Velocidad en el piñón

Rpm salida = Velocidad deseada en la catalina

$$R_{transmisión} = \frac{35 \text{ Rpm}}{10,5 \text{ Rpm}} = 3,33$$

Teniendo el valor de 3,33 que es la relación de la velocidad de entrada respecto a la velocidad de salida buscamos el valor aproximado en la tabla (ver Anexo 11)

CORONAS		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
PIÑONES	8	4,38	4,50	4,63	4,75	4,88	5,00	5,13	5,25	5,38	5,50	5,63	5,75	5,88
	9	3,89	4,00	4,11	4,22	4,33	4,44	4,56	4,67	4,78	4,89	5,00	5,11	5,22
	10	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70
	11	3,18	3,27	3,36	3,45	3,55	3,64	3,73	3,82	3,91	4,00	4,09	4,18	4,27
	12	2,92	3,00	3,08	3,17	3,25	3,33	3,42	3,50	3,58	3,67	3,75	3,83	3,92
	13	2,69	2,77	2,85	2,92	3,00	3,08	3,15	3,23	3,31	3,38	3,46	3,54	3,62
	14	2,50	2,57	2,64	2,71	2,79	2,86	2,93	3,00	3,07	3,14	3,21	3,29	3,36
	15	2,33	2,40	2,47	2,53	2,60	2,67	2,73	2,80	2,87	2,93	3,00	3,07	3,13
	16	2,19	2,25	2,31	2,38	2,44	2,50	2,56	2,63	2,69	2,75	2,81	2,88	2,94
	17	2,06	2,12	2,18	2,24	2,29	2,35	2,41	2,47	2,53	2,59	2,65	2,71	2,76
	18	1,94	2,00	2,06	2,11	2,17	2,22	2,28	2,33	2,39	2,44	2,50	2,56	2,61

Figura 61 Tabla relación de piñón-corona

Como se puede ver en la figura 61, la cantidad de dientes del piñón es de 12 y en la catalina o corona es de 40, con estos datos establecidos ingresamos para los cálculos en el software del fabricante Renold.


3.1.2. Selección de la cadena.

DATOS DE RENDIMIENTO ?	NUMERO DE DIENTES ?	CENTRO DISTANCIA / N° ENLACES ?
Potencia de entrada: 0.75 kW Velocidad de entrada en conducció: 35.1 rpm	Conducir Piñón: 12 Piñón conducido: 40 Relación: 3.3333	Modo: Ronda a un número par de enlaces Centro Distancia: 300 mm
		UNIDADES <input type="radio"/> Métricas <input type="radio"/> Imperial
CARGANDO CLASIFICACIÓN ?	LUBRICACIÓN ?	SELECCIÓN DE CADENA ?
Conducir características de la máquina <input type="radio"/> Buen funcionamiento (motores eléctricos, etc.) <input type="radio"/> Los golpes leves (más de 6 cils, etc.) <input checked="" type="radio"/> shocks moderada (menos de 6 cils, etc.) Impulsadas características de la máquina <input type="radio"/> Funcionamiento suave (bombas centrífugas, etc.) <input checked="" type="radio"/> shocks moderada (agitadores sólidos, etc.) <input type="radio"/> Los golpes fuertes (aplanadoras, excavadoras, etc.)	<input type="radio"/> El funcionamiento en seco (sin lubricación) <input type="radio"/> La lubricación inadecuada (con respecto a la lubricación) <input checked="" type="radio"/> Recomendado <input type="radio"/> Mejor de lo recomendado	<input checked="" type="radio"/> Selección automática <input type="radio"/> Selección manual Estándar: americano Gama de productos: Renold Sinergia
		CONDICIONES AMBIENTALES ?
		Ambiente: <input type="radio"/> normal de <input type="radio"/> abrasivo Ubicación: <input type="radio"/> cubierta <input type="radio"/> al aire libre

Figura 62 Datos ingresados en software RENOLD

(RENOLD, 2017)

Detalles de la cadena			
Potencia de entrada:	P = 0,75 kW	Tono:	p = 19.05 mm
Velocidad de entrada:	n = 35,1 rpm	ISO Carga de rotura:	Fb = 62.600 N
Cadena velocidad lineal:	v = 0,1 m / s	Teniendo Presión:	pr = 44,838 N / mm ²
Esfuerzo de torsión:	T = 204,06 Nm	Teniendo Área:	f = 2,12 cm ²
Fuerza estática:	F = 5608,3 N	Peso:	q = 2,91 kg / m
Fuerza dinámica:	Fd = 9505,5 N	Longitud de la cadena:	l = 1104,9 mm
Fuerza centrífuga:	Ff = 0,05 N	Centro Distancia:	a = 292,39 mm
Fuerza Total:	Fg = 9505,6 N	Número de Enlaces:	X = 58
Factores cadena de seguridad:	estática = 11,2 dinámico = 6,6		
Transmisión por cadena			
Rueda de espigas	Conducir (Z1)	Impulsado (Z2)	
Numero de dientes:	12	40	Relación: l = 3.333
Diámetro del círculo:	73.604 mm	242.802 mm	
Cargando Clasificación:	Los choques moderados	Los choques moderados	
Condiciones de entorno			
Condiciones ambientales:	Cubierta, normal		
Condiciones de servicio:	Recomendado		
Lubricación recomendada:	Lubricación Manual		



ANSI 60 (ISO 606)
Número de serie: **GY60A2**

La vida útil de la cadena es mayor de 30000 horas.

Después de este tiempo:
La cadena llegará a 3% de elongación.

Descarga resultado como PDF


 **Descargar**

Figura 63 Datos de la cadena mediante software

Fuente: (RENOLD, 2017)

Detalles de la cadena

Potencia de entrada:	P = 0,75 kW	Tono:	p = 25,4 mm
Velocidad de entrada:	n = 35,1 rpm	ISO Carga de rotura:	Fb = 55.600 N
Cadena velocidad lineal:	v = 0,2 m / s	Teniendo Presión:	pr = 40,052 N / mm ²
Esfuerzo de torsión:	T = 204,06 Nm	Teniendo Área:	f = 1,78 cm ²
Fuerza estática:	F = 4206,2 N	Peso:	q = 2,8 kg / m
Fuerza dinámica:	Fd = 7129,2 N	Longitud de la cadena:	l = 1320,8 mm
Fuerza centrífuga:	Ff = 0,09 N	Centro Distancia:	a = 309,24 mm
Fuerza Total:	Fg = 7129,3 N	Número de Enlaces:	X = 52
Factores cadena de seguridad:	estática = 13,2 dinámico = 7,8		

Transmisión por cadena

Rueda de espigas	Conducir (Z1)	Impulsado (Z2)	
Numero de dientes:	12	40	Relación: i = 3.333
Diámetro del círculo:	98.138 mm	323.736 mm	
Cargando Clasificación:	Los choques moderados	Los choques moderados	

Condiciones de entorno

Condiciones ambientales:	Cubierta, normal
Condiciones de servicio:	Recomendado
Lubricación recomendada:	Lubricación Manual

RENOLD
Synergy™

ANSI 80 (ISO 606) Simplex

Número de serie: **GY80A1**

La vida útil de la cadena es mayor de 30000 horas.

Después de este tiempo:
La cadena llegará a 3% de elongación.

Descarga resultado como PDF



Figura 64 Datos obtenidos en software RENOLD

Fuente: (RENOLD, 2017)

Como se puede apreciar en la figura 63 y 64 el fabricante nos brinda dos recomendaciones de cadena tanto la primera es una cadena ANSI 60 con un factor de seguridad estático de 11.2 y un factor de seguridad dinámico de 6.6, y la segunda alternativa es la ANSI 80 con un factor de seguridad estático de 13.2 y un factor de seguridad dinámico de 7.8, si revisamos que los diámetros del piñón con respecto al de la catalina que viene a ser la rueda conducida viene a ser mayor en la cadena ANSI 80; con respecto a la cadena ANSI 60

Para garantizar la selección de la cadena se compara con la tabla de otro fabricante para definir la selección de la cadena.

En la siguiente figura 65 se utiliza el valor del motor de 0.75 Kw y la velocidad a la salida del reductor de 35.01 rpm.

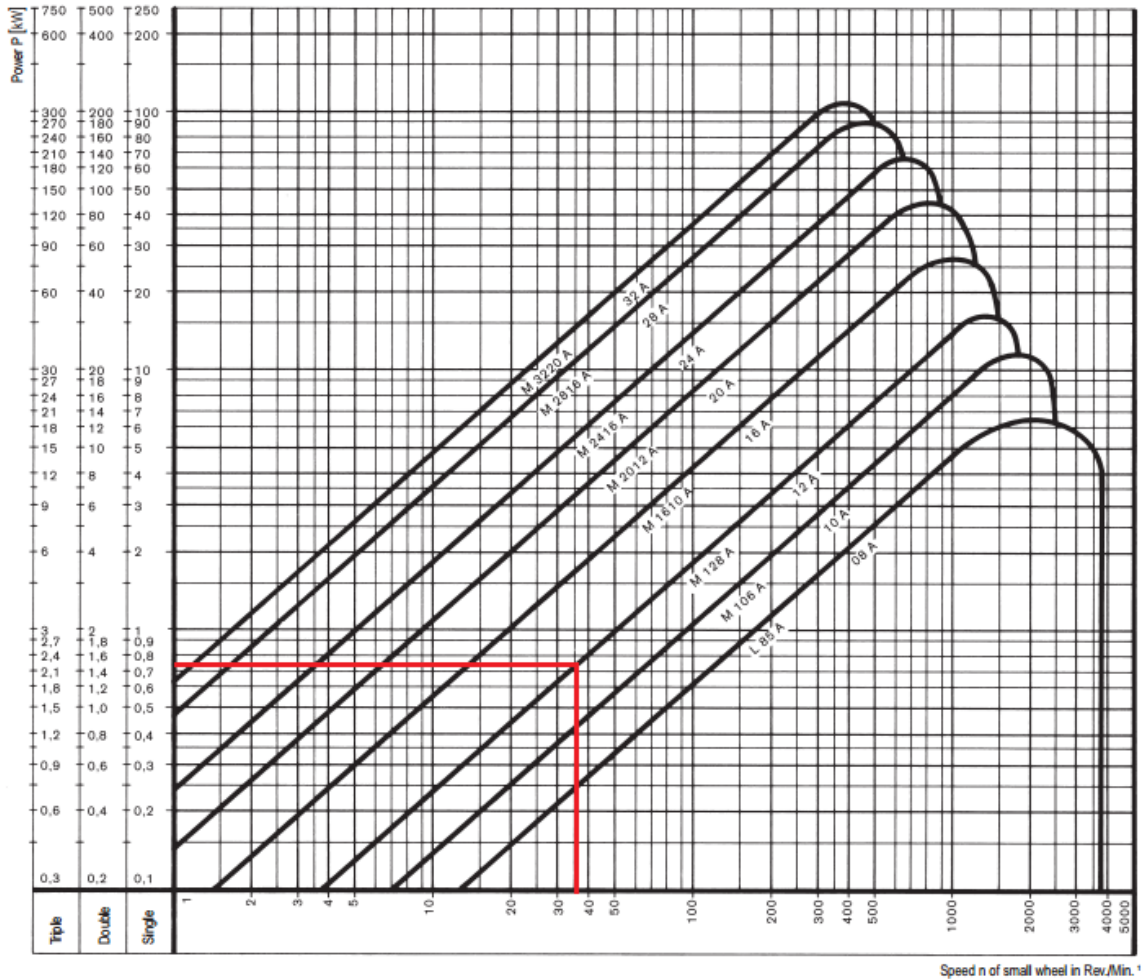


Figura 65 Diagrama de cadena de rodillos según DIN 8188 (Ejecución Americana)

Fuente: (Winklhofer & Sohne, 2006)

Como se puede ver en la figura 65 se ajusta los valores a una cadena 12A que es la ANSI 60 y a la 16A que es la ANSI 80, por consideraciones de diseño se optara por la cadena 12A.

La vida útil de la cadena es 30000 horas de trabajo lo cual, satisface la funcionalidad dentro de la máquina

El programa de RENOLD da una cadena la **ANSI 60** (ISO 606) simple, buscamos sus especificaciones en la figura 66.

Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamento de torones múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (56.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.70)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Figura 66 Especificaciones de la cadena obtenida

Fuente: (Budynas & J. Keith , 2008)

En la figura 66, las características de la cadena que es la ANSI 60 con un paso de cadena de 19,05mm y con una resistencia mínima a la torsión de 31300 N.

3.1.3. Numero de eslabones y longitud de la cadena

Para calcular la longitud de la cadena utilizamos los dientes del piñón y de la catalina, distancia entre ejes y el paso de cadena:

- Dientes del piñón = 12
- Dientes catalina = 40
- Paso de la cadena = 19.05mm
- Distancia entre ejes = 300 mm

La fórmula es:

$$X_{eslabones} = 2 * \frac{a'}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \left(\frac{Z_2 + Z_1}{2 * \pi} \right)^2 * \frac{p}{a'}$$

Ecuación 10 Formula Cantidad de eslabones

Donde:

$X_{eslabones}$ = es la cantidad de eslabones.

a' = distancia entre ejes en mm

p = paso de la cadena en mm

Z_1 = dientes del piñón

Z_2 = dientes de la catalina

$$X_{eslabones} = 2 * \frac{300}{19.05} + \frac{12 + 40}{2} + \left(\frac{40 - 12}{2 * \pi} \right)^2 * \frac{19.05}{300} = 57,599 \text{ Eslabones}$$

$$X_{eslabones} = 57,599 \cong 58$$

La longitud de la cadena es el paso de la cadena por la cantidad de eslabones lo cual sería:

$$L_{cadena} = X_{eslabones} * p$$

$$L_{cadena} = 58 * 19,05 = 1104,9 \text{ mm}$$

3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez implementado los sistemas de admisión, trituración y control en la máquina se realiza las siguientes pruebas.

- Validación y rechazo del material ingresado en la cámara de admisión.
- Validación proceso de pre-trituración.
- Activación del sistema de impresión y entrega de ticket

3.2.1. Validación cámara de admisión.

3.2.2. Prueba por tipo de empaque de bebida

En el mercado nacional existen 4 tipos de empaques para almacenar bebidas que se deben tomar en cuenta que son: botellas de plástico, envase de Tetrapak, botellas de vidrio y envase enlatado

Tabla 28 Prueba por tipo de empaque de bebida

Material	Identificación sensor	Tiempo(s)	Aceptación	Rechazo
Botella plástica	Celda de carga	3	Si	No
Tetrapak	Sensor capacitivo	3	No	Si
Botella de vidrio	Celda de carga	3	No	Si
Envase enlatado	Sensor capacitivo	3	No	Si

Para estas pruebas se realizó el ingreso de los 4 diferentes tipos de envases donde se evidencio que el único material aceptado es la botella plástica

3.2.3. Prueba por residuos líquidos

Al momento de reciclar las botellas se debe evitar que las botellas ingresen con residuos líquidos para proteger todos los sistemas, tomando en cuenta en porcentajes de líquido interno de envase en lo mínimo posible.

Tabla 29 Prueba de la botella con residuo líquido

Material	Porcentaje de liquido	Tiempo(s)	Aceptación	Rechazo
Botella plástica	0,1 ml	3	Si	No
Botella plástica	0,2 ml	3	Si	No
Botella plástica	0,3 ml	3	Si	No
Botella plástica	0,4 ml	3	Si	No
Botella plástica	0,5 ml	3	Si	No
Botella plástica	10 ml	3	No	Si
Botella plástica	15 ml	3	No	Si
Botella plástica	20 ml	3	No	Si
Botella plástica	50 ml	3	No	SI

3.2.4. Prueba por tamaño de botella

Debido a la variabilidad de volumen de botellas se realizaron las siguientes pruebas.

Tabla 30 Prueba por tamaño de la botella

Material	Volumen en cm ³	Tiempo(s)	Aceptación	Rechazo
Botella plástica	250	3	Si	No
Botella plástica	350	3	Si	No
Botella plástica	375	3	Si	No
Botella plástica	500	3	Si	No
Botella plástica	600	3	Si	No
Botella plástica	625	3	Si	No
Botella plástica	700	3	Si	No
Botella plástica	1000	3	Si	No
Botella plástica	1250	3	Si	No

No se identificaron rechazos de todos los volúmenes antes mencionados, para volúmenes superiores a los 1250cm³ la cámara de admisión rechaza debido a su dimensionamiento para evitar errores en la calidad de los sensores.

3.2.5. Prueba de botella con tapa

Las tapas de las botellas van por separado en su propio espacio designado en la parte exterior de la máquina, en caso de que no se considere las instrucciones este apartado se sometió a la siguiente prueba.

Tabla 31 Prueba del tamaño de la botella con tapa

Material	Volumen en cm ³	Tapa	Aceptación	Rechazo
Botella plástica	250	Si	Si	No
Botella plástica	350	Si	Si	No
Botella plástica	375	Si	Si	No
Botella plástica	500	Si	Si	No
Botella plástica	600	Si	Si	No
Botella plástica	625	Si	Si	No
Botella plástica	700	Si	Si	No
Botella plástica	1000	Si	No	Si
Botella plástica	1250	Si	No	Si

Como se puede constatar la cámara de admisión si acepta las botellas pequeñas con tapa, con volumen inferior a los 1000 cm³ debido a que los sensores consideran como una botella de 1000cm³ o 1250cm³.

3.2.6. Validación sistema de pre-triturado

3.2.7. Prueba de trituración

Las botellas que son direccionadas en la cámara de trituración son inmediatamente procesadas ya que justamente segundos antes se activa el motor.

La prueba fundamental es que no se quede la botella estancada y a media trituración, de lo cual se realizó la siguiente prueba en 100 botellas trituradas.

Tabla 32 Pruebas de pre-triturado

Material	Volumen en ml	Cantidad	Botellas Triturada	Botellas Medio triturar
Botella plástica	250	20	10	0
Botella plástica	350	20	10	0
Botella plástica	375	20	10	0
Botella plástica	500	20	10	0
Botella plástica	600	28	14	0
Botella plástica	625	28	14	0
Botella plástica	700	24	12	1

Botella plástica	1000	20	9	2
Botella plástica	1250	20	9	2

En conclusión, de 200 botellas trituradas de diferentes volúmenes se tuvo 3 botellas a medio triturar.

Teniendo un error del 98,5% en el proceso de pre-trituración que es satisfactorio ante las pruebas obtenidas.

3.2.8. Activación del sistema de impresión y entrega de ticket

3.2.9. Activación sistema de impresión.

No se tuvieron problemas en la señal de activación de la impresora para la emisión de ticket

3.2.10. Entrega de Ticket.

La prueba de impresión tuvo el siguiente análisis:

Tabla 33 Prueba de impresión del ticket

Inspección	Corrección	Calidad de impresión	Error de impresión
Inicio de trabajo de la maquina	No	Excelente	Si
Estabilidad de funcionamiento	Si	Excelente	No
Retiro de ticket	Si	Excelente	No

Al realizar la primera impresión, la impresora se calibra automáticamente debido a sus sensores de desplazamiento del papel.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las investigaciones y patentes actuales muestran el uso de máquinas expendedoras inversas, este tipo de máquinas usan cámaras de alta resolución en el sistema de admisión y lector de códigos de barras para identificar el tipo de material comparado a través de una base de datos del propio sistema o sensores de diferentes tipos, que dependiendo de su composición modifica el costo de la máquina.
- En base a la voz del usuario y los parámetros ingenieriles se ponderó con respecto a la seguridad, confiabilidad, resistencia y mantenimiento, de esta manera se seleccionó el diseño de una trituradora de un solo eje con motor monofásico y un desfase en las cuchillas de 20°, el sistema de identificación del envase por sensores, y una impresora térmica.
- En las pruebas realizadas en el sistema de admisión, se consideraron los siguientes criterios: tipo de material, porcentaje de líquido dentro de las botellas y con tapas, de esta manera se obtuvo un porcentaje de error del 1,7% en la admisión inadecuada de botellas.
- El sistema de trituración permitió tener una confiabilidad de funcionamiento del 98,5% durante un uso constante de 8 horas de la máquina, teniendo fallas exclusivamente en el tamaño máximo de botellas admitidas por la presencia de perfiles de gran grosor.

4.2. Recomendaciones

- En la parte del sistema de admisión se puede modificar el diseño para reducir el recorrido por parte del servomotor a un ángulo de 120° o menor recorrido.
- Se puede implementar un sistema inalámbrico para el control a distancia de la máquina.
- Se puede implementar una pantalla táctil, para que sea interactiva con el usuario y la máquina.
- En el mercado nacional no se cuenta con máquinas fundidoras de PET reciclado por lo que sería una gran alternativa realizar una tesis con un diseño de una máquina para este fin.

BIBLIOGRAFÍA

- 5Hertz Electronica*. (08 de Abril de 2014). Obtenido de Celdas de carga:
<http://www.electrrio.com/Anuncios/SensoresyModulos/Peso/sensordepeso.pdf>
- Arduino. (2017). *Arduino*. Obtenido de Arduino Mega:
<https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- ASTM, I. (2013). ASTM D7611 / D7611M-13e1, Standard Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identification.
- Bavaresco, I. G. (2015). *Procedimiento para el diseño de ejes*.
- BOEHLER. (2006). *Aceros para trabajos en frío*. Obtenido de Aceros Bohler:
<http://www.acerosboehler.com.ar/english/280.php>
- Budynas, R., & J. Keith, N. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: McGRAW.
- Careaga, J. (1993). *Manejo y reciclaje de los residuos de envase y embalaje*. España: SEDESOL, Instituto Nacional de Ecología.
- Del Hierro Calvache, P., & Albán Naranjo, R. (2013). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA VENDING INVERSA PARA LA ACEPTACIÓN, COMPACTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE BOTELLAS PET DE 250 A 3000cm³. *Escuela Politécnica del Ejército*.
- Díaz del Castillo Rodriguez, F. (2011). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS*. CUATITLAN IZCALLI.
- Dinastía Tecnológica*. (2016). Obtenido de Modulo rele de 4 canales:
<http://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-rele-de-4-canales-arduino/>
- Domenech Machinery & Systems*. (2016). Obtenido de MOLINO TRITURADOR DE RESIDUOS SOLIDOS:
<http://www.domenechmaquinaria.com/productos/combustibles-alternativos-rsu/molino-triturador-cdr/>
- Enríquez, M. (14 de Junio de 2016). Unidad de Manejo de Desechos Sólidos. (R. Martinez, Entrevistador)
- EPSON exceed your vision*. (2016). Obtenido de Impresora de tickets para POS:
<https://www.epson.es/products/sd/pos-printer/epson-tm-t20ii-series>
- Garcia, S. (2009). REFERENCIAS HISTÓRICAS Y EVOLUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 74-75.

