



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

## **DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: “SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN Y  
CUANTIFICACIÓN DE PECES PARA LA ACUICULTURA CON  
ENFOQUE AL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA EN LA  
HACIENDA ‘EL PRADO’, UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS  
ARMADAS - ESPE”**

**AUTORES: PAREDES BRAVO, DAVID VINICIO**

**PILCO ATI, ANDREA ESTEFANIA**

**DIRECTOR: ING. CORTEZ PAZMIÑO, BYRON**

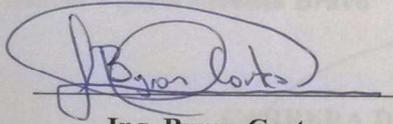
**CODIRECTOR: Dr. ORTIZ TIRADO, JUAN**

**SANGOLQUÍ**

**AGOSTO 2015**

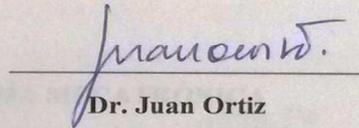
## CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto "SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PECES PARA LA ACUICULTURA CON ENFOQUE AL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA EN LA HACIENDA 'EL PRADO', UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE" fue realizado en su totalidad por Paredes Bravo David Vinicio y Pilco Atí Andrea Estefanía, como requerimiento parcial para la obtención de título de Ingeniero Mecatrónico.



**Ing. Byron Cortez**

**DIRECTOR**



**Dr. Juan Ortiz**

**CODIRECTOR**

Sangolquí, 13 de Agosto del 2015

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

La tesis de grado “SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PECES PARA LA ACUICULTURA CON ENFOQUE AL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA EN LA HACIENDA ‘EL PRADO’, UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE” fue realizada en base a una investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría. En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico de la tesis de grado en mención.

### ELABORADO POR:



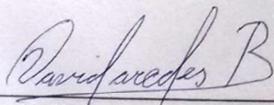
Sangolquí, 13 de Agosto del 2015

## CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

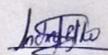
### AUTORIZACIÓN

Nosotros, David Vinicio Paredes Bravo y Andrea Estefanía Pilco Ati.

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la Biblioteca Virtual de la Institución del proyecto de grado titulado: “SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PECES PARA LA ACUICULTURA CON ENFOQUE AL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA EN LA HACIENDA ‘EL PRADO’, UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.



David Vinicio Paredes Bravo



Andrea Estefanía Pilco Ati

Sangolquí, 13 de Agosto del 2015

## **DEDICATORIA**

La concepción de este proyecto está dedicada a Dios y a mi familia, que han sido pilares de fortaleza durante todo este proceso. Este trabajo fue posible gracias al cariño y motivación que me supo brindar mi familia, me sostuvieron en momentos de debilidad a lo largo, no sólo de este proyecto, sino de todo el paso por la carrera universitaria.

En especial quiero dedicar esta tesis a mi padre y a mi madre por su sacrificio, amor y confianza.

**DAVID VINICIO PAREDES BRAVO**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto está dedicado a mis padres quienes son los seres más importantes en mi vida, quienes me enseñan cada día el valor de la constancia y el esfuerzo. A ustedes, Belén, Génesis quienes me han acompañado siempre y se han convertido en mis mejores amigas.

A mis abuelitos por siempre estar pendiente de mí, ustedes también son mi ejemplo de constancia y perseverancia. A mis tíos, tías, primas por ser más que familia, por contagiarme de sus locuras y sonrisas. Somos geniales!

**ANDREA ESTEFANIA PILCO ATI**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por la gracia de haber podido finalizar mis estudios exitosamente. En segundo lugar a cada uno de los integrantes de mi familia por siempre estar pendientes de mí, cuidarme y apoyarme en cada momento de mi vida. Quiero extender especiales agradecimientos a mi padre David Paredes, mi madre Augusta Bravo, mi hermano Andrés Paredes y a mi abuelita Alicia Herrera, por todo su cariño, amor y apoyo, gracias a ellos soy la persona que soy ahora.

Por último, agradezco a mis compañeros a lo largo de toda la carrera universitaria porque aprendí y compartí mucho con ellos, recibí su apoyo y su amistad a lo largo todos estos años.

**DAVID VINICIO PAREDES BRAVO**

## **AGRADECIMIENTO**

“Porque he aquí Yo te puse ahí” agradezco a Dios, el motor de mi vida por haberme traído hasta este momento, nunca estuvo en mis planes llegar hasta aquí pero sí en los planes de Dios. Gracias Dios, por siempre tomar el control y poner tus ojos sobre mí, por ser mi aliento, por ser las fuerzas que a veces me faltan, por cuidarme.

Agradezco a mis padres por todo su esfuerzo, gracias Mami por estar ahí por cuidar de mí, por tus oraciones; gracias Papi por la ardua labor que hace cada día por sacarnos adelante, por siempre velar por nosotras. Gracias a los dos por su amor incondicional.

Gracias Belén por tus sonrisas, son las que alientan el corazón. Génesis, gracias por amarme tal y como soy.

Agradezco a mis abuelitos Luchito, Bachita por cuidar de mí desde niña, por abrirme la puerta cada vez que salía a clases. A mamita Carmen por sus llamadas y estar siempre pendiente.

A mis tíos, tías ya que fueron parte de este último proceso y sus palabras siempre me animaban, gracias tío Fernando por todo el tiempo y por compartir sus conocimientos.

A mis primos, gracias a ustedes nunca se perderá la niña que llevo dentro.

A mis amigos, compañeros que hicieron de todo este proceso un tiempo diferente, gracias por compartir conmigo. Se cierra un ciclo donde aprendí que Dios es mejor que cualquier reloj, siempre hará las cosas a su tiempo.

**ANDREA ESTEFANIA PILCO ATI**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
LISTA DE TABLAS .....	xvii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT .....	xx
1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA. ....	3
1.4 ÁREA DE INFLUENCIA.....	5
1.5 OBJETIVOS.....	5
1.5.1 GENERAL.....	5
1.5.2 ESPECÍFICOS.....	5
1.6 ALCANCE. ....	6
2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 PECES DE AGUA DULCE: TRUCHAS.....	7
2.1.1 HÁBITAT.....	7

2.1.2 CICLO DE VIDA.....	7
2.1.3 CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO DE TRUCHAS .....	8
2. 2 MÁQUINAS CLASIFICADORAS.....	8
2.2.1 TIPOS DE MÁQUINAS.....	8
2.2.2 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA PESQUERA.....	9
2.3 BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS .....	10
2.4 BANDAS TRANSPORTADORAS.....	12
2.4.1 GENERALIDADES .....	12
2.4.2 MATERIALES.....	14
2.4.3 SELECCIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS.....	16
2.5 SELECCIÓN DE MATERIALES .....	18
2.6 ACTUADORES.....	20
2.6.1 GENERALIDADES.....	20
2.6.2 TIPOS DE ACTUADORES.....	22
2.6.2.1 ELÉCTRICOS.....	22
2.7 sensores.....	24
2.7.1 GENERALIDADES.....	24
2.7.2 TIPOS.....	25
2.8 CONTROLADORES.....	26
2.8.1 GENERALIDADES .....	26
2.8.2 PLC.....	26
2.8.3 MICROCONTROLADOR.....	26
2.9 COMPONENTES ELECTRÓNICOS .....	29
2.9.1 MÓDULO DE SENSOR EFECTO HALL .....	29

2.9.2 LDR .....	30
2.9.3 PANTALLA LCD .....	31
3. CAPÍTULO 3: DISEÑO MECATRÓNICO.....	33
3.1 GENERACIÓN DEL CONCEPTO .....	33
3.1.1 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES .....	33
3.1.2 DESARROLLO DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD. QFD .....	35
3.1.3 MODULARIDAD DEL PRODUCTO.....	40
3.1.4 DIAGRAMA FUNCIONAL .....	41
3.2 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO.....	42
3.2.1 MÓDULO 1: DEPÓSITO DE TRUCHAS EN LA MÁQUINA .....	42
3.2.1.1 SELECCIÓN DE CLASIFICACIÓN: ENGORDE Y JUVENIL .....	43
3.2.1.2 RECEPCIÓN DE LAS TRUCHAS VIVAS.....	45
3.2.1.3 POSICIONAMIENTO DE TRUCHAS PARA LA ETAPA DE MEDICIÓN.....	47
3.2.1.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 1: DEPÓSITO DE TRUCHAS EN LA MÁQUINA .....	53
3.2.2 MÓDULO 2: MEDICIÓN.....	56
3.2.2.1 MOVILIZAR TRUCHAS PARA MEDICIÓN.....	56
3.2.2.2 SENSADO DE LAS TRUCHAS.....	59
3.2.2.3 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL SENSADA .....	62
3.2.2.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 2: MEDICIÓN.....	66
3.2.3 MÓDULO 3: CLASIFICACIÓN .....	70
3.2.3.1 DIRECCIONAR .....	70
3.2.3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 3: CLASIFICACIÓN ...	74
3.2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA .....	76