- Ibarra, I. M. (2011). *Ordenanza que regula la gestión integral de los desechos, residuos sólidos y desechos hospitalarios en el canton Ibarra*. Ibarra.
- Independece Tube. (2016). *ASTM A500 ans ASTM A252*.
- IPAC-ACEROS. (2016). Obtenido de Tubería Estructural Cuadrada: <http://www.ipac-acero.com/producto-detalle.php?id=9>
- Jones, E. M., & Vance, S. W. (1925). *United States ; Atlanta Georgia Patente nº 509.808*.
- Jorgensen, F. A. (2011). *Making a Green Machine*. United States: Rutgers University Press.
- La Prestampa*. (s.f.). Obtenido de Tipos de plástico, usos y aplicaciones en Artes Gráficas: <https://laprestampa.wordpress.com/2015/09/28/tipos-de-plastico-usos-y-aplicaciones/>
- Marcelo Cardoso, T., & Vizcaíno Salazar, H. (2015). Rediseño e implementación de la máquina expendedora inversa (RVM) automatizada, orientada al reciclaje de botellas plásticas PET para la facultad de mecánica. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things* New York. *North Point Press*.
- MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Vol. 4). Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Naylampmechatronics. (2016). *Sensore*. Obtenido de Módulo HX711 Transmisor de celda de carga: <http://www.naylampmechatronics.com/sensores/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html>
- Palacios, J. C. (2004). *DESARROLLO TECNOLÓGICO EN LA PRIMERA REVOLUCION INDUSTRIAL*. *Norba. Revista de Historia*, 3-6.
- Plasticos de Ingenieria*. (20 de 07 de 2016). Obtenido de PET Datos Tecnicos: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/PET/dtecnicos/dtecnicos.htm>
- Plonus, M. A. (1994). *Electromagnetismo aplicado*. España: REVERTÉ S.A.
- Prometec. (2017). *Relés de estado sólido*. Obtenido de Prometec: <http://www.prometec.net/reles-estado-solido/#>
- Proyecto y fabricación de máquinas para la trituración - molinos*. (2016). Obtenido de DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA: TRITURADORAS DE 2 ARBOLES: <http://www.tritotutto.com/es/descripcion-de-la-maquina-trituradoras-de-2-arboles>

- Proyecto y fabricación de máquinas para la trituración - molinos.* (2016). Obtenido de TRITURADORAS INDUSTRIALES DE CUATRO ARBOLES:
<http://www.tritotutto.com/es/trituradoras-industriales-de-cuatro-arboles>
- RAISA. (2016). *Reductor de velocidad.*
- RENOLD. (2017). *Renold Synergy.* Obtenido de Renold Chain Selector:
<http://www.renoldchainselector.com/ChainSelector>
- Riba, C. (2002). *Diseño concurrente.*
- Rossi, M. (1979). *Estampado en frío de la chapa* (9na ed.). Madrid: DOSSAT.
- Saéz, A., & Urdaneta G., J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe.
- Segrave, K. (2002). *Vending Machines.* United States of America: Mc Farland & Company.
- TOMRA. (s.f.). *TOMRA.* Obtenido de OUR HISTORY:
<https://www.tomra.com/en/about-us/history/>
- Villalba, D. (2016). Director de Gestion Ambiental GAD-I. (R. Martinez, Entrevistador)
- Vilora, J. R. (2014). Motores de corriente continua. En J. R. Vilora, *Motores de corriente continua, Motorización de máquinas y vehículos.* (págs. 10-10). España: Parainfo.
- Wellington, M. (2006). The Status of Recycling in Philadelphia: Analysis and Recommendations for Philadelphia Floundering Recycling Program. *University of Pennsylvania*, 11-12.
- Wincor Nixdorf.* (2016). Obtenido de Reverse Vending Systems: http://www.wincornixdorf.com/internet/site_EN/EN/Products/Hardware/Retail/ReverseVending/Revento9020/Container.html
- Winklhofer, J., & Sohne. (2006). *Chain engineering. Design and construction.* Alemania. Obtenido de Chain engineering.
- Wisdom, J. (S.f.). *HeracoLights.* Obtenido de 3528 vs 5050 vs 5630 LED SMD Diodes: <https://heracolights.com/2014/03/10/3528-vs-5050-vs-5630-led-smd-diodes/>
- Ziegler, K., Holzkamp, E., Breil, H., & Martin, H. (1955). Das Mülheimer Normaldruck-Polyäthylen-Verfahren. *Angewandte Chemie*, 541-547.

ANEXOS

ANEXO 1. Casa de la calidad

Características técnicas <i>Importancia para el usuario</i>	Requerimientos del usuario	Diseño estructural	Dimensionamiento del sistema de admisión	Resistencia al desgaste	Dimensionamiento del reservorio	Protección de circuitos	Sistema de impresión	Facilidad de Mantenimiento	Evaluación competitiva (5 es optimo)			Ponderación	Porcentaje	
									Empresa	Competencia A	Competencia B			
Altura de la máquina	5	9	3	3	1	1	3	1	5	5	5	5	21,1	
Identificación botellas PET	9	1	1	1	1	1	1	1	5	3	4	4	16,9	
Reducción de la botella	9	1	9	9	9	9	9	1	4	4	4	4	16,9	
Almacene 1000 botellas	4	1	1	3	9	3	3	9	3	1	4	2,7	11,3	
Protección	7	1	1	9	1	1	9	9	5	2	3	3,3	14,1	
Impresión de tickets	8	9	1	9	1	9	9	3	5	1	1	2,3	9,86	
Fácil de manipular	6	9	1	1	1	1	1	3	5	1	1	2,3	9,86	
Ponderación de importancia		8	9	9	8	7	9	6				24	100	
		Soportar todos los sistemas	Adecuar para los distintos tamaños de botellas	Factor de seguridad > 1.25	Cantidad de botellas	Desconexión ante cortocircuito	tamaño del papel	Facil de mantenimiento	ESCALA DE IMPORTANCIA 9 = ALTA 3 = MEDIANA 1 = BAJA					

ANEXO 2. Características de poliamida-nylon



TECACOMP® PA66 CF20 HI black 4139 - Compounds

Chemical Designation

PA 66 (Polyamide 66)

Colour

black

Density

1.22 g/cm³

Fillers

carbon fibres, heat stabilized

<i>Mechanical properties</i>	<i>parameter</i>	<i>value</i>	<i>unit</i>	<i>norm</i>	<i>comment</i>
Modulus of elasticity (tensile test)	50 mm/min	15000	MPa	DIN EN ISO 527-1	
Tensile strength	50 mm/min	206	MPa	DIN EN ISO 527-1	
Elongation at break	50 mm/min	2,4	%	DIN EN ISO 527-1	
Impact strength (Charpy)		47	kJ/m ²	DIN EN ISO 179-1eU	
<i>Thermal properties</i>	<i>parameter</i>	<i>value</i>	<i>unit</i>	<i>norm</i>	<i>comment</i>
Glass transition temperature		5 / 72	°C	DIN 53765	1) (1) moisture
Melting temperature		260	°C	DIN 53765	
Service temperature	short term	170	°C	-	
Service temperature	long term	110	°C	-	
<i>Other properties</i>	<i>parameter</i>	<i>value</i>	<i>unit</i>	<i>norm</i>	<i>comment</i>
Viscosity number	solution 0,005 g/ml sulphuric acid	217	ml/g	DIN EN ISO 307	
<i>Processing parameter</i>	<i>parameter</i>	<i>value</i>	<i>unit</i>	<i>norm</i>	<i>comment</i>
Cylinder/processing temperature		280 - 300	°C	-	
Mould temperature		80 - 120	°C	-	
Material temperature		290 - 300	°C	-	

→ This material can be processed as a thermoplastic taking the normal technical provisions into account. The above mentioned information refers exclusively to the injection moulding process.

→ Processing should be carried out as gently as possible, in order to maintain the maximum fibre length in the component. Back pressure and injection rate should be adjusted to the component geometry accordingly. The optimum processing temperature depends upon the respective geometry of the moulded part and can be different from machine to machine.

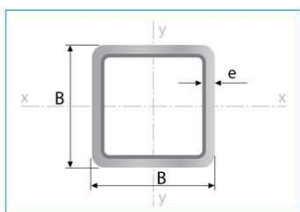
<i>Predrying</i>	<i>parameter</i>	<i>value</i>	<i>unit</i>	<i>norm</i>	<i>comment</i>
Permissible residual moisture content		< 0,1	%	-	
Drying temperature		80	°C	-	
Drying time		4 - 8	h	-	

→ In order to achieve optimum mechanical properties, pre-drying of the material is recommended with the parameters mentioned above.

→ Granulate should preferably be stored in dry rooms at normal temperatures and be protected from direct sunlight.

Our information and statements reflect to current state of our knowledge and shall inform about the products and their applications. They do not assure or guarantee chemical resistance, quality of products and their merchantability in a legally binding way. Our products are not defined for the use in medical or dental implants. Existing commercial patents have to be observed. The corresponding values and information are no minimum or maximum values, but guideline values that can be used primarily for comparison purposes for material selection. These values are within the normal tolerance range of product properties and do not represent guaranteed property values. Therefore they shall not be used for specification purposes. Unless otherwise noted, these values were determined by tests on injection moulded samples.

ANEXO 3. Características de tubería estructural cuadrada



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
ASTM A 500 Gr. A, B ó C
Norma de Fabricación:
NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,50 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

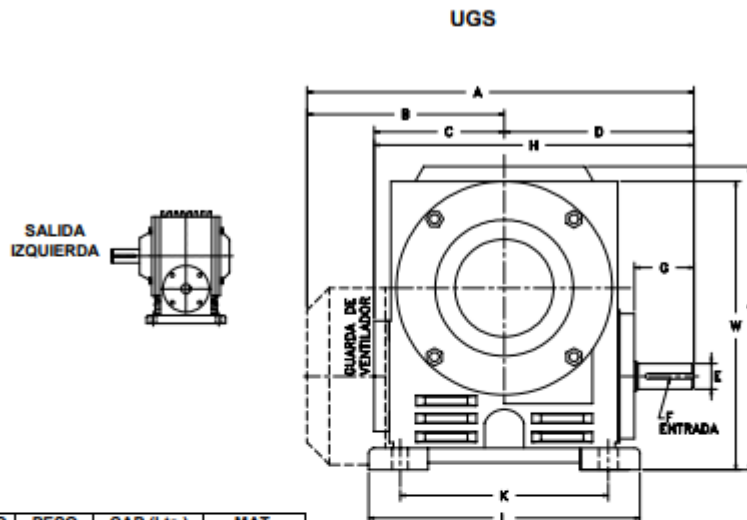
- **Aplicaciones**
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
 - Agroganadera: maquinaria e implementos industriales, agrícolas, avícolas y ganaderos.
 - Señalización y vialidad: soportes.
 - Aparatos de gimnasia y fitness.
 - Construcción: columnas.
 - Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x' = y-y'			
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,50	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2,00	4,64	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,79
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,12	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	38,92	10,38	2,99
	1,80	5,19	4,07	45,95	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,32	80,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	88,87	19,75	3,58
	2,50	8,59	6,74	108,57	24,13	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,35	10,48	162,02	36,01	3,48
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80
125	3,00	14,41	11,31	354,53	56,73	4,96
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,87	88,46	4,87
	6,00	27,63	21,69	641,41	102,63	4,82
135	3,00	15,61	12,25	449,88	66,65	5,37
	4,00	20,55	16,13	581,80	86,19	5,32
	5,00	25,36	19,90	705,16	104,47	5,27
	6,00	30,03	23,58	820,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,76	83,03	5,98
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,93
	5,00	28,36	22,26	982,37	130,98	5,89
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,86	5,84

Fuente: Catalogo IPAC

ANEXO 4. Características del reductor



MODELO	PESO	CAP (Lts.)	MAT.
45	4.5	0.2	Aluminio
51	6.3	0.27	Aluminio
63	8.5	0.5	Aluminio
76	18	0.75	Aluminio
90	26	0.85	Aluminio
102	36	1	Aluminio

MODELO	A	B	C	D	H	G	E (ϕ)	F (Cuñero)	W	J	K	L
45			2 3/4	4 7/16	7 3/16	1 1/2	5/8	3/16x3/32x1-1/8		6.625	3.25	5.125
			69.85	112.71	182.563	38.1	15.875			168.3	82.55	130.2
51			3 1/8	5 7/16	8 19/32	2	3/4	3/16x3/32x1-7/8		7.875	4.25	5.75
			80.1624	138.11	218.281	48.4124	19.05			200	108	146.1
63			7 3/16	5 3/8	8 13/16	1 9/16	3/4	3/16x3/32x1-1/2		8.75	5.75	6.75
			182.5498	136.53	223.825	39.6748	19.05			222.3	146.1	171.5
76	13	6 5/8		6 3/8		2	7/8	3/16x3/32x1-5/8	9.812	10.31	7	9.125
	330.2	168.275		161.93		50.8	22.225		249.2	261.9	177.8	231.8
90	13 7/8	6 7/8		7		2 3/8	1	1/4x1/8x1-15/16	11.25	12	7.75	9.25
	352.425	174.625		177.8		60.325	25.4		285.8	304.8	196.9	235
102	14 5/16	7 1/16		7 1/4		2 5/16	1 1/8	1/4x1/8x2-1/16	13.25	13.94	8.5	10.13
	363.5248	179.3748		184.15		58.7248	28.575		336.6	354	215.9	257.2




UGS-51 UGSA-51 UGSV-51 y UGSC-51

UGS-63 UGSA-63 UGSV-63 y UGSC-63

Reduccion Nominal	Descripcion de la capacidad	Velocidad de entrada			Reduccion Nominal	Descripcion de la capacidad	Velocidad de entrada		
		1750	1150	870			1750	1150	870
5	Pot. Entrada HP	2.4	1.98	1.73	5	Pot. Entrada HP	4.14	3.37	2.81
	Pot. Salida HP	2.12	1.7	1.5		Pot. Salida HP	3.81	3.08	2.56
	Par Salida Kg-cm	460	564	646		Par Salida Kg-cm	820	1000	1110
	Vel. Salida RPM	350	230	174		Vel. Salida RPM	350	230	174
7.5	Pot. Entrada HP	2	1.65	1.44	7.5	Pot. Entrada HP	3.59	2.85	2.35
	Pot. Salida HP	1.72	1.4	0.12		Pot. Salida HP	3.27	2.6	2.13
	Par Salida Kg-cm	548	676	759		Par Salida Kg-cm	990	1190	1295
	Vel. Salida RPM	233	153	116		Vel. Salida RPM	233	153	116
10	Pot. Entrada HP	1.61	1.34	1.12	10	Pot. Entrada HP	2.88	2.27	1.87
	Pot. Salida HP	1.32	1.06	0.89		Pot. Salida HP	2.58	2.02	1.66
	Par Salida Kg-cm	600	759	836		Par Salida Kg-cm	1030	1230	1338
	Vel. Salida RPM	175	115	87		Vel. Salida RPM	175	115	87
15	Pot. Entrada HP	1.22	1	0.85	15	Pot. Entrada HP	2.08	1.62	1.33
	Pot. Salida HP	0.97	0.9	0.65		Pot. Salida HP	1.78	1.38	1.12
	Par Salida Kg-cm	647	792	862		Par Salida Kg-cm	1140	1350	1450
	Vel. Salida RPM	117	77	58		Vel. Salida RPM	117	77	58
20	Pot. Entrada HP	1.02	0.82	0.69	20	Pot. Entrada HP	1.66	1.28	1.05
	Pot. Salida HP	0.71	0.56	0.46		Pot. Salida HP	1.37	1.04	0.85
	Par Salida Kg-cm	740.6	835	899		Par Salida Kg-cm	1160	1350	1450
	Vel. Salida RPM	88	58	44		Vel. Salida RPM	88	58	44
25	Pot. Entrada HP	0.86	0.69	0.57	25	Pot. Entrada HP	1.46	1.17	0.98
	Pot. Salida HP	0.58	0.45	0.36		Pot. Salida HP	1.15	0.91	0.75
	Par Salida Kg-cm	714.3	836	897		Par Salida Kg-cm	1195	1430	1557
	Vel. Salida RPM	70	46	35		Vel. Salida RPM	70	46	35
30	Pot. Entrada HP	0.72	0.6	0.51	30	Pot. Entrada HP	1.25	0.99	0.81
	Pot. Salida HP	0.47	0.38	0.31		Pot. Salida HP	0.96	0.75	0.6
	Par Salida Kg-cm	690	834	903		Par Salida Kg-cm	1195	1420	1500
	Vel. Salida RPM	58	38	29		Vel. Salida RPM	58	38	29
40	Pot. Entrada HP	0.58	0.46	0.39	40	Pot. Entrada HP	0.97	0.75	0.63
	Pot. Salida HP	0.36	0.28	0.23		Pot. Salida HP	0.71	0.54	0.44
	Par Salida Kg-cm	703	808	858		Par Salida Kg-cm	1175	1360	1460
	Vel. Salida RPM	44	29	22		Vel. Salida RPM	44	29	22
50	Pot. Entrada HP	0.48	0.38	0.32	50	Pot. Entrada HP	0.8	0.62	0.52
	Pot. Salida HP	0.27	0.2	0.161		Pot. Salida HP	0.54	0.42	0.33
	Par Salida Kg-cm	676	773	819		Par Salida Kg-cm	1128	1315	1396
	Vel. Salida RPM	35	23	17		Vel. Salida RPM	35	23	17
60	Pot. Entrada HP	0.39	0.31	0.26	60	Pot. Entrada HP	0.67	0.53	0.44
	Pot. Salida HP	0.22	0.16	0.13		Pot. Salida HP	0.43	0.33	0.27
	Par Salida Kg-cm	633	720	762		Par Salida Kg-cm	1065	1240	1340
	Vel. Salida RPM	29	19	15		Vel. Salida RPM	29	19	15
70	Pot. Entrada HP	0.3	0.25	0.2	70	Pot. Entrada HP	0.55	0.43	0.36
	Pot. Salida HP	0.16	0.12	0.1		Pot. Salida HP	0.34	0.26	0.21
	Par Salida Kg-cm	572	660	680		Par Salida Kg-cm	980	1132	1215
	Vel. Salida RPM	25	16	12		Vel. Salida RPM	25	16	12

Fuente: (RAISA, 2016)

ANEXO 5. Distribuido de chavetas

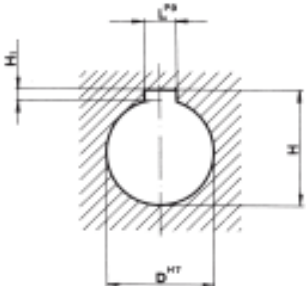
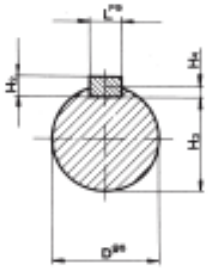


RODAVIGO, S.A.
RODAMIENTOS FIDEL, S.A.


www.rodavigo.net

+34 986 288118
Servicio de At. al Cliente

Chavetas y chaveteros DIN 6885

D ^{HT}	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	Eje L ^P	Volante L ^P	T
7	8	1	2	5,8	1,2	2	2	↑ ↓
8	9	1	2	6,8	1,2	2	2	
9	10,4	1,4	3	7,2	1,8	3	3	
10	11,4	1,4	3	8,2	1,8	3	3	
11	12,8	1,8	4	8,5	2,5	4	4	
12	13,8	1,8	4	9,5	2,5	4	4	
13	15,3	2,3	5	10	3	5	5	
14	16,3	2,3	5	11	3	5	5	
15	17,3	2,3	5	12	3	5	5	
16	18,3	2,3	5	13	3	5	5	
17	19,3	2,3	5	14	3	5	5	
18	20,8	2,8	6	14,5	3,5	6	6	
20	22,8	2,8	6	16,5	3,5	6	6	
22	24,8	2,8	6	18,5	3,5	6	6	
24	27,3	3,3	7	20	4	8	8	↑ ↓
25	28,3	3,3	7	21	4	8	8	
26	29,3	3,3	7	22	4	8	8	
27	31,3	3,3	7	24	4	8	8	
28	30,3	3,3	7	25	4	8	8	
30	33,3	3,3	7	26	4	8	8	
32	35,3	3,3	8	27	5	10	10	
34	37,3	3,3	8	29	5	10	10	
35	38,3	3,3	8	30	5	10	10	
36	39,3	3,3	8	31	5	10	10	



Serie 28000 / 17

Polígono Industrial O Rebulón s/n. 36416 - Mos - España - rodavigo@rodavigo.com

ANEXO 6. Características del arduino y conexiones



Product Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Index

Technical Specifications

Page 2

How to use Arduino
Programming Environment, Basic Tutorials

Page 6

Terms & Conditions

Page 7

Environmental Policies
half sqm of green via Impatto Zero®

Page 7



radiospares RADIONICS



Technical Specification

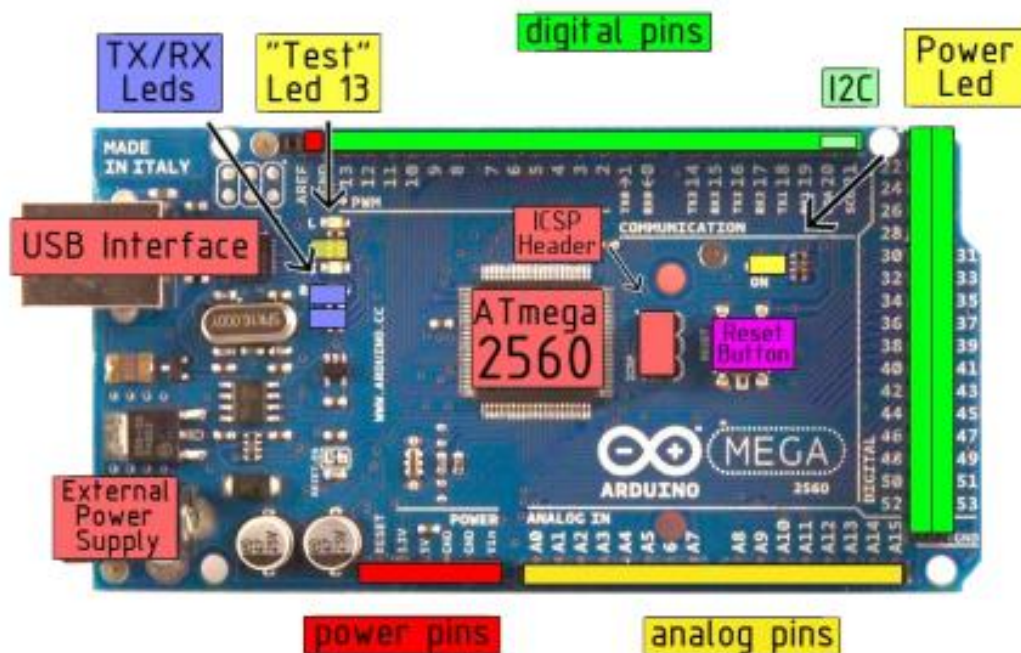


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **5V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial:** 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts:** 2 (Interrupt 0), 3 (Interrupt 1), 18 (Interrupt 6), 19 (Interrupt 4), 20 (Interrupt 3), and 21 (Interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM:** 0 to 13. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI:** 60 (MISO), 61 (MOSI), 62 (SCK), 63 (SS). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED:** 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **PC:** 20 (SDA) and 21 (SCL). Support PC (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the PC pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

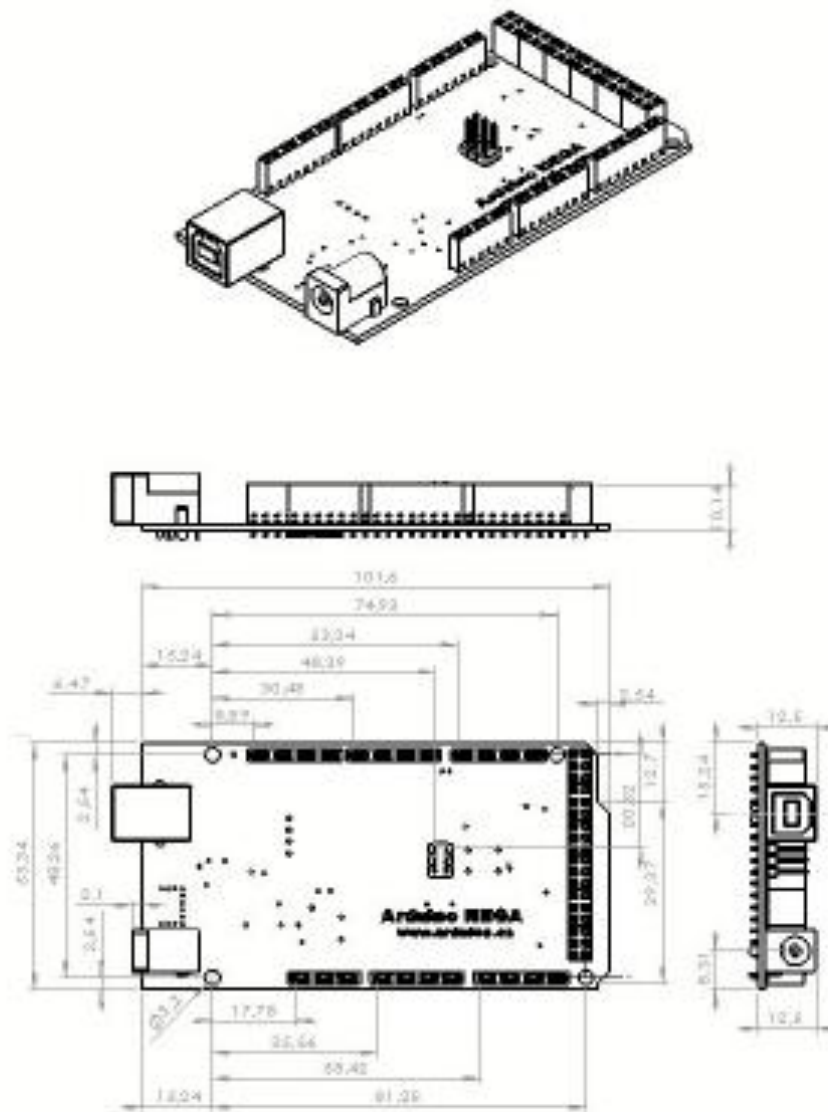


radiospares

RADIONICS



Dimensioned Drawing



radiospares RADIONICS



ANEXO 7. Características del rele.