3.3 DISEÑO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS .....	78
3.3.1 MÓDULO 1: CUBETA DE ALIMENTACIÓN.....	78
3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	78
3.3.1.2 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS .....	78
3.3.2 MÓDULO 2 Y 3: BANDA DE MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	82
3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO.....	82
3.3.2.2 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS .....	82
3.4 DISEÑO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS.....	88
3.4.1 MÓDULO 1: CUBETA DE ALIMENTACIÓN.....	88
3.4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR DC .....	88
3.4.1.2 CIRCUITO DE POTENCIA PARA EL MOTOR DC .....	90
3.4.1.3 SERVOMOTORES .....	91
3.4.1.4 SENSORES.....	91
3.4.1.5 CIRCUITO DE ENERGIZACIÓN DE LA PLACA ARDUINO UNO...93	
3.4.1.6 CONEXIÓN DEL SISTEMA A LA RED ELÉCTRICA.....	94
3.4.2 MÓDULO 2 Y 3: MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	94
3.4.2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR AC PARA LA BANDA TRANSPORTADORA .....	94
3.4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR DC PARA LA CLASIFICACIÓN .....	100
3.4.2.3 ETAPA DE MEDICIÓN .....	104
3.4.2.4 POSICIONAMIENTO DE COMPUERTAS.....	104
3.4.2.5 VISUALIZACIÓN.....	105
3.5 PROGRAMACIÓN DE CONTROLADORES .....	106
3.5.1 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DEL MÓDULO 1.....	106

3.5.2 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DEL MÓDULO 2 Y 3.....	108
4. CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO .....	113
4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CUBETA.....	113
4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEDICIÓN.....	115
4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLASIFICACIÓN .....	117
4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA MÁQUINA.....	118
5. CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO .....	121
5.1 COSTO DE FABRICACIÓN DEL MÓDULO 1 .....	121
5.2 COSTO DE FABRICACIÓN DEL MÓDULO 2 Y 3 .....	126
5.3 PRECIO DE VENTA DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA.....	131
5.4 RENTABILIDAD DEL PROYECTO .....	131
6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	134
6.1 CONCLUSIONES.....	134
6.2 RECOMENDACIONES .....	136
7. CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA.....	137
8. CAPÍTULO 8: GLOSARIO.....	140
ANEXOS .....	141
ANEXO A: CASA DE CALIDAD	
ANEXO B: PLANOS DEL PROTOTIPO	
ANEXO C: FACTORES PARA K	
ANEXO D: PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR 1	
ANEXO E: PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR 1 Y 2	
ANEXO F: MANUAL DE USUARIO Y MANTENIMIENTO	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bandeja Clasificadora de Peces Vivos .....	3
Figura 2. Máquina Clasificadora por peso .....	9
Figura 3. Máquina Clasificadora de Truchas por Láser .....	10
Figura 4. Elementos de una banda transportadora .....	12
Figura 5. Tensores para una banda transportadora.....	17
Figura 6. Velocidad de Motor Sincrónico.....	22
Figura 7. Curva Par-Velocidad del Motor Sincrónico .....	23
Figura 8. Placa Arduino Uno .....	27
Figura 9. Arduino MEGA .....	29
Figura 10. Módulo de Sensor Efecto Hall.....	30
Figura 11. LDR Fotorresistencia .....	31
Figura 12. Pantalla LCD .....	31
Figura 13. Lluvia de ideas de la Máquina Clasificadora de Truchas.....	37
Figura 14. Diagrama Funcional Nivel 0.....	41
Figura 15. Diagrama Funcional Nivel 1.....	41
Figura 16. Diagrama Funcional Nivel 2.....	42
Figura 17. Switch de tres posiciones.....	43
Figura 18. Pantalla HMI.....	44
Figura 19. Pulsadores eléctricos.....	44
Figura 20. Contenedor con Plataforma Inclinada. ....	45
Figura 21. Contenedor para peces.....	46
Figura 22. Contenedor con forma de Embudo .....	47
Figura 23. Banda transportadora con sujetadores .....	48
Figura 24. Brazo Giratorio.....	49
Figura 25. Compuerta Controlada.....	49
Figura 26. Ensamble de la Alternativa 1 para el Módulo 1 .....	51
Figura 27. Ensamble de la Alternativa 2 para el Módulo 1 .....	52
Figura 28. Ensamble de la Alternativa 3 para el Módulo 1 .....	52
Figura 29. Banda Transportadora con acrílicos. ....	57

Figura 30. Banda Transportadora con sujetadores en V. ....	58
Figura 31. Banda Transportadora sin accesorios extras.....	58
Figura 32. Sensor Infrarrojo.....	59
Figura 33. LDR + Láser .....	60
Figura 34. Balanza Digital .....	61
Figura 35. PIC + LOGO.....	62
Figura 36. PLC SIEMENS.....	63
Figura 37. Placa Arduino Uno .....	64
Figura 38. Ensamble de la Alternativa 1 para el Módulo 2 .....	65
Figura 39. Ensamble de la Alternativa 2 para el Módulo 2 .....	65
Figura 40. Ensamble de la Alternativa 3 para el Módulo 2 .....	66
Figura 41. Ensamble de la Alternativa 4 para el Módulo 2 .....	66
Figura 42. Compuertas Paralelas.....	70
Figura 43. Paletas Escalonadas .....	71
Figura 44. Compuerta Individual .....	72
Figura 45. Ensamble de la Alternativa 1 para el Módulo 3. ....	73
Figura 46. Ensamble de la Alternativa 2 para el Módulo 3. ....	73
Figura 47. Ensamble de la Alternativa 3 para el Módulo 3. ....	74
Figura 48. Ensamble de la Alternativa.....	77
Figura 49. Obtención del factor de seguridad de la estructura de la cubeta.....	80
Figura 50. Obtención del posible desplazamiento de la estructura de la cubeta.....	80
Figura 51. Obtención del Factor de Seguridad del Eje del Brazo.....	81
Figura 52. Obtención del posible desplazamiento del eje del brazo.....	81
Figura 53. Obtención del factor de seguridad de la estructura de la banda trasportadora	84
Figura 54. Obtención del posible desplazamiento de la estructura de la banda.....	84
Figura 55. Ubicación de las fuerzas en el soporte lateral.....	85
Figura 56. Obtención del factor de seguridad en el soporte lateral.....	86
Figura 57. Obtención del posible desplazamiento en el soporte lateral.....	86
Figura 58. Obtención del Factor de Seguridad del Rodillo de la Banda.....	87
Figura 59. Posible desplazamiento del Rodillo de la Banda.....	88

Figura 60. Brazo de la Cubeta.....	88
Figura 61. Esquema del Circuito Transformador de 110V a 24V .....	90
Figura 62. Circuito Impreso Transformador de 110V a 24V.....	90
Figura 63. Esquema de Circuito de Potencia para Control del Motor .....	91
Figura 64. Esquema de Circuito para Recepción de Señales de los Sensores .....	92
Figura 65. Circuito Impreso para Recepción de Señales de los Sensores.....	92
Figura 66. Esquema de Circuito Transformador de 5V y 8V .....	93
Figura 67. Circuito Impreso del Transformador de 5V y 8V.....	93
Figura 68. Esquema de Conexión del Sistema a la Red Eléctrica .....	94
Figura 69. Representación de la velocidad de la banda .....	95
Figura 70. Tensiones en la banda transportadora.....	96
Figura 71. Mecanismo impulsador de las compuertas .....	100
Figura 72. Posición del mecanismo a 30° .....	102
Figura 73. Diagrama para obtener las ecuaciones.....	102
Figura 74. Ubicación de los sensores efecto Hall .....	105
Figura 75. Shield del LCD Keypad para Arduino .....	106
Figura 76. Diagrama de Flujo para la Programación del Arduino.....	107
Figura 77. Flujograma para la programación del Módulo 2 y 3 .....	111
Figura 78. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Cubeta de Alimentación.....	114
Figura 79. Funcionamiento de la Máquina Después de Realizar los Cambios.....	115
Figura 80. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Medición	116
Figura 81. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Clasificación .....	118
Figura 82. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Máquina Clasificadora .....	119
Figura 83. Máquina Clasificando después de los Cambios Finales Realizados .....	120
Figura 84. Empresas del sector por tamaño .....	132