SONGLE RELAY

勝特力材料 886-3-5753170 勝特力电子(上海) 86-21-34970699 勝特力电子(深圳) 86-755-83298787 Http://www.100y.com.tw	RELAY ISO9002	SRD
--	----------------------	------------



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL,CUL,TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
 - Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
 (Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

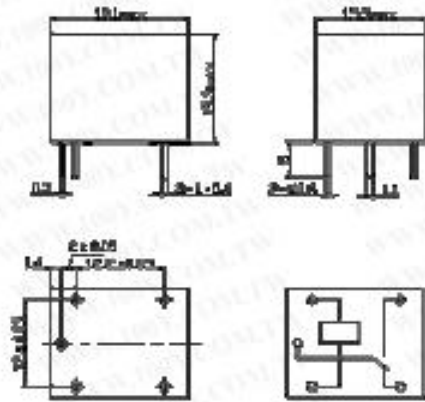
3. ORDERING INFORMATION

SRD	XX VDC	S	L	C
Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil	Contact form
SRD	03 D5 D6 D9 D2 D4 H8 VDC	S: Sealed type F-Flux free type	L: 0.36W D: 0.45W	A: 1 form A B: 1 form B C: 1 form C

4. RATING

CCC	FILE NUMBER: CQC03001003729	7A/240VDC
CCC	FILE NUMBER: CQC03001003731	10A/250VDC
UL /CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC
TUV	FILE NUMBER: R50056114	10A/250VAC 30VDC

5. DIMENSION (unit:mm) DRILLING (unit:mm) WIRING DIAGRAM



6. COIL DATA CHART (AT20° C)

Coil Sensitivity	Coil Voltage Code	Nominal Voltage (VDC)	Nominal Current (mA)	Coil Resistance (Ω) □	Power Consumption (W)	Pull-In Voltage (VDC)	Drop-Out Voltage (VDC)	Max-Allowable Voltage (VDC)
SRD (High Sensitivity)	03	03	120	25	abt. 0.36W	75% Max.	10% Min.	120%
	05	05	71.4	70				
	06	06	60	100				
	09	09	40	225				
	12	12	30	400				
	24	24	15	1800				
SRD (Standard)	03	03	150	20	abt. 0.45W	75% Max.	10% Min.	110%
	05	05	89.3	55				
	06	06	75	80				
	09	09	50	180				
	12	12	37.5	320				
	24	24	18.7	1280				
	48	48	10	4500	abt. 0.51W			

7. CONTACT RATING

Item	Type	
	FORM C	SRD FORM A
Contact Capacity	7A	10A 30VDC
Resistive Load (cosφ=1)	30VDC	10A 240VAC
Inductive Load (cosφ=0.4 L/R=7msec)	10A 125VAC	5A 120VAC
	10A 250VAC	5A 28VDC
Max. Allowable voltage	3A 120VAC	250VAC/110VDC
	3A 28VDC	1200VA/300W
Max. Allowable Power Force	250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Contact Material	AgCdO	AgCdO

8. PERFORMANCE (at initial value)

Item	Type	SRD
Contact Resistance		100mΩ Max.
Operation Time		10msec Max.
Release Time		5msec Max.
Dielectric Strength	Between coil & contact	1500VAC 50/60HZ (1 minute)
	Between contacts	1000VAC 50/60HZ (1 minute)
Insulation Resistance		100 MΩ Min. (500VDC)
Max. ON/OFF Switching		
Mechanically		300 operation/min
Electrically		30 operation/min
Ambient Temperature		-25°C to +70 C
Operating Humidity		45 to 85% RH
Vibration	Endurance	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
	Error Operation	10 to 55Hz Double Amplitude 1.5mm
Shock	Endurance	100G Min.
	Error Operation	10G Min.
Life Expectancy		
Mechanically		10 ⁷ operations Min. (no load)
Electrically		10 ⁵ operations Min. (at rated coil voltage)
Weight		abt. 10grs.

9. REFERENCE DATA



特力材料 886-3-5753170

ANEXO 8. Características del rele estado solido.

OMRON

Solid State Relay G3MB

Low cost Subminiature PCB mounting 2 amp Single in-line package (SIP) SSR

- Bottom is approximately 3 times smaller than G3M.
- Low cost "SIP" package switches up to 2A loads.
- Built in Snubber circuit and input resistor as option.
- Two footprints available for design flexibility.
- The G3MB-202PEG-4-DC20MA crosses directly to the Motorola MOC2A-60 series power triac.



Ordering Information

To Order: Specify input voltage at end of part number. Example: G3MB-202P-DC24

Isolation	Output terminal pitch	Zero cross	Input resistor	Built-in snubber circuit	Rated output load	Rated input voltage	Model
Phototriac	7.62 mm	Yes	Yes	Yes	2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202P
						12 VDC	
		No	2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202PL		
				12 VDC			
	5.08 mm	Yes	No	No	2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202P-4
						12 VDC	
		No	2 A at 100 to 240 VAC	5 VDC	G3MB-202PL-4		
				12 VDC			
Yes	No	No	2 A at 100 to 240 VAC	N/A *(See Note)	G3MB-202PEG-4-DC20MA		
No				2 A at 100 to 240 VAC		N/A *(See Note)	G3MB-202PLEG-4-DC20MA

Note: 1. For versions without input voltage specified, a current limiting resistor must be placed in series with the input. See LED drive specifications and recommendations below.

2. TUV versions available. Contact your local Omron representative.

Specifications

■ Input Rating

Models with Input Resistor

Rated voltage	Operating range	Input impedance
5 VDC	4 to 6 VDC	440 Ω ±20%
12 VDC	9.60 to 14.40 VDC	1k Ω ±20%
24 VDC	19.20 to 28.80 VDC	2.20k Ω ±20%

■ Output Rating

Model	Rated load voltage	Load voltage range	Load current	Surge current
G3MB-202	100 to 240 VAC	75 to 264 VAC	0.10 to 2 A	30 A (50 Hz, 1 cycle)

■ LED Drive Data

Models without Input Resistor

LED forward current	50 mA max.
Repetitive peak LED forward current	1 A max.
LED reverse voltage	5 V max.

■ Recommended LED Operating Conditions

Models without Input Resistor

	Min.	Standard	Max.
LED forward current	5 mA	10 mA	20 mA
Must drop voltage	0	—	1 V

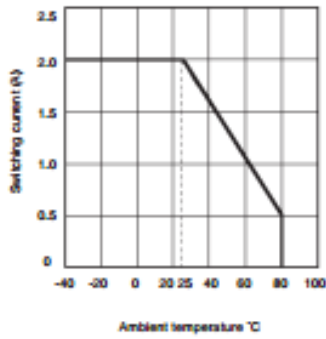
■ Characteristics

Type		G3MB-202P G3MB-202PEG	G3MB-202PL G3MB-202PLEG
Operate time		1/2 of load power source cycle + 1 ms max.	1 ms max.
Release time		1/2 of load power source cycle + 1 ms max.	
Output ON voltage drop		1.60 V (RMS) max.	
Leakage current		1 mA max. at 100 VAC, 1.50 mA at 200 VAC	
Non-repetitive peak surge		30 A	
Output	PIV (V _{peak})	600 V	
	di/dt	40 A/μs	
	dv/dt	100 V/μs	
	PI	4 A ² s	
Junction temperature (T _j)		125°C (257°F) max.	
Insulation resistance		1,000 MΩ min. at 500 VDC	
Dielectric strength		2500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute; 3750 VAC max., 1 second	
Vibration	Malfunction	10 to 55 Hz, 0.75 mm (0.03 in) double amplitude, approx. 5 G	
Shock	Malfunction	Approx. 100 G	
Ambient temperature	Operating	-30° to 80°C (-22° to 176°F) with no icing	
	Storage	-30° to 100°C (-22° to 212°F) with no icing	
Humidity	Operating	45% to 85% RH	
Weight		Approx. 5 g (0.18 oz)	

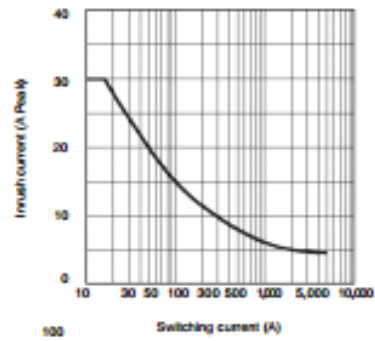
Note: Data shown are of initial value.

■ Characteristic Data

Load current vs. ambient temperature characteristics



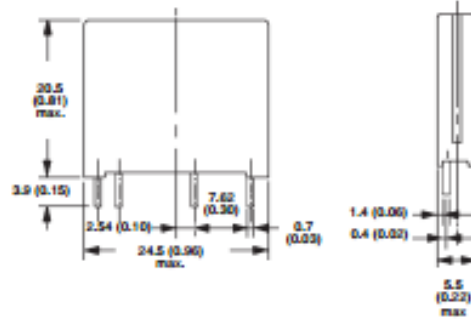
Inrush current resistivity
Non-repetitive (Keep the inrush current to half the rated value if it occurs repetitively.)



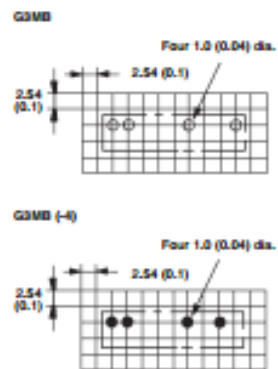
Dimensions

Unit: mm (Inch)

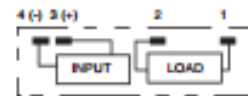
■ Relays



PCB Dimensions
(Bottom view)



Terminal Arrangement/
Internal Connections
(Bottom view)



ANEXO 9. Características del modulo HX711.



HX711

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor's patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of $\pm 20\text{mV}$ or $\pm 40\text{mV}$ respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
 - normal operation $< 1.5\text{mA}$, power down $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 – 5.5V
- Operation temperature range: $-40 - +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

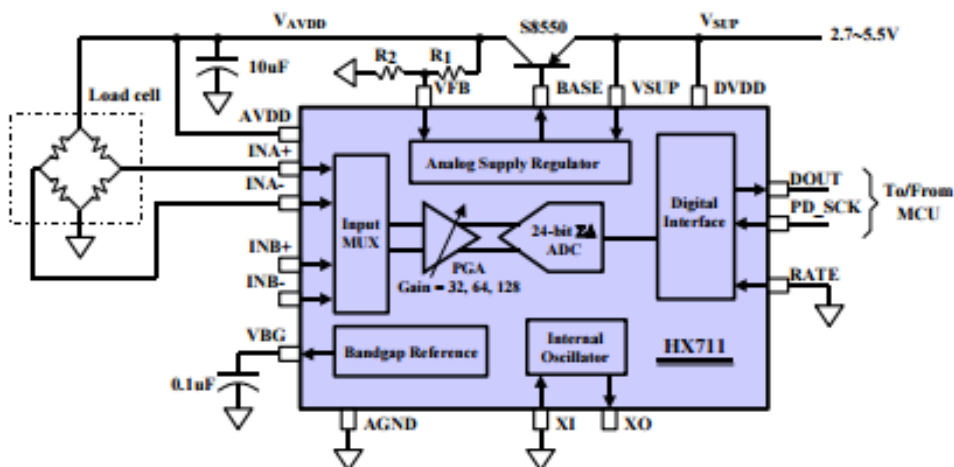
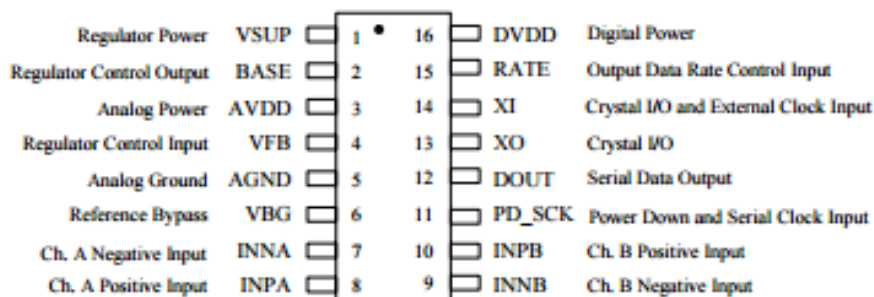


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Pin Description

SOP-16L Package

Pin #	Name	Function	Description
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output (NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input (connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

Table 1 Pin Description

KEY ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Parameter	Notes	MIN	TYP	MAX	UNIT
Full scale differential input range	$V(\text{inp}) - V(\text{inn})$	$\pm 0.5(AVDD/GAIN)$			V
Common mode input		AGND+1.2		AVDD-1.3	V
Output data rate	Internal Oscillator, RATE = 0		10		Hz
	Internal Oscillator, RATE = DVDD		80		
	Crystal or external clock, RATE = 0		$f_{\text{clk}}/1,105,920$		
	Crystal or external clock, RATE = DVDD		$f_{\text{clk}}/138,240$		
Output data coding	2's complement	800000		7FFFFFFF	HEX
Output settling time ⁽¹⁾	RATE = 0		400		ms
	RATE = DVDD		50		
Input offset drift	Gain = 128		0.2		mV
	Gain = 64		0.4		
Input noise	Gain = 128, RATE = 0		50		nV(rms)
	Gain = 128, RATE = DVDD		90		
Temperature drift	Input offset (Gain = 128)		±6		nV/°C
	Gain (Gain = 128)		±5		ppm/°C
Input common mode rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Power supply rejection	Gain = 128, RATE = 0		100		dB
Reference bypass (V _{BG})			1.25		V
Crystal or external clock frequency		1	11.0592	20	MHz
Power supply voltage	DVDD	2.6		5.5	V
	AVDD, VSUP	2.6		5.5	
Analog supply current (including regulator)	Normal		1400		µA
	Power down		0.3		
Digital supply current	Normal		100		µA
	Power down		0.2		

(1) Settling time refers to the time from power up, reset, input channel change and gain change to valid stable output data.

Table 2 Key Electrical Characteristics

ANEXO 10. Características de la celda de carga

Datasheet

3133 - Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635



Contents

- 1 What do you have to know?
 - 1 How does it work - For curious people
 - 1 Installation
 - 2 Calibration
 - 2 Product Specifications
 - 3 Glossary
-

What do you have to know?

A load cell is a force sensing module - a carefully designed metal structure, with small elements called strain gauges mounted in precise locations on the structure. Load cells are designed to measure a specific force, and ignore other forces being applied. The electrical signal output by the load cell is very small and requires specialized amplification. Fortunately, **the 1046 PhidgetBridge will perform all the amplification and measurement of the electrical output.**

Load cells are designed to measure force in one direction. They will often measure force in other directions, but the sensor sensitivity will be different, since parts of the load cell operating under compression are now in tension, and vice versa.

How does it work - For curious people

Strain-gauge load cells convert the load acting on them into electrical signals. The measuring is done with very small resistor patterns called strain gauges - effectively small, flexible circuit boards. The gauges are bonded onto a beam or structural member that deforms when weight is applied, in turn deforming the strain-gauge. As the strain gauge is deformed, its electrical resistance changes in proportion to the load.

The changes to the circuit caused by force is much smaller than the changes caused by variation in temperature. Higher quality load cells cancel out the effects of temperature using two techniques. By matching the expansion rate of the strain gauge to the expansion rate of the metal it's mounted on, undue strain on the gauges can be avoided as the load cell warms up and cools down. The most important method of temperature compensation involves using multiple strain gauges, which all respond to the change in temperature with the same change in resistance. Some load cell designs use gauges which are never subjected to any force, but only serve to counterbalance the temperature effects on the gauges that measuring force. Most designs use 4 strain gauges, some in compression, some under tension, which maximizes the sensitivity of the load cell, and automatically cancels the effect of temperature.

Installation

This Single Point Load Cell is used in small jewelry scales and kitchen scales. It's mounted by bolting down the end of the load cell where the wires are attached, and applying force on the other end **in the direction of the arrow**. Where the force is applied is not critical, as this load cell measures a shearing effect on the beam, not the bending of the beam. If you mount a small platform on the load cell, as would be done in a small scale, this load cell provides accurate readings regardless of the position of the load on the platform.



Calibration

A simple formula is usually used to convert the measured mv/V output from the load cell to the measured force:

$$\text{Measured Force} = A * \text{Measured mv/V} + B \text{ (offset)}$$

It's important to decide what unit your measured force is - grams, kilograms, pounds, etc.

This load cell has a rated output of $1.0 \pm 0.15 \text{ mv/v}$ which corresponds to the sensor's capacity of 5kg.

To find A we use

$$\text{Capacity} = A * \text{Rated Output}$$

$$A = \text{Capacity} / \text{Rated Output}$$

$$A = 5 / 1.0$$

$$A = 5$$

Since the Offset is quite variable between individual load cells, it's necessary to calculate the offset for each sensor. Measure the output of the load cell with no force on it and note the mv/V output measured by the PhidgetBridge.

$$\text{Offset} = 0 - 5 * \text{Measured Output}$$

Product Specifications	
Mechanical	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	5kg
Dimensions	55.25x12.7x12.7mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	550mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
Electrical	
Precision	0.05%
Rated Output	$1.0 \pm 0.15 \text{ mv/V}$
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Repeatability	0.05% FS
Creep (per 30 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.05% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS
Zero Balance	$\pm 1.5\% \text{ FS}$
Input Impedance	$1130 \pm 10 \text{ Ohm}$
Output Impedance	$1000 \pm 10 \text{ Ohm}$
Insulation Resistance (Under 50VDC)	$\geq 5000 \text{ MOhm}$
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to $\sim +40^\circ\text{C}$
Operating Temperature Range	-20 to $\sim +55^\circ\text{C}$
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

Fuente: <http://www.robotshop.com> celdas de carga

ANEXO 11. Tabla de relación de transmisiones piñón-corona

Tabla de transmisiones

CORONAS		22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
PIÑONES	8	2,75	2,88	3,00	3,13	3,25	3,38	3,50	3,63	3,75	3,88	4,00	4,13	4,25
	9	2,44	2,56	2,67	2,78	2,89	3,00	3,11	3,22	3,33	3,44	3,56	3,67	3,78
	10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40
	11	2,00	2,09	2,18	2,27	2,36	2,45	2,55	2,64	2,73	2,82	2,91	3,00	3,09
	12	1,83	1,92	2,00	2,08	2,17	2,25	2,33	2,42	2,50	2,58	2,67	2,75	2,83
	13	1,69	1,77	1,85	1,92	2,00	2,08	2,15	2,23	2,31	2,38	2,46	2,54	2,62
	14	1,57	1,64	1,71	1,79	1,86	1,93	2,00	2,07	2,14	2,21	2,29	2,36	2,43
	15	1,47	1,53	1,60	1,67	1,73	1,80	1,87	1,93	2,00	2,07	2,13	2,20	2,27
	16	1,38	1,44	1,50	1,56	1,63	1,69	1,75	1,81	1,88	1,94	2,00	2,06	2,13
17	1,29	1,35	1,41	1,47	1,53	1,59	1,65	1,71	1,76	1,82	1,88	1,94	2,00	
18	1,22	1,28	1,33	1,39	1,44	1,50	1,56	1,61	1,67	1,72	1,78	1,83	1,89	

CORONAS		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
PIÑONES	8	4,38	4,50	4,63	4,75	4,88	5,00	5,13	5,25	5,38	5,50	5,63	5,75	5,88
	9	3,89	4,00	4,11	4,22	4,33	4,44	4,56	4,67	4,78	4,89	5,00	5,11	5,22
	10	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70
	11	3,18	3,27	3,36	3,45	3,55	3,64	3,73	3,82	3,91	4,00	4,09	4,18	4,27
	12	2,92	3,00	3,08	3,17	3,25	3,33	3,42	3,50	3,58	3,67	3,75	3,83	3,92
	13	2,69	2,77	2,85	2,92	3,00	3,08	3,15	3,23	3,31	3,38	3,46	3,54	3,62
	14	2,50	2,57	2,64	2,71	2,79	2,86	2,93	3,00	3,07	3,14	3,21	3,29	3,36
	15	2,33	2,40	2,47	2,53	2,60	2,67	2,73	2,80	2,87	2,93	3,00	3,07	3,13
	16	2,19	2,25	2,31	2,38	2,44	2,50	2,56	2,63	2,69	2,75	2,81	2,88	2,94
17	2,06	2,12	2,18	2,24	2,29	2,35	2,41	2,47	2,53	2,59	2,65	2,71	2,76	
18	1,94	2,00	2,06	2,11	2,17	2,22	2,28	2,33	2,39	2,44	2,50	2,56	2,61	

CORONAS		48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
PIÑONES	8	6,00	6,13	6,25	6,38	6,50	6,63	6,75	6,88	7,00	7,13	7,25	7,38	7,50
	9	5,33	5,44	5,56	5,67	5,78	5,89	6,00	6,11	6,22	6,33	6,44	6,55	6,66
	10	4,80	4,90	5,00	5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00
	11	4,36	4,45	4,55	4,64	4,73	4,82	4,91	5,00	5,09	5,18	5,27	5,36	5,45
	12	4,00	4,08	4,17	4,25	4,33	4,42	4,50	4,58	4,67	4,75	4,83	4,92	5,00
	13	3,69	3,77	3,85	3,92	4,00	4,08	4,15	4,23	4,31	4,39	4,47	4,55	4,63
	14	3,43	3,50	3,57	3,64	3,71	3,79	3,86	3,93	4,00	4,07	4,14	4,21	4,28
	15	3,20	3,27	3,33	3,40	3,47	3,53	3,60	3,67	3,73	3,80	3,87	3,94	4,00
	16	3,00	3,06	3,13	3,19	3,25	3,31	3,38	3,44	3,50	3,56	3,62	3,68	3,75
17	2,82	2,88	2,94	3,00	3,06	3,12	3,18	3,24	3,29	3,35	3,41	3,47	3,53	
18	2,67	2,72	2,78	2,83	2,89	2,94	3,00	3,06	3,11	3,17	3,22	3,28	3,33	

↑ MAYOR ARRANQUE
↓ MAYOR VELOCIDAD FINAL

MAYOR ARRANQUE

MAYOR VELOCIDAD FINAL

CUANTO MAYOR ES EL FACTOR, MENOR VELOCIDAD FINAL Y MAYOR ARRANQUE
 CUANTO MENOR ES EL FACTOR, MAYOR VELOCIDAD FINAL Y MENOR ARRANQUE

Si su corona tiene 40 dientes y su piñón tiene 14 dientes su factor es 2,86, entonces deberá buscar cualquier otra combinación que este lo más cercana posible al factor original de 2,86 para obtener un mayor arranque o mayor velocidad final.

Si desea obtener un mayor arranque, sustituya su piñón por uno de 15 dientes y la corona por una de 43 dientes, siendo el factor resultante muy cercano al original (2,87).

Si desea obtener una mayor velocidad final, sustituya su piñón por uno de 13 dientes y la corona por una de 37 dientes, siendo el factor de 2,85 lo más parecido al original.

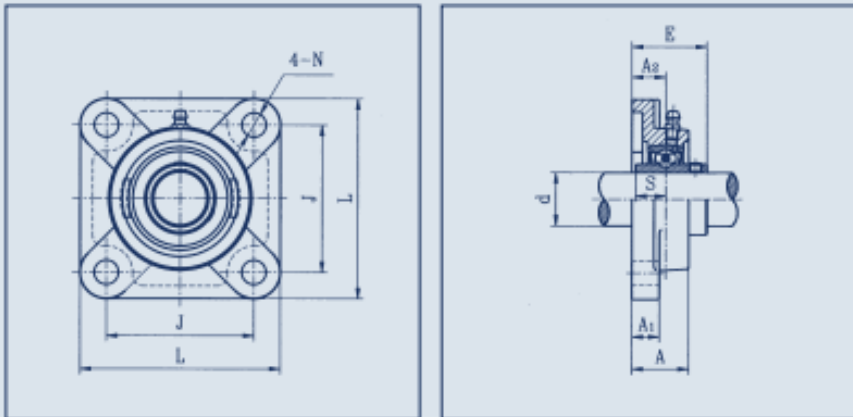
Otra cosa que puede hacer es variar la corona 1 ó 2 dientes para obtener mayor velocidad final o mayor arranque, pero el factor resultante no será el indicado.