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones y Modelos de Placas Arduino .....	28
Tabla 2. Distribución de pines en el display .....	32
Tabla 3. Especificaciones de la Máquina Clasificadora de Truchas .....	34
Tabla 4. Características técnicas. ....	38
Tabla 5. Combinación de soluciones para el Módulo 1 .....	50
Tabla 6. Determinación del peso específico de cada criterio para el Módulo 1 .....	54
Tabla 7. Evaluación del criterio de Distribución para el Módulo 1.....	54
Tabla 8. Evaluación del criterio de Funcionalidad para el Módulo1.....	54
Tabla 9. Evaluación del Criterio de Costo para el Módulo 1 .....	55
Tabla 10. Evaluación del criterio de Tamaño para el Módulo 1.....	55
Tabla 11. Evaluación de Conclusiones del Módulo1: Alimentar. ....	56
Tabla 12. Masa y longitud de los peces .....	61
Tabla 13. Combinación de soluciones para el Módulo 2.....	64
Tabla 14. Determinación del peso específico de cada criterio.....	67
Tabla 15. Evaluación del criterio de Precisión.....	67
Tabla 16. Evaluación del criterio de Mantenimiento .....	68
Tabla 17. Evaluación del criterio de Costo .....	68
Tabla 18. Evaluación del criterio de Tamaño .....	69
Tabla 19. Evaluación del Conclusiones del Modulo2: Medir.....	69
Tabla 20. Combinación de Soluciones para el Módulo 3 .....	72
Tabla 21. Determinación del peso específico de cada criterio.....	74
Tabla 22. Evaluación del criterio de Funcionalidad.....	75
Tabla 23. Evaluación del criterio de Mantenimiento .....	75
Tabla 24. Evaluación del criterio de Costo .....	75
Tabla 25. Evaluación del criterio de Tamaño .....	76
Tabla 26. Evaluación del Conclusiones del Modulo3: Clasificar.....	76
Tabla 27. Pesos aplicados sobre la estructura de la cubeta.....	79
Tabla 28. Pesos aplicados sobre la estructura de la banda transportadora.....	82
Tabla 29. Tabla de los pesos aplicados en el soporte lateral.....	85

Tabla 30. Tiempo en que la banda se demora en recorrer $L=1.35m$ .....	95
Tabla 31. Conexión para los Pines del Arduino Uno.....	108
Tabla 32. Tiempo que la banda toma en recorrer 42cm.....	109
Tabla 33. Distribución de los pines en el Arduino Mega.....	110
Tabla 34. Costos por Materia Prima del Módulo 1 .....	121
Tabla 35. Costo por Maquinaria del Módulo 1 .....	123
Tabla 36. Análisis Costo por hora del Módulo 1 .....	124
Tabla 37. Costo de la Mano de Obra directa del Módulo 1 .....	124
Tabla 38. Costo de transporte del Módulo 1 .....	124
Tabla 39. Costos de Servicios del Módulo 1 .....	125
Tabla 40. Estructura de Costos del Módulo 1 .....	125
Tabla 41. Costo por Materia Prima del Módulo 2 y 3 .....	126
Tabla 42. Costo por Maquinaria del Módulo 2 y 3 .....	128
Tabla 43. Análisis por Hora del Módulo 2 y 3.....	129
Tabla 44. Costo de la Mano de Obra directa del Módulo 2 y 3 .....	129
Tabla 45. Costo de transporte del Módulo 2 y 3 .....	129
Tabla 46. Costos de Servicios del Módulo 2 y 3 .....	130
Tabla 47. Estructura de Costos del Módulo 2 y 3 .....	130
Tabla 48. Precio de Venta de la Maquina Clasificadora.....	131
Tabla 49. Cálculo del VAN y TIR .....	133

## **RESUMEN**

El presente proyecto de tesis nace ante la necesidad de clasificar truchas en la sede IASA I, Hacienda “El Prado” de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en donde se practica la crianza de estos peces. Ésta se realiza de forma manual por lo que se requiere de excesivo tiempo y esfuerzo. Sin embargo, la clasificación de peces como la tilapia y la trucha es una práctica común y necesaria dentro de la crianza de estos animales, se realiza cada cierto tiempo para evitar problemas que pueden complicar el proceso de producción. Este proyecto tiene como objetivo el desarrollo, diseño y construcción de un sistema automático de clasificación de peces vivos que facilita y agiliza esta labor para las personas dedicadas a la crianza de estos peces. El prototipo generado está destinado a suplir las necesidades de clasificación en el área de acuicultura del IASA I, sin embargo, el proyecto está enfocado en el cambio de matriz productiva, impulsado por el gobierno nacional, y podrá ser implementado en otros sectores dedicados a la crianza de peces (tilapia y trucha). La presente tesis parte desde un estudio previo para luego centrarse en el diseño de la máquina. El proyecto consiste en una parte mecánica, electrónica y de control, las cuales son diseñadas en ese orden y de manera sistemática. Para el diseño se incluyen todos los cálculos necesarios, el dimensionamiento de los elementos, la programación del controlador, el proceso de pruebas y los planos mecánicos y electrónicos realizados.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **TRUCHAS VIVAS**
- **CRIANZA**
- **SISTEMA CLASIFICADOR**
- **AUTOMÁTICO**
- **CONTROLADOR.**

## **ABSTRACT**

The present thesis project was born because of the necessity of classifying trout at the IASA I, 'El Prado' Farm from the Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, where the breeding of this fish is practiced. The classification there is manual, for this reason, excessive time and effort is needed. However, classifying fish like trout or tilapia is a common and necessary practice when breeding these animals, it is done every a certain period of time in order to avoid problems that could lead to the complication of the production process. This project has as objective the development, design and construction of an automatic system of classification of live fish, in order to facilitate and speed up this labor for the people dedicated to the breeding of this fish. The generated prototype is destined to supply the need of classifying in the aquaculture area in IASA I; however, the project is aimed at the change of the productive matrix promoted by the national government, and it could be implemented in other sectors dedicated to raising fish (trout and tilapia). The present thesis starts from a previous study and then it focuses on the design of the machine. The project consists on mechanical, electrical and control sections, which are designed in that order and systematically. For the design, all the needed calculations, the selection of the elements, the programming for the controllers, the trial process, and the mechanical and electrical drawings are included.

### **KEY WORDS:**

- **LIVE TROUT**
- **BREEDING**
- **CLASSIFIER SYSTEM**
- **AUTOMATIC**
- **CONTROLLER**

# **1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

Sistema automático de clasificación y cuantificación de peces para la acuicultura con enfoque al cambio de la matriz productiva en la Hacienda ‘El Prado’, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

## **1.2 ANTECEDENTES.**

“La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE tiene su origen en 1922 cuando se creó la Escuela de Oficiales Ingenieros que posteriormente se transformó en Escuela de Artillería e Ingenieros en 1936. Dada la trascendencia de la ingeniería a nivel global y en particular luego de la Segunda Guerra Mundial, cambió su denominación por la de Escuela Técnica de Ingenieros, que abrió sus puertas a estudiantes civiles en 1972 a fin de compartir con ellos la excelencia y calidad de formación que impartían los profesores, que a más de la cátedra eran prominentes profesionales en los ámbitos civil y militar. El 8 de diciembre de 1977 el Congreso Nacional resuelve aprobar el cambio de nombre a Escuela Politécnica del Ejército. Cumpliendo con lo establecido en la Ley Orgánica de Educación Superior, con fecha 26 de junio del 2013, se integra la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, mediante la aprobación de su estatuto, por parte del Consejo de Educación Superior.” (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2013)

“La carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias surge cuando, el Ilustre Consejo Politécnico de la ESPE mediante resolución N° 920011, en sesión ordinaria del 4 de febrero de 1992 autorizó la creación del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA), e inició sus actividades el 4 de abril de 1994 en las instalaciones de la Hacienda "El Prado", iniciativa del General de División Carlomagno Andrade Paredes, quien diseñó el proyecto como un centro alternativo integral de formación superior agropecuario, que combine la seriedad, credibilidad y otros valores de las Fuerzas Armadas, con las experiencias educativas nacionales e internacionales, y forme profesionales competentes e integrales

que contribuyan a la solución de los problemas del agro, generando progreso social y crecimiento económico para el país.” (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2013)

En la Hacienda “El Prado” se encuentra el área de acuicultura, la cual está dedicada a la crianza de peces de agua dulce (truchas) como aporte para el desarrollo cognoscitivo de los jóvenes profesionales. Por cuanto las unidades vivas en cualquier estanque no se desarrollan uniformemente, se ve la necesidad de realizar continuamente la separación de los peces por tamaños, tanto en talla como por masa corporal. La actividad de separación por tallas (clasificación) y cuantificación por lo general se lo realiza de forma manual. Por este motivo existe un error en esta actividad que puede verse reflejado en la productividad inmediata. Para mejora de esta actividad, el proyecto de Pailones ha implantado un dispositivo de clasificación, el cual dispone de una bandeja con rodillos en su parte inferior y que toman distancia uno de otro según la medida que se regule manualmente por medio de una perilla que posee en uno de sus lados. Para su funcionamiento, primero se regula la perilla hasta que la distancia entre rodillos sea la apropiada para permitir el paso de peces pequeños, se coloca una cantidad de truchas y se agita el dispositivo para que los peces pequeños caigan mientras que los medianos y grandes permanecen en la bandeja.

En una segunda etapa, se regula la perilla conforme a la apertura requerida para los peces de tamaño medio y se repite el procedimiento; separando de esta forma las truchas medianas de las grandes. Este método de clasificación presenta desventajas y limitaciones, además tampoco se lleva un conteo de los peces clasificados, la bandeja mencionada se la puede observar en la Figura 1.



**Figura 1. Bandeja Clasificadora de Peces Vivos**

**Fuente: (Agrega Educación, 2010)**

Cuando se requiere clasificar a los peces vivos por tamaño, se utiliza la bandeja antes mencionada, esto genera alto estrés en los peces, gasto de hora/hombre y error humano al momento de la clasificación.

En el Ecuador la actividad de crianza de truchas y tilapias se desarrolla más allá de un nivel educacional. El INEC en la clasificación nacional de actividades económicas 2012, en la sección A0322.01 menciona a la “Cría y explotación de criaderos de peces (de agua dulce) incluido peces ornamentales, truchas, tilapias, etcétera.” (INEC, 2012) Al constituirse una actividad económica está incluida dentro del plan Nacional del Buen Vivir, que contempla el cambio de la matriz productiva como uno de sus objetivos principales.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

Según un estudio realizado por la organización UNIDO, se considera que el sector de pesca y acuicultura es vital para el desarrollo del Ecuador. En este mismo estudio se resalta: “La acuicultura de aguas dulces, tiene su mayor desarrollo en la región interandina, básicamente con los centros de cultivo de la trucha Arco Iris. El cultivo del Chame y la Tilapia tienen algunos avances en la región Costa...” (UNIDO, 2014)

Ante esta realidad se busca aprovechar recursos y la mejora continua de técnicas empleadas para la acuicultura. El estudio citado anteriormente reafirma esta necesidad, indicando: “El potencial de la acuicultura marina, el alto valor comercial comparado con otros productos provenientes de recursos bioacuáticos, la ubicación costera de las instalaciones, los conflictos con otros sectores económicos por el uso de los recursos, los impactos ambientales que genera, etc., demandan también métodos y herramientas de gestión apropiados a tales características. La diversificación, la tecnificación y la implantación de ‘buenas prácticas de manejo’ (BPM) son requisitos para lograr una acuicultura responsable y competitiva.” La clasificación de truchas se realiza a lo largo de todo el proceso productivo del animal de acuerdo con el crecimiento en cada etapa. Esto se efectúa con el fin de evitar problemas en la crianza como son: competencia por alimentación, diferencias de tallas, bajo rendimiento alimenticio, mortandad de peces de tallas menores, y la producción dada por talla y calidad. Estos problemas entorpecen la crianza y pueden ser inclusive causas de inocuidad de las truchas.

Al clasificarlas de manera adecuada y con cierta frecuencia se busca optimizar y garantizar el proceso de crianza de peces (truchas). Entre los beneficios significativos que incluye la clasificación de truchas están, además, prevenir el canibalismo, la uniformidad en el crecimiento, alimentación eficiente en los estanques y prevención del estrés o agotamiento de los peces.

El proceso de clasificación frecuentemente resulta ser agotador, repetitivo, lento y tedioso. Aquí radica la importancia de desarrollar una alternativa eficaz que facilite esta actividad para el acuicultor. La clasificación de truchas, al ser una actividad que debe realizarse con frecuencia en el proceso de crianza, constituye un factor de relevancia que requiere de atención, y debido a que varias consecuencias se derivan de esta actividad es solícito el uso de tecnología que optimice el proceso y brinde mejores resultados que el método tradicional.

Además, uno de los objetivos primarios dentro del Plan Nacional del buen Vivir, consiste en el cambio de matriz productiva. “La transformación de la matriz productiva supone una interacción con la frontera científico-técnica, en la que se producen cambios

estructurales que direccionan las formas tradicionales del proceso y la estructura productiva actual...” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013) De esta forma se espera desarrollar un prototipo que sirva como base para fortalecer la industria nacional en el área de la crianza de peces.

#### **1.4 ÁREA DE INFLUENCIA.**

El desarrollo del proyecto está enfocado hacia el área educativa, específicamente a la crianza de truchas. Este proyecto será ubicado en las instalaciones del IASA I en el área dedicada para esta actividad.

Sin embargo, siendo la tecnología perfectamente transferible a otras regiones donde se desarrollan proyecto acuícolas, puede ser de gran interés para el gremio de piscicultores que requieran de la clasificación de peces.

#### **1.5 OBJETIVOS.**

##### **1.5.1 GENERAL**

- Diseñar y construir un sistema automático de clasificación y cuantificación de peces para la acuicultura con enfoque al cambio de la matriz productiva en la Hacienda ‘El Prado’, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

##### **1.5.2 ESPECÍFICOS.**

- Diseñar el sistema mecánico de la máquina con las dimensiones apropiadas y con características que garanticen su duración y funcionamiento en el área donde esté instalada.
- Seleccionar los componentes eléctricos y electrónicos que cumplan con los requerimientos funcionales del equipo.

- Diseñar el sistema electrónico bajo normas y con protecciones que aseguren el funcionamiento del equipo.
- Realizar pruebas por etapas necesarias, hasta que se alcancen los resultados esperados.
- Diseñar una interfaz amigable con el usuario para facilitar el uso del equipo.

## **1.6 ALCANCE.**

Implementar un prototipo de máquina clasificadora y cuantificadora de peces vivos, que en el futuro pueda ser una base para desarrollar proyectos tecnológicos que mejoren la producción en la industria dedicada a la acuicultura en el Ecuador.

## **2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 PECES DE AGUA DULCE: TRUCHAS.**

#### **2.1.1 HÁBITAT.**

Las truchas son peces de la familia de los salmónidos, son originarias de América del Norte, sin embargo, debido a su gran capacidad de adaptación fueron introducidas en diversas zonas. En América del Sur se puede hallar a la especie trucha arcoíris en Argentina, Brasil, Bolivia Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

Su hábitat consiste en regiones frías y elevadas, en ríos, lagos y lagunas de agua limpia y cristalina. A pesar de esto, las truchas tienen una tolerancia muy alta pudiendo soportar temperaturas superiores a 25°C, aunque para su reproducción necesitan una temperatura entre los 9 y los 14°C.

#### **2.1.2 CICLO DE VIDA.**

El ciclo de vida de las truchas consiste en cinco etapas: huevo, alevín, cría, juvenil y adulto. Una vez fertilizados, los huevos son incubados en un nido creado por la trucha. El tiempo de incubación depende de la temperatura del agua, la temperatura promedio recomendada debe estar en un rango entre 8 y 12°C.

El alevín eclosiona del huevo y se alimenta del contenido nutricional almacenado en su saco vitelino, una vez terminada esta reserva nutricional el alevín se convierte en cría y asciende a la superficie. Esta fase dura entre 14 y 20 días.

En la fase de crías, las truchas nadan más libremente y consiguen su propio alimento. En esta etapa crecen y se desarrollan a un ritmo que depende de varios factores, como la duración del día, la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento.

En la etapa juvenil los peces poseen ya todas las características de un pez adulto, con la diferencia de que todavía no se desarrollan sexualmente. Las truchas en esta fase nadan libremente y atrapan otros organismos para su alimentación.

Las truchas alcanzan la adultez en un período entre 15 y 18 meses, sin embargo para que la mayoría del grupo alcance la madurez se necesitarán dos meses más. En la etapa adulta los peces cambian de coloración y ya se han desarrollado sexualmente.

### **2.1.3 CONSIDERACIONES PARA EL MANEJO DE TRUCHAS**

El primer factor a considerarse es el agua, la calidad del agua en un criadero de truchas es de suma importancia, ya que en éste es donde se desenvolverán. Es necesario monitorear y controlar condiciones del agua como son la temperatura, la oxigenación, la turbidez, el nivel de pH y el nivel de amonio.

Además de las condiciones del agua, es necesario mantener el lugar donde se desarrollan los peces limpio, de igual forma, toda la infraestructura que tenga contacto con los peces deberá estar limpia junto con los utensilios o equipos que tengan contacto con los animales.