ANEXO 12. Chumacera de pared

RODYTRANS
soluciones profesionales

SOPORTES FUNDICIÓN
Fijación por tornillo
UCF 2

10



The technical drawings show a square cast iron bearing with four mounting holes. The front view labels dimensions L (total width), J (width between mounting holes), A2 (height from center to top hole), A1 (height from center to bottom hole), A (total height), E (height of the central bearing surface), N (width of the central bearing surface), and S (width of the central bearing surface). The side view shows the bearing mounted on a shaft with diameter Ø, with labels A1, A, and S indicating dimensions related to the shaft and bearing assembly.

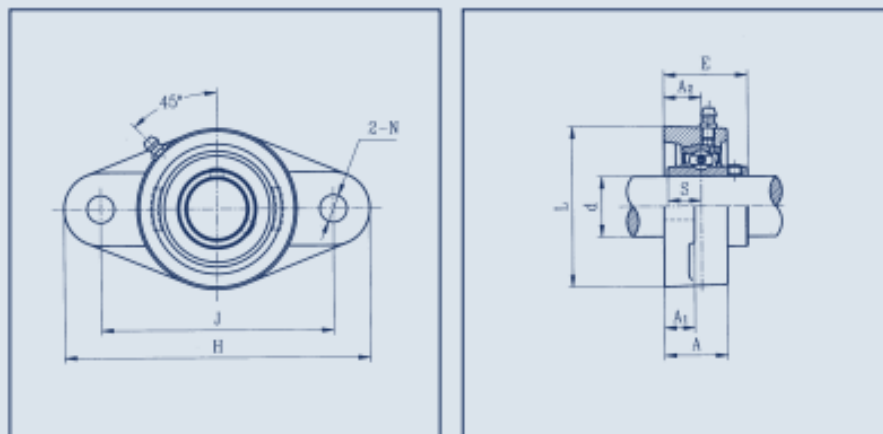
Nº UCL	Ø	Dimensiones (mm)									Métrica	Nº Rod.	Nº Caja	Peso Kg.
		L	J	A2	A1	A	E	N	S					
UCF-202	15	76	54	15	11	25,5	30,9	11,5	11,5	M10	UC202		0,57	
UCF-203	17	76	54	15	11	25,5	30,9	11,5	11,5	M10	UC203	F203	0,50	
UCF-204	20	86	64	15	15	25,5	33,3	11,5	12,7	M10	UC204	F204	0,61	
UCF-205	25	95	70	16	13	27	35,7	11,5	14,3	M10	UC205	F205	0,80	
UCF-206	30	106	83	18	13	31	40,2	11,5	15,9	M10	UC206	F206	1,07	
UCF-207	35	117	92	19	15	34	44,4	14	17,5	M12	UC207	F207	1,40	
UCF-208	40	130	102	21	15	36	51,2	14	19	M12	UC208	F208	1,80	
UCF-209	45	137	105	22	16	38	52,2	16	19	M14	UC209	F209	2,20	
UCF-210	50	143	111	22	16	40	54,6	18	19	M16	UC210	F210	2,40	
UCF-211	55	162	130	25	18	43	58,4	18	22,2	M16	UC211	F211	3,50	
UCF-212	60	175	143	29	18	48	68,7	18	25,4	M16	UC212	F212	4,20	
UCF-213	65	187	149	30	22	50	69,7	18	25,4	M16	UC213	F213	5,30	
UCF-214	70	193	152	31	22	54	75,4	18	30,2	M16	UC214	F214	5,90	
UCF-215	75	200	159	34	22	56	78,5	18	33,3	M16	UC215	F215	6,30	
UCF-216	80	206	165	34	22	57	83,3	22	33,3	M20	UC216	F216	7,30	
UCF-217	85	220	175	36	24	63	87,6	23	34,1	M20	UC217	F217	8,90	
UCF-218	90	235	187	40	25	68	95,3	23	39,7	M20	UC218	F218	11,6	

Fuente: Catálogo técnico RODYTRANS

ANEXO 13. Chumacera de pared

SOPORTES FUNDICIÓN
Fijación por tornillo
UCFL 2

11



Nº UNIDAD	Ø	Dimensiones (mm)									Métrica	Nº Rod.	Nº Caja	Peso Kg.
		H	J	L	A2	A1	A	E	N	S				
UCFL-202	15	99	76,5	57	15	11	25,5	30,9	11,5	11,5	M10	UC202		0,45
UCFL-203	17	99	76,5	57	15	11	25,5	30,9	11,5	11,5	M10	UC203	FL203	0,43
UCFL-204	20	113	90	60	15	11	25,5	33,3	11,5	12,7	M10	UC204	FL204	0,48
UCFL-205	25	130	99	68	16	13	27	35,7	11,5	14,3	M10	UC205	FL205	0,60
UCFL-206	30	148	117	80	18	13	31	40,2	11,5	15,9	M10	UC206	FL206	0,90
UCFL-207	35	161	130	90	19	14	34	44,4	14	17,5	M12	UC207	FL207	1,20
UCFL-208	40	175	144	100	21	14	36	51,2	14	19	M12	UC208	FL208	1,50
UCFL-209	45	188	148	108	22	16	38	52,2	18	19	M16	UC209	FL209	1,90
UCFL-210	50	197	157	115	22	16	40	54,6	18	19	M16	UC210	FL210	2,20
UCFL-211	55	224	184	130	25	18	43	58,4	18	22,2	M16	UC211	FL211	3,10
UCFL-212	60	250	202	140	29	18	48	68,7	18	25,4	M16	UC212	FL212	4,00
UCFL-213	65	258	210	155	30	20	50	69,7	23	25,4	M20	UC213	FL213	5,00
UCFL-214	70	265	216	160	31	20	54	75,4	23	30,2	M20	UC214	FL214	5,60
UCFL-215	75	275	225	164	34	22	55	78,5	23	33,3	M20	UC215	FL215	6,20
UCFL-216	80	290	233	180	34	22	58	83,3	25	33,3	M22	UC216	FL216	7,80
UCFL-217	85	305	248	190	36	22	63	87,6	25	34,1	M22	UC217	FL217	9,80
UCFL-218	90	320	265	205	40	23	68	96,3	25	39,7	M22	UC218	FL218	12,4

Fuente: Catálogo técnico RODYTRANS

ANEXO 15. Esquema eléctrico de potencia

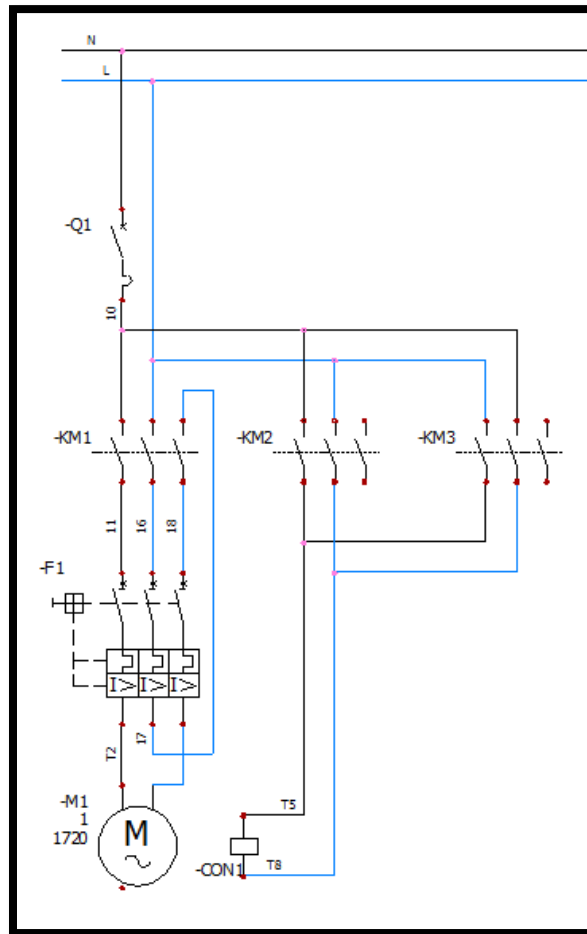


Tabla 34 Nomenclatura esquema eléctrico de potencia

NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCIÓN
N	Neutro en AC
L	Línea en AC
Q1	Disyuntor de 20 Amp. Parte de potencia
KM1	Contactador 18 Amp. Bobina de 110 VAC, AC3
KM2	Contactador 18 Amp. Bobina de 110 VAC, AC3
KM3	Contactador 18 Amp. Bobina de 110 VAC, AC3
F1	Guardamotor de 13 Amp.
M1	Motor monofásico de 110 VAC a 13 Amp.
CON1	Condensador interno del motor cambio de giro T5 Y T8

ANEXO 16. Esquema eléctrico de control

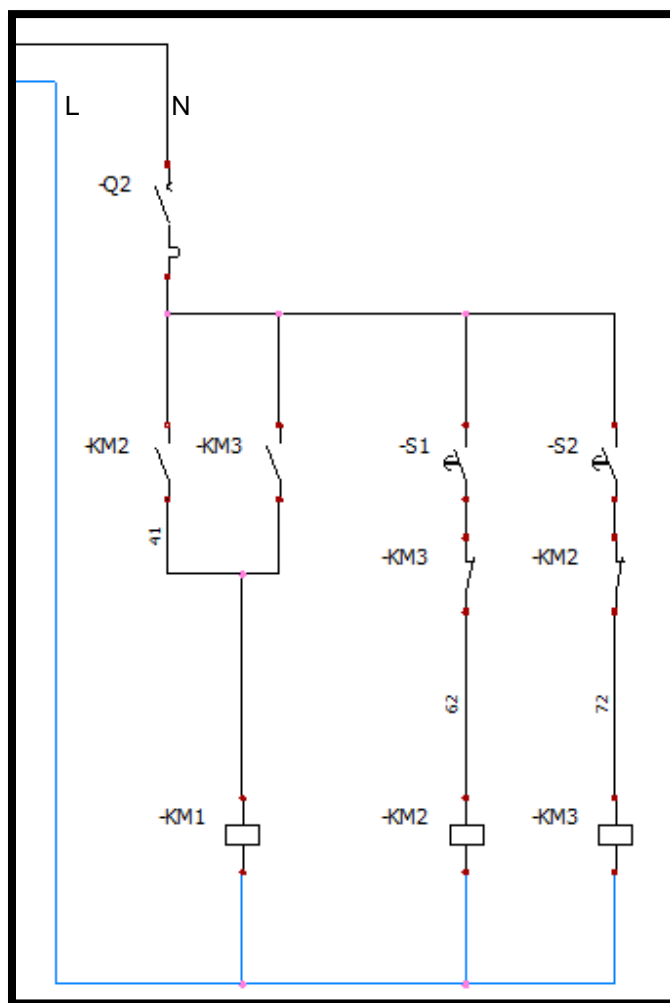


Tabla 35 Nomenclatura esquema eléctrico de control

NOMENCLATURA	
ITEM	DESCRIPCIÓN
N	Neutro en AC
L	Línea en AC
Q2	Disyuntor de 10 Amp. Parte de control
KM1	Bobina y contactos auxiliares NO y NC
KM2	Bobina y contactos auxiliares NO y NC
KM3	Bobina y contactos auxiliares NO y NC
S1	Señal módulo relé estado sólido
S2	Señal módulo relé estado sólido

ANEXO 17. Programación tarjeta de control Arduino

```

#include <HX711.h>    // LIBRERÍA CELDA DE CARGA
#define DOUT A1      // LIBRERÍA CELDA DE CARGA
#define CLK A0       // LIBRERÍA CELDA DE CARGA
HX711 balanza(DOUT, CLK); // LIBRERÍA CELDA DE CARGA

int i; //ASIGNO VARIABLE PARA LUCES
int j; //ASIGNO VARIABLE PARA LUCES

#include <Adafruit_NeoPixel.h> // LIBRERÍA LUCES RGB SMD 5050
#ifdef __AVR__                //LIBRERÍA LUCES RGB SMD 5050
#include <avr/power.h>        //LIBRERÍA LUCES RGB SMD 5050
#endif                        //LIBRERÍA LUCES RGB SMD 5050
#define PIN 9 //DEFINIMOS EL PIN A UTILIZAR EN EL ARDUINO
#define NUMPIXELS 16 // DEFINIMOS CANTIDAD DE LED RGB A IMPLEMENTARSE
Adafruit_NeoPixel pixels = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);

#include <Servo.h> //LIBRERÍA SERVOMOTOR
Servo servo1; //ACTIVO SERVOMOTOR CON SU LIBRERÍA
int angulo = 0 ;

int reles1 = 53;
int reles2 = 51;
int rele1 = 49;
int rele2 = 47;
int rele3 = 45;
int sensorfot=7;
int Leccsensorfot=0;
int sensorCap=6;
int LeccsensorCap=0;

void setup() {