Otras buenas prácticas para la cría de truchas incluyen la selección constante de los peces, llevar un historial de la producción, y procurar una alimentación a base de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales.

## **2. 2 MÁQUINAS CLASIFICADORAS.**

### **2.2.1 TIPOS DE MÁQUINAS.**

En la industria existen varias alternativas para simplificar procesos de clasificación, éstos son diversos tanto en los mecanismos de funcionamiento que los componen, como en los propósitos para los que están diseñados. Dependiendo de estos dos factores varía la construcción y las dimensiones de la máquina.

Entre los mecanismos utilizados para la clasificación encontramos máquinas que clasifican por medio de mecanismos vibratorios, giratorios y lineales. Estos mecanismos son seleccionados de acuerdo a la disponibilidad de espacio, la facilidad de configuración, el tamaño del elemento a clasificarse y el peso que éste posee

Con respecto a la funcionalidad de las máquinas, el principal factor que determina el diseño de la máquina es la finalidad del elemento clasificado. Las máquinas clasificadoras diseñadas para la industria alimenticia tienen la característica de estar compuestas por materiales inoxidables, que impidan la reproducción de bacterias y que faciliten el proceso de limpieza de las mismas. Este tipo de cuidados no son necesarios para clasificar otro tipo de elementos, sin embargo, dependiendo de la consistencia, el material o el destino de la pieza, se puede optar por uno u otro modelo al momento del diseño. En la figura 2 se puede observar una máquina clasificadora por peso de jamón. Ya que el producto a transportar es alimento está construida por acero inoxidable.



**Figura 2. Máquina Clasificadora por peso**

**Fuente: (Roser, 2009)**

### **2.2.2 APLICACIONES EN LA INDUSTRIA PESQUERA.**

En la actualidad se puede observar una tendencia a utilizar la tecnología para facilitar el proceso de clasificación de peces, sin embargo, dicha iniciativa aún no se ha

manifestado dentro de Ecuador. La empresa Marelec, por ejemplo, es una compañía fundada en Bélgica que cuenta con una trayectoria en la industria pesquera de treinta y dos años, esta empresa cuenta con diversas máquinas clasificadoras para diversos propósitos. Entre las máquinas que oferta destacan las clasificadoras compactas para productos pequeños, clasificadores marinos para pescado en general, clasificadoras de ostras y clasificadoras por láser (ver figura 3), aunque estas máquinas no están diseñadas para clasificar peces vivos, el mercado también presenta otras alternativas.



**Figura 3. Máquina Clasificadora de Truchas por Láser**

**Fuente: (Marelec, 2010)**

### **2.3 BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS**

En todo proyecto relacionado con la manipulación de elementos que luego servirán para el consumo humano es necesario prestar especial atención a las normas vigentes acerca de los cuidados necesarios para tratar con alimentos. En el presente caso, la máquina diseñada servirá para clasificar truchas vivas, animales cuya crianza se practica en el Ecuador para fines alimenticios principalmente.

El Ministerio de Salud del Ecuador indica que en este campo los productores deben regirse a las Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos de acuerdo al Decreto Ejecutivo No. 3253 publicado el 4 de Noviembre del 2002. Dicho documento en el Artículo 8 del capítulo II establece nueve puntos a considerarse para equipos y utensilios que son utilizados en productos para el consumo humano. Estos requerimientos deberán

tomarse en cuenta a lo largo del proceso de diseño y construcción de la máquina, el decreto indica:

*“Las especificaciones técnicas dependerán de las necesidades de producción y cumplirán los siguientes requisitos:*

- 1. Construidos con materiales tales que sus superficies de contacto no transmitan sustancias tóxicas, olores ni sabores, ni reaccionen con los ingredientes o materiales que intervengan en el proceso de fabricación.*
- 2. Debe evitarse el uso de madera y otros materiales que no puedan limpiarse y desinfectarse adecuadamente, a menos que se tenga la certeza de que su empleo no será una fuente de contaminación indeseable y no represente un riesgo físico.*
- 3. Sus características técnicas deben ofrecer facilidades para la limpieza, desinfección e inspección y deben contar con dispositivos para impedir la contaminación del producto por lubricantes, refrigerantes, sellantes u otras sustancias que se requieran para su funcionamiento.*
- 4. Cuando se requiera la lubricación de algún equipo o instrumento que por razones tecnológicas esté ubicado sobre las líneas de producción, se debe utilizar sustancias permitidas (lubricantes de grado alimenticio).*
- 5. Todas las superficies en contacto directo con el alimento no deben ser recubiertas con pinturas u otro tipo de material desprendible que represente un riesgo para la inocuidad del alimento.*
- 6. Las superficies exteriores de los equipos deben ser construidas de manera que faciliten su limpieza.*
- 7. Las tuberías empleadas para la conducción de materias primas y alimentos deben ser de materiales resistentes, inertes, no porosos, impermeables y fácilmente desmontables para su limpieza. Las tuberías fijas se limpiarán y desinfectarán por recirculación de sustancias previstas para este fin.*

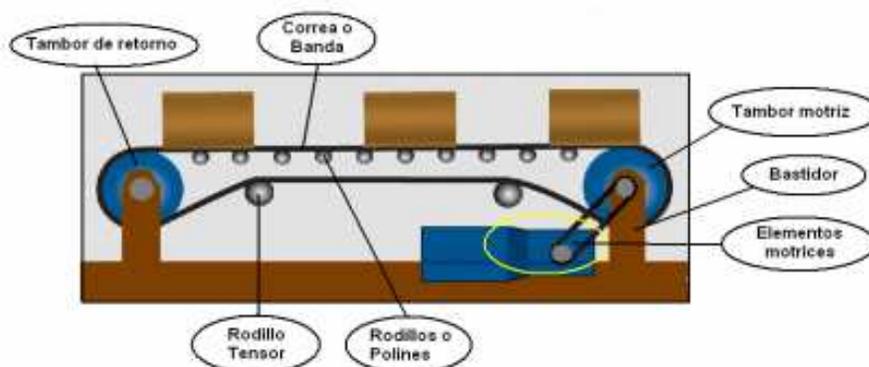
8. Los equipos se instalarán en forma tal que permitan el flujo continuo y racional del material y del personal, minimizando la posibilidad de confusión y contaminación.

9. Todo el equipo y utensilios que puedan entrar en contacto con los alimentos deben ser de materiales que resistan la corrosión y las repetidas operaciones de limpieza y desinfección.”

## 2.4 BANDAS TRANSPORTADORAS

### 2.4.1 GENERALIDADES

Una banda transportadora es un método de transporte que consiste básicamente en una cinta que se mueve entre dos rodillos, los mismos giran impulsados generalmente por motores que impulsan uno de los rodillos de tal forma que el movimiento sea transmitido a la cinta (ver figura 4).



**Figura 4. Elementos de una banda transportadora**

**Fuente: (Equipos El Prado SA, 2002)**

Este tipo de transportadores están constituidos elementalmente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los rodillos de los

extremos. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión.

Las bandas transportadoras se usan frecuentemente en las industrias para movilizar y distribuir piezas industriales, ya que tienen gran capacidad de transporte y pueden desplazar varias piezas por largas distancias.

Una banda transportadora es un medio utilizada para el desplazamiento de materiales desde un punto inicial A, hasta un punto final B. para efectuar el trabajo de mover el material, la banda requiere potencia que es proporcionada por un rodillo móvil.

El torque del motor transforma en una fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie del rodillo móvil. Esta es la tensión requerida por la banda para mover el material de un punto a otro. Y es la suma de las siguientes tensiones:

- La tensión para vencer la fricción de la banda y de los componentes en contacto con ella.
- La tensión para vencer la fricción de la carga.
- La tensión para aumentar o disminuir debido a los cambios de elevación.

Las cintas transportadoras combinadas con otros actuadores y un sistema controlador pueden pasar a formar parte esencial de sistemas automáticos de producción. El manual CEMA para el diseño de bandas transportadoras indica varios parámetros y consideraciones necesarias para el diseño de una banda, entre los aspectos básicos que menciona están el material a transportar, la tasa de transporte, el dimensionamiento, condiciones de operación, las fuentes de energía disponible, etc. Todos los aspectos forman parte de un proceso organizado que asegura que la banda funcione al momento de su implementación. En el manual también se indica que es necesario tener en claro todas las características físicas de la banda así como su función para su funcionamiento. El diseño de la banda variará dependiendo de cada uno de estos factores.

## **2.4.2 MATERIALES.**

Según el catálogo Camprodón Transportadores, se manifiesta: “Los valores de carga de cada modelo están sujetos a variaciones según condiciones de trabajo: velocidad, número de arranques por hora, inclinación, acumulaciones de producto, etc.” De acuerdo al tipo de material que se va a manipular, existen dos grupos:

- Banda para manejo de productos sueltos o a granel.
- Banda para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.

Las bandas transportadoras utilizadas con más frecuencia en la industria son:

### **Bandas transportadoras de Goma**

Son muy utilizadas para el transporte tanto interior como exterior de todo tipo de productos o granel. Se fabrican con núcleo textil de poliéster y nylon que les confiere resistencia a la rotura y al impacto del material. Este tipo de bandas están compuestas interiormente por una carcasa formada por capas de tejido engomado constituida por hilos de poliéster en sentido longitudinal y por hilos de nylon en sentido transversal.

### **Bandas transportadoras de PVC**

Es el tercer plástico más producido después del polietileno y el polipropileno. Este material se obtiene de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo.

El PVC se utiliza de forma generalizada en la construcción por su durabilidad y docilidad. Mediante la adición de plastificantes se puede hacer más blando y más flexible. En esta forma se utiliza en los sectores de la confección y tapicería, para el aislamiento de cables eléctricos, en productos inflables y en muchas otras aplicaciones en las que sustituye a la goma.

### **Características**

- Buena resistencia química (también al cloro)
- Resistente a la hidrólisis (resistente al agua caliente y al vapor)
- Resistente a la radiación UV

- Versiones aptas para uso alimentario disponibles
- Precio razonable

### **Desventajas**

- Baja flexibilidad a bajas temperaturas
- Limitada resistencia a la abrasión
- Limitada resistencia a disolventes, aceite y grasa

### **Bandas transportadoras modulares**

Las bandas modulares son fabricadas generalmente de polipropileno, polietileno y acetal. Este tipo de bandas tienen una alta resistencia a la temperatura, soportan entre  $-40^{\circ}\text{C}$  y  $104^{\circ}\text{C}$ , además pueden soportar altos pesos y poseen buena resistencia química a una gran cantidad de ácidos, bases concentradas, sales y detergentes. Otro factor importante de mencionar es que este tipo de bandas es resistente a la penetración de microorganismos, lo cual es indispensable para la industria alimenticia.

El polietileno es particularmente resistente al impacto, flexible y posee una buena resistencia a la fatiga, a esto se le adhiere la propiedad de tener baja adherencia y absorción. Los acetales son resistentes ante la rotura y no se rayan con facilidad, por ello son capaces de soportar cargas más pesadas y elementos más toscos en su estructura. Presentan como ventajas una fácil manipulación, limpieza, montaje y a la vez una gran longevidad.

### **Bandas transportadoras de valla metálica**

Fabricadas en distintos metales y aleaciones, generalmente están constituidas por espiras de alambre unidas entre sí por varillas onduladas o rectas. Permiten su utilización en aplicaciones extremas de temperatura de (de  $-180^{\circ}\text{C}$  a  $1200^{\circ}\text{C}$ ) cuando hay corrosión química o están expuestas al medio ambiente.

### **Bandas de fibra de vidrio o teflón**

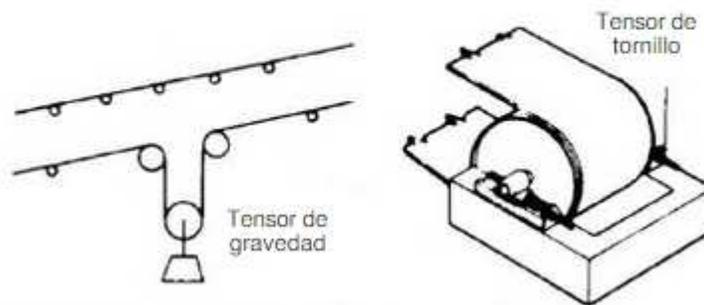
Las bandas de fibra de vidrio o teflón son capaces de soportar altas temperaturas (entre  $-73^{\circ}\text{C}$  y  $270^{\circ}\text{C}$ ) y son resistentes a productos químicos. Son generadas a partir de sustratos de fibra de vidrio y revestidas con politetrafluoroetileno o teflón, esto favorece su resistencia a ralladuras y su adherencia. Este tipo de bandas no reacciona ante sustancias químicas, por lo que su toxicidad es casi nula, es impermeable, no se altera por la acción de la luz y mantiene sus características en ambientes húmedos, lo que la hace ideal para aplicaciones alimenticias.

### **2.4.3 SELECCIÓN DE BANDAS TRANSPORTADORAS**

La selección correcta de una banda transportadora, es aquella que resulta en los costos más bajos, por tonelada de material transportado. La selección de la construcción de la banda, se hace tomando en cuenta el tipo de transportador y la forma de su operación, o sea:

- Ancho de la Banda: Es utilizado para determinar la capacidad de la banda, así como los pesos de las partes móviles.
- Velocidad de la banda: La capacidad de una buena banda cargada totalmente, depende de la velocidad de ella.
- Altura: Es la diferencia de elevación, entre los puntos de carga del material sobre la banda y el de descarga.
- Material transportado: El tipo, peso, tamaño, propiedades químicas, temperatura y presencia de aceites o grasas del material transportado, determinan la calidad de la banda, el espesor de las cubiertas y el cuerpo requerido para resistir las cargas de impacto.
- Empalmes: El tipo de empalme (vulcanizado en caliente, en frío o engrapado) determinan la tensión máxima permisible de la banda. Los empalmes vulcanizados son más eficientes y durables que las grapas.

- Transmisión: Se necesita conocer si la transmisión es de una polea motriz o de dos, si las superficies de las poleas son lisas o recubiertas, así como el arco de contacto de la polea o grados en poleas.
- Tensores: Se requiere conocer el tipo de tensor (gravedad o tornillo). Un tensor de gravedad, la tensión real del lado de retorno puede determinarse cuando se conoce todo el peso soportado por la banda. Los ajustes en el tensor de tornillo son hechos manualmente por lo que la tensión real del lado de retorno es fácilmente determinado, dado que no hay un control específico sobre ella, excepto que será suficiente como para evitar patinamiento entre polea y banda. (ver figura 5)



**Figura 5. Tensores para una banda transportadora**

**Fuente: (Contitech Conveyor Belt Group, 2001)**

- Motor de transmisión: Se requiere conocer los datos de placa del motor como son: la potencia, las r.p.m. y el tipo de sistema de arranque (a través de la línea o controlado). Tales valores permiten una comparación con la potencia calculada e indican hasta qué punto se puede sobrecargar la banda, si llega a ser necesario el uso de toda la potencia del motor.

## 2.5 SELECCIÓN DE MATERIALES

Una adecuada selección de materiales y procesos, garantiza a los diseñadores de partes mecánicas su correcto funcionamiento de los componentes diseñados. El conjunto de fases previas a la selección comprende:

1. Necesidad: Se identifica una categoría o categorías como posibles materiales a usar.
2. Diseño conceptual: Se restringe el tipo de material a usar por el valor del esfuerzo aplicado y la geometría, entre otras variables que deben considerarse.
3. Diseño de formulación: Dentro de la familia de materiales que existen se encuentran los metales, cerámicos, polímeros y compuestos. Dentro de la categoría de metales se encuentran los aceros, en la etapa de formulación se analiza con mayor detenimiento cuál de los diferentes aceros se pueden usar con mayor confianza (si son aceros de bajo, medio o alto carbono o si son aceros de baja o alta aleación). La selección inicial se la puede realizar con datos obtenidos por los proveedores.
4. Diseño en detalle: Un material ideal cumple con la siguiente lista de requisitos: Inagotable y siempre disponible para su reemplazo, barato para refinar y producir, fuerte y rígido y dimensionalmente estable a diferentes temperaturas, que sea liviano, resistente a la corrosión y al desgaste, que no tenga efectos sobre el medio ambiente o las personas, que sea biodegradable, que tenga numerosos usos.
5. Manufactura y Montaje: Los métodos para selección de materiales se basan en una serie de parámetros entre físicos, mecánicos, térmicos, eléctricos y de fabricación que determinan la utilidad técnica de un material.

Debido al alto número de factores que afectan la selección de materiales, se utiliza varios métodos para alcanzar una refinación más o menos amplia de los parámetros, los cuales son:

1. Método Tradicional: El ingeniero escoge el material más adecuado, con base en la experiencia de partes que tiene un funcionamiento similar y que han mostrado buenos resultados. Este método también se lo conoce como materiales de ingeniería de partes similares. El ingeniero se siente seguro con un material y ensayado. Las características del acero son bien conocidas, la disponibilidad del acero está asegurada, sin embargo se debe realizar un estudio del ambiente de trabajo.
2. Método Gráfico: En este método se ayuda de graficas (conocidas como mapas de materiales), en las que se relacionan por pares ciertas propiedades de los materiales. En estos mapas se puede realizar una aproximación del material más adecuado (perteneciente a una familia) basándose en las propiedades más importantes que debe poseer.