```

```
#if defined (__AVR_ATtiny85__)
if (F_CPU == 16000000) clock_prescale_set(clock_div_1);
#endif

pixels.begin(); // This initializes the NeoPixel library.

pinMode(sensorfot,INPUT);
pinMode(sensorCap,INPUT);

pinMode(reles1, OUTPUT);
pinMode(reles2, OUTPUT);
pinMode(rele1, OUTPUT);
pinMode(rele2, OUTPUT);
pinMode(rele3, OUTPUT);
digitalWrite(reles1, HIGH);
digitalWrite(reles2, HIGH);
digitalWrite(rele1, HIGH);
digitalWrite(rele2, HIGH);
digitalWrite(rele3, HIGH);

Serial.begin(9600); // ESTABLECEMOS LA COMUNICACIÓN SERIAL
servo1.attach(8);
servo1.write(148);

Serial.print("Lectura del valor del ADC:t");
Serial.println(balanza.read());
Serial.println("No ponga ningun objeto sobre la balanza");
Serial.println("Destarando...");
Serial.println("...");
balanza.set_scale(210566.808); // ESTABLECEMOS LA ESCALA
balanza.tare(20); //EL PESO CTUAL ES CONSIDERADO TARA.

Serial.println("Listo para pesar");
```

```

for(j=0;j<16;j++) // ENCENDEMOS LOS LED RGB BLANCO
{
// R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
pixels.setPixelColor(j, pixels.Color(30,30,30));
pixels.show(); // Envia la accion al led NEOPIXEL
delay(50);
}
delay(5000); // espera 10 segundos para apagar los led
for(j=0;j<16;j++) // APAGAMOS LOS LEDS RGB BLANCO
{
// R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
pixels.setPixelColor(j, pixels.Color(0,0,0));
pixels.show(); // Envia la accion al led NEOPIXEL
delay(50);
}
digitalWrite(reles1, LOW);
delay(10000);
digitalWrite(reles1,HIGH);
}
void loop() {

Leccsensorfot= digitalRead(sensorfot);
LeccsensorCap= digitalRead(sensorCap);

Serial.print("Peso:t");
Serial.print(balanza.get_units(20),3);
Serial.println("kg");
Serial.print( "Leccsensorfot");
Serial.println(Leccsensorfot);
Serial.print( "LeccsensorCap");
Serial.println(LeccsensorCap);
delay(200);

```

```

if(balanza.get_units(20)<=-0.015 && balanza.get_units(20)>=-0.045 )
{
  servo1.write(148);
  delay(1000);
  if( Lecsensorfot==LOW )
  {
    Serial.println("");
    digitalWrite(rele2, LOW);
    for(i=0;i<16;i++)    // ENCENDEMOS LOS LED RGB AZUL
    {
      // R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,0,30));
      pixels.show();    // ENVÍA LA ACCIÓN AL LED NEOPIXEL
      delay(15);
    }
    delay(500);/    // ESPERA 2 SEGUNDOS PARA APAGAR LOS LED

    servo1.write(70); //POSICIÓN MEDIA SERVO
    for(i=0;i<16;i++) // APAGAMOS LOS LEDS RGB AZUL
    {
      // R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
      pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,0,0));
      pixels.show();    // Envía la acción al led NEOPIXEL
      delay(30);
    }
    delay(1000);
    Serial.print(balanza.get_units(20),3);
  Lecsensorfot= digitalRead(sensorfot);
  LecsensorCap= digitalRead(sensorCap);
  if( Lecsensorfot==LOW && LecsensorCap==LOW)
  {
    Serial.print( "Lecsensorfot");
    Serial.println(Lecsensorfot);
  }
}

```

```

Serial.print( "LecsensorCap");
Serial.println(LecsensorCap);
Serial.println(balanza.get_units(20),3);
delay(1000);
if(balanza.get_units(20)<=-0.010 && balanza.get_units(20)>=-0.046 )
{
digitalWrite(reles1, LOW);
Serial.print("t3");
Serial.print(balanza.get_units(20),3); // el 3 son los decimales
Serial.println("kg");
Serial.println("+");
delay(200);
digitalWrite(rele2, HIGH);
servo1.write(15);
delay(2500);
servo1.write(148);
delay(1000);
delay(20000);
digitalWrite(reles1, HIGH);
}
else
{
digitalWrite(rele2, HIGH);
digitalWrite(rele3, LOW);
servo1.write(150);
for(i=0;i<16;i++) // ENCENDEMOS LOS LED RGB ROJO
{
// R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(50,0,0));
pixels.show(); // Envia la accion al led NEOPIXEL
delay(30);
}
for(i=0;i<16;i++) // APAGAMOS LOS LEDS RGB ROJO

```

```

{
// R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,0,0));
pixels.show();    // Envia la accion al led NEOPIXEL
delay(30);
}
digitalWrite(rele3, HIGH);
} }
else
{
digitalWrite(rele2, HIGH);
digitalWrite(rele3, LOW);
servo1.write(150);
for(i=0;i<16;i++)    // ENCENDEMOS LOS LED RGB ROJO
{
// R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(50,0,0));
pixels.show();    // Envia la accion al led NEOPIXEL
delay(30);
}
for(i=0;i<16;i++)    // APAGAMOS LOS LEDS RGB ROJO
{
// R V A 0 A 250 INTENSIDAD DE COLOR i ES EL LED A ENCENDERSE
pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,0,0));
pixels.show();    // Envia la accion al led NEOPIXEL
delay(30);
}
digitalWrite(rele3, HIGH);
}
digitalWrite(rele1, HIGH);
digitalWrite(rele2, HIGH);
}
else

```



```
{  
  servo1.write(148);  
}  
}  
else  
{  
  servo1.write(148);  
}  
}}
```

ANEXO 18. Programación Visual Basic.

PROGRAMACIÓN FORM1

Dim Label4in As String

Public CONTADORBOTELLAS As Integer ' SE CREA UNA VARIABLE PARA CONTAR BOTELLAS'

Public Codigo As Integer ' VARIABLE 2 PARA ALMACENAR EL CODIGO DE VERIFICACIÓN'

Private Sub FINALIZAR_KeyPress(KeyAscii As Integer)

If (KeyAscii = 45) And Label9 >= "1" Then 'SE ACTIVA EL BOTON "-" PARA IMPRIMIR '

Codigo = Codigo + 1 ' SE ALMACENA EN LA VARIABLE CODIGO'

Label1 = Codigo ' SE ENVIA LA VARIABLE CODIGO AL LABEL1'

Label4 = "FINALIZADO" 'INFORMACIÓN PARA EL USUARIO'

Label4.BackColor = vbBlue 'INFORMACIÓN DE COLOR PARA EL USUARIO'

Label9 = CONTADORBOTELLAS 'ENTREGAMOS ATRIBUTOS A LA VARIABLE'

Module1.cdverificacion = Label1

Module1.botellas = Label9 'ALMACENA # DE BOTELLAS PARA ENVIAR AL FORMULARIO 2'

Module1.fecha = Label8 'ALMACENA LA FECHA PARA ENVIAR AL FORMULARIO 2'

Module1.hora = Label7 'ALMACENA LA HORA PARA ENVIAR AL FORMULARIO 2'

Adodc1.Recordset.Update 'GUARDA EN LA BASE DE DATOS LA INFORMACIÓN'

Adodc1.Recordset.AddNew 'CREA UN NUEVO REGISTRO EN LA BASE DE DATOS LA INFORMACIÓN'

CONTADORBOTELLAS = 0 'SE RESETEA LA INFORMACION PARA UN NUEVO RECICLAJE'

Label9 = CONTADORBOTELLAS 'SE MUESTRA QUE ESTA RESETEADO TODO'

Dim f2 As New Form2 'ENVIO VALOR AL FORMULARIO 2'

Form2.Show 'ABRE EL FORMULARIO 2

End If

End Sub

```

Private Sub Form_Load()
Adodc1.Recordset.AddNew      'CREA UN NUEVO REGISTRO EN LA BASE DE DATOS'
Codigo = 100                'SE INICIALIZA SIEMPRE EN 100 CADA DIA'
Label9 = "0"                'SE INICIALIZA EN 0 '
serie.RThreshold = 1
serie.InputLen = 1
serie.Settings = "9600,n,8,1"  'COMUNICACIÓN CON ARDUINO'
serie.CommPort = 5          'ASIGNAMOS EL PUERTO 3 PARA LA COMUNICACIÓN'
serie.DTREnable = False     'VERIFICA QUE EL PUERTO ESTE CONECTADO CON EL ARDUINO'
serie.PortOpen = True       'VERIFICA QUE EL PUERTO ESTE CONECTADO CON EL ARDUINO'
Timer1.Enabled = True       'VERIFICA QUE EL PUERTO ESTE CONECTADO CON EL ARDUINO'
End Sub

```

```

Private Sub Text1_Change()
End Sub

```

```

Private Sub Label9_Click()
If Label9 = "0" Then
FINALIZAR.Enabled = False
Else
FINALIZAR.Enabled = True
End If
End Sub

```

```

Private Sub Timer1_Timer()
Label4in = serie.Input      'RECEPTA LA INFORMACION DESDE EL ARDUINO'
If Label4in = "+" Then      'RECEPTA INFORMACION DESDE EL ARDUINO'
    Label4 = "ACEPTADA"     'INFORMACION PARA EL USUARIO'
    Label4.BackColor = vbGreen 'INFORMACION PARA EL USUARIO'
    'MsgBox "BOTELLA INGRESADA Y ACEPTADA" '
    CONTADORBOTELLAS = CONTADORBOTELLAS + 1    'ALMACENA LA INFORMACION EN
LA VARIABLE'

```

```

Label9 = CONTADORBOTELLAS          'ES EL NUEVO VALOR DE LABEL9'
Else
Label4 = "INGRESE"                  'INFORMACION PARA EL USUARIO'
Label4.BackColor = vbWhite         'INFORMACION PARA EL USUARIO'
End If
If Label4in = "0" Then              'INFORMACION PARA EL USUARIO'
Label4 = "NO"                       'INFORMACION PARA EL USUARIO'
Label4.BackColor = vbRed           'INFORMACION PARA EL USUARIO'
End If
End Sub

```

```

Private Sub WindowsMediaPlayer1_OpenStateChange(ByVal NewState As Long)
WindowsMediaPlayer1.Settings.setMode "loop", True 'INFORMACION DE PUBLICIDAD PARA EL
USUARIO'
End Sub

```

```

Private Sub Timer2_Timer()
Label7.Caption = Time               'INFORMACION PARA EL USUARIO DE HORA'
Label8.Caption = Date              'INFORMACION PARA EL USUARIO DE FECHA'
End Sub

```

PROGRAMACIÓN DEL MODULO DE VARIABLES GUARDADAS

```

Public botellas As String
Public fecha As String
Public hora As String
Public cdverificacion As String

```

PROGRAMACIÓN FORM2

```

Public INC As Integer

```

```

Private Sub Text1_Change()
End Sub

```



```
Printer.Print "Botellas Recicladas: "; (Label5) ' IMPRIME LO QUE HAY EN LABEL5
Printer.FontSize = 6
Printer.Print ""      ' Imprime Espacio enter
Printer.Print "Fecha:"; Date      ' Imprime Fecha
Printer.Print "Hora :"; (Label8)  ' Imprime Hora
Printer.Print
Printer.EndDoc
'Adodc1.Recordset.Update      ' GUARDA EN LA BASE DE DATOS LA INFORMACIÓN
'Adodc1.Recordset.AddNew     ' CREA UN NUEVO REGISTRO EN LA BASE DE DATOS
End If
Unload Me                    'Cierra el form 2
Form1.Show
End Sub

-----

Private Sub Form_Load()
Label6 = Module1.cdverificacion
Label5 = Module1.botellas
Label8 = Module1.hora
Label11 = Module1.fecha
End Sub

-----

Private Sub Picture1_Click()
End Sub

-----
```