Rara vez el comportamiento de un componente depende solo de una propiedad, diagramas como los de Ashby, muestran que las propiedades de las diferentes clases de materiales pueden variar en amplios intervalos (dependiendo del estado de estos), formando grupos que se ubican en áreas cerradas, zonas o campos en tales diagramas. Eso significa, que una misma familia de materiales puede tener una apreciable variación en sus propiedades, generando un campo o zona en los mapas. En los mapas se relacionan propiedades como: resistencia, módulo de elasticidad, densidad, tenacidad, conductividad térmica, expansión y costos.

La selección de materiales con ayuda de estos mapas se hace entonces, encontrando con ayuda de cálculos de resistencia y aplicando criterios de falla de acuerdo a los esfuerzos aplicados.

3. Método con ayuda de bases de datos: Existe una amplia gama de bases de datos sobre materiales, que son comercializadas y distribuidas en base a resultados de investigaciones y ensayos. La base de datos se divide básicamente en dos categorías, numéricas y literarias. Dentro de las más importantes son: ASTM, SAE, ASM, etc. La selección de materiales con ayuda de una base de datos,

parte del conocimiento de las principales propiedades que se deben tener para un fin específico.

## **2.6 ACTUADORES.**

### **2.6.1 GENERALIDADES.**

Un actuador es un dispositivo que convierte una magnitud eléctrica en una salida, generalmente mecánica, el cual produce un efecto sobre el sistema automatizado. Se tratan de elementos que convierten una magnitud eléctrica en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio que se está controlando.

Los actuadores son capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Los actuadores tienen como misión generar movimiento según órdenes dadas por una unidad de control. Se clasifican en tres grupos:

- Neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo.

#### **Movimiento Lineal**

Los cilindros son los dispositivos más comunes en la neumática, éstos nos proporcionan un movimiento lineal. Existen de dos tipos:

- Simple efecto, posee una entrada de aire para producir la carrera de trabajo en un sentido.
- Cilindro de doble efecto, posee dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.

En un actuador neumático lineal lo más importante es que su rozamiento interno sea lo más bajo posible, que pueda utilizarse con o sin lubricación, gran capacidad de amortiguación.

## **Movimiento Rotativo**

En este grupo se encuentran los motores rotativos donde se obtiene el movimiento por un eje mediante aire y presión. Hay de dos tipos motores de aletas rotativas y los motores de pistones axiales.

- Hidráulicos

Este tipo de actuadores necesita para su funcionamiento, una presión ejercida por un líquido, generalmente un tipo de aceite. Los actuadores hidráulicos ofrecen una mayor velocidad y mayor resistencia mecánica, son de gran tamaño, por ello, son usados para aplicaciones donde requieran de una carga pesada.

### **Ventajas**

- Alta potencia y carga
- Mayor exactitud
- Desempeño suave a bajas velocidades
- Amplio rango de velocidad.

La principal desventaja de los actuadores hidráulicos es la existencia de fugas de aceite debido a las elevadas presiones de trabajo.

- Eléctricos

En este grupo se encuentra todo dispositivo que convierta una magnitud eléctrica en una salida, mecánica. Se considera que los actuadores eléctricos utilizan una transmisión de energía más limpia, simple y eficiente. Para integrar los actuadores eléctricos se utilizan controles programables, son altamente versátiles debido a que utilizan cables eléctricos para transmitir señales de control y la electricidad.

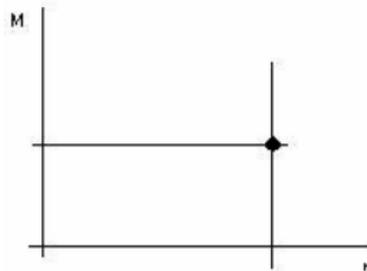
## 2.6.2 TIPOS DE ACTUADORES.

### 2.6.2.1 ELÉCTRICOS.

#### Motores AC.

Este tipo de motores son robustos, sencillos seguros, compactos y necesitan poco mantenimiento. Encontramos:

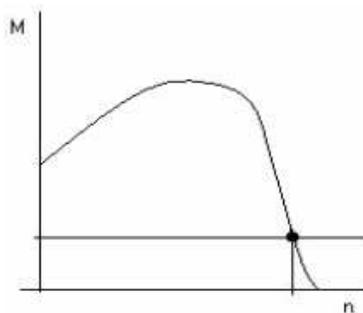
- Monofásico: Posee una única fase y un neutro, sirve para potencias pequeñas (<3KW), puede ser de dos tipos:
- Monofásico Sincrónicos: Se caracterizan por funcionar a una velocidad fija, aun cuando varíe la carga, como se puede apreciar en la figura 6. Su velocidad de giro es constante y viene determinada por la frecuencia de tensión de la red eléctrica a la que está conectado y por el número de pares del motor. Es muy utilizado en los temporizadores, ya que se necesita una velocidad exacta que mantener.



**Figura 6. Velocidad de Motor Síncrono**

**Fuente: (Sánchez, 2007)**

- Monofásicos Asíncronos: Para el funcionamiento de estos motores se basa en una curva par-velocidad (ver figura 7), funcionan a una velocidad aproximadamente fija aunque varíe la carga. La zona de funcionamiento de este tipo de motor se encuentra en una zona en la que la curva es muy vertical.



**Figura 7. Curva Par-Velocidad del Motor Síncrono**

**Fuente: (Sánchez, 2007)**

Presentan iguales características que los monofásicos, sin embargo éstos se pueden poner en marcha sin arrancador. Se utilizan para potencias mayores.

### **Motores DC.**

Este tipo de motores son pesados, caros y necesitan un mantenimiento continuo, debido al chisporroteo continuo de las escobillas. Sin embargo, eran la mejor opción para las aplicaciones en las que se necesita controlar la velocidad y/o par hasta que se desarrolló el variador de frecuencia. Los motores de corriente continua están formados por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan de corriente continua. Su velocidad es fácilmente regulable, para ello se emplea una resistencia variable en el inductor; y se obtiene un cambio de giro al invertir su polaridad.

Las velocidades de rotación que se puede conseguir son de 1000 a 3000 rpm con un comportamiento muy lineal y bajas constantes de tiempo.

- Bobinados en derivación: En estos motores la excitación de las bobinas son en paralelo, por lo que la caída de tensión de la excitación es la misma que la del motor. Encontramos dos tipos:
  1. Con escobillas: Presentan inconvenientes con el mantenimiento.
  2. Sin escobillas: Su funcionamiento es similar al del motor asincrónico.
- Bobinados en serie: Posee una excitación bobinada en serie, provocando que la caída de tensión no sea fija. Su velocidad varía con la carga.

- Con excitación Independiente: De este tipo de motores es muy fácil controlar su velocidad variando la corriente de excitación.
- Servo motores.

Este tipo de motores tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Se encuentra formado por: un motor, caja reductora y un circuito de control.

El control de la posición del motor se realiza en lazo cerrado, se utiliza en máquinas de precisión, tales como máquinas-herramientas, robots, impresoras. Estos tipos de motores incluyen un momento torsión elevada.

## **2.7 SENSORES**

### **2.7.1 GENERALIDADES.**

Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, la cual se puede cuantificar y manipular. La magnitud del exterior o conocida como variable de instrumentación puede ser físicas o químicas, por ejemplo:

- Temperatura
- Intensidad lumínica
- Distancia
- Aceleración
- Inclinación
- Fuerza
- Humedad, etc.

La variable de instrumentación es detectada y transformada en una variable eléctrica que puede ser:

- Resistencia Eléctrica (RTD)
- Capacidad eléctrica (Sensor de Humedad)

- Tensión eléctrica

#### **Características de un Sensor:**

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: Error de medida máximo esperado.
- Sensibilidad: Variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: Mínima variación de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.

#### **2.7.2 TIPOS.**

##### **Según la señal de Salida**

- Analógicos: En este tipo la señal varía en forma continua, su información está en la amplitud.
- Digitales: Su salida varía en forma discreta. Se caracteriza por su fidelidad, fiabilidad y exactitud.

##### **Según el tipo de Funcionamiento**

- Deflexión: La medida se realiza cuando el sensor no ha llegado a su situación de equilibrio.
- Comparación: La medida se realiza cuando el sensor ha llegado a una situación de equilibrio.

##### **Según la variable física Medida**

- Presión
- Temperatura
- Humedad
- Fuerza
- Desplazamiento/Aceleración de objetos/ Velocidad
- Caudal
- Presencia y/o posición de objetos, etc.

## **2.8 CONTROLADORES.**

### **2.8.1 GENERALIDADES**

Los controladores son dispositivos que regulan la variable controlada (presión, temperatura, caudal, etc.) comparándola con un valor determinado, y obteniendo un valor a la salida el cual es el resultado de dicha comparación.

No solo se usan para esquemas de control regulatorio, sino también para realizar estrategias de control secuencial, los cuales son llamados CONTROLADORES DE LÓGICA PROGRAMABLE PLC.

### **2.8.2 PLC.**

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan continuamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria. La operación básica de este controlador se le puede reconocer en tres fases:

- Lectura de señales desde la interfaz de entrada
- Obtención de la señal de control
- Escritura de señales en la interfaz de salida.

Con el fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas.

### **2.8.3 MICROCONTROLADOR**

Es un circuito integrado programable, el cual ejecuta órdenes grabadas en su memoria. Está formado por varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

Cuando es fabricado el microcontrolador, no contiene datos en la memoria ROM. Para que pueda controlar algún proceso es necesario generar y luego grabar en la EEPROM o equivalente del microcontrolador algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje para microcontroladores.

## AVR

Son una familia de microcontroladores en arquitectura computacional RISC (Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas). Es un tipo de diseño de CPU generalmente con las siguientes características fundamentales:

- Instrucciones de tamaño fijo y presentado en un reducido número de formatos.
- Sólo las instrucciones de carga y almacenamiento acceden a la memoria de datos.

Tenemos de algunos tipos:

- ATxmega: procesadores muy potentes con 16 a 384 kB de memoria flash programable
- ATmega: microcontroladores AVR grandes con 4 a 256 kB de memoria flash programable, encapsulados de 28 a 100 pines

## ARDUINO

Es una plataforma de hardware libre consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, y Atmega8 por su sencillez y bajo costo permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales. Se puede observar la placa Arduino en la Figura 8.



**Figura 8. Placa Arduino Uno**

**Fuente: (Arduino, 2011)**

## ESPECIFICACIONES Y MODELOS

Se observa en la Tabla 1 especificaciones de algunos modelos de Arduinos.

**Tabla 1.**

### Especificaciones y Modelos de Placas Arduino

Modelo	Micro	Voltaje de entrada	Voltaje del sistema	Frecuencia de Reloj	Digital I/O	Entradas Analógicas	PWM
Arduino Due	AT91SAM3X8E	5-12V	3,3V	84MHz	54*	12	12
Arduino Leonardo	ATmega32U4	7-12V	5V	16MHz	20*	12	7
Arduino Uno - R3	ATmega328	7-12V	5V	16MHz	14	6	6

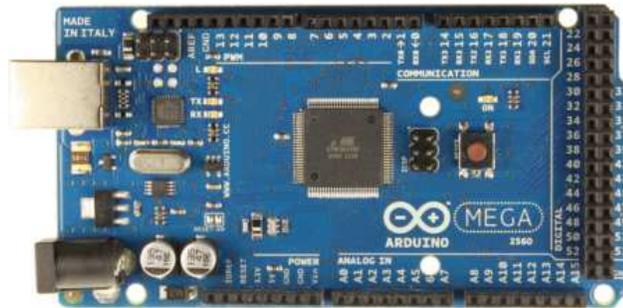
**Fuente: (Arduino, 2011)**

### Arduino Mega

El Arduino Mega es probablemente el microcontrolador más capaz de la familia Arduino. Posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida; 16 entradas análogas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un botón Reset y una entrada para la alimentación de la placa (ver figura 9).

Especificaciones:

- Microcontrolador: ATmega 2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de Entrada: 7-12V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- Pines análogos de Entrada: 16
- Memoria flash: 256Kb



**Figura 9. Arduino MEGA**

**Fuente: (Arduino, 2011)**

## **2.9 COMPONENTES ELECTRÓNICOS**

### **2.9.1 MÓDULO DE SENSOR EFECTO HALL**

El sensor de efecto Hall se sirve para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la medición. Si fluye corriente por un sensor Hall y se aproxima a un campo magnético que fluye en dirección vertical al sensor, entonces el sensor crea un voltaje saliente proporcional al producto de la fuerza del campo magnético y de la corriente.

En la industria del automóvil, el sensor Hall se utiliza de forma frecuente, ej. en sensores de posición del cigüeñal en el cierre del cinturón de seguridad, en sistemas de cierres de puertas, para el reconocimiento de posición del pedal o del asiento. La gran ventaja es la invariabilidad frente a suciedad (no magnética) y agua.

El A3144 es un sensor de efecto Hall con retención de estado. Esto significa que cada vez que un imán este dentro de su rango de sensado, el sensor cambiará su estado, de 0 a 1 o de 1 a 0 según su estado actual, reteniéndolo hasta que de nuevo un imán se encuentre dentro de su rango de sensado, al contrario de otros sensores que solo cambian su estado cuando el imán está cerca, este sensor nos puede facilitar mucho la programación. Compatible con cualquier microcontrolador incluyendo Arduino ver figura 10.

**Especificaciones:**

- Estabilidad superior en variaciones drásticas de temperatura para aplicaciones automotrices o industriales.
- Operación desde 4.5V hasta los 24V el voltaje de alimentación no requiere ser regulado
- Salida de colector abierto de hasta 25mA
- Confiabilidad de un dispositivo de estado sólido.
- Tamaño pequeño
- Alta resistencia a estrés físico



**Figura 10. Módulo de Sensor Efecto Hall**

**Fuente: (Dinastía Tecnológica, 2014)**

### **2.9.2 LDR**

Es un componente electrónico cuya resistencia varía en función de la luz. Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia como el sulfuro de cadmio, CdS.

Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por las elasticidades del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta, y su hueco asociado, conducen la electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia. Los valores típicos varían entre 1 M $\Omega$ , o más, en la oscuridad y 100  $\Omega$  con luz brillante. El tiempo de respuesta típico de un LDR está en el orden de una décima de segundo. El LDR se observa en la figura 11.



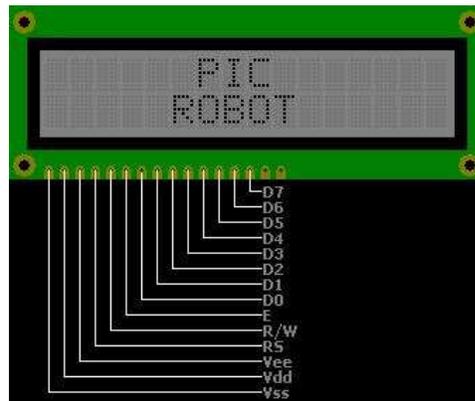
**Figura 11. LDR Fotoresistencia**

**Fuente: (Global Sources, 2007)**

### 2.9.3 PANTALLA LCD

Una pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo para la presentación de imágenes o caracteres.

**PINES:** Cada uno de los pines tiene una funcionalidad la cual se describe en la figura 12 y en la tabla 2.



**Figura 12. Pantalla LCD**

**Fuente: (Picrobot, 2008)**

**Tabla 2.****Distribución de pines en el display**

<b>PIN</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Función</b>
01	Vss	P	GND
02	Vdd	P	Alimentación a 5V
03	Vee	P	Control de contraste
04	RS	I	Selección de Registro / Dato
05	RW	I	Selección de Escritura / Lectura
06	E	I	Enable / Disable
07 - 14	D0 - D7	I/O	Bus de datos
15 - 16	A - K	P	Corresponden al ánodo y cátodo del backlight (si el modelo lo tiene)

## **3. CAPÍTULO 3: DISEÑO MECATRÓNICO**

### **3.1 GENERACIÓN DEL CONCEPTO**

#### **3.1.1 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES**

El desarrollo de un producto se lleva a cabo por dos motivos la manifestación de una necesidad o el reconocimiento de una oportunidad, los cuales comprenden:

- La petición explícita de un cliente (producto por encargo, maquina especial)
- Un estudio de mercado del fabricante (nueva oferta, rediseño de un producto)

Una etapa fundamental para el desarrollo es establecer la definición del producto, la misma que se lleva a cabo al mencionar las especificaciones las cuales constituye la guía y referencia para el diseño y desarrollo.

#### **ESPECIFICACIÓN DEL PRODUCTO**

Es la manifestación de determinaciones, características o prestaciones que debe guiar el diseño y desarrollo. Se puede mencionar dos tipos de especificaciones:

- Requerimiento (R, especificación necesaria)

Son las especificaciones sin la cual la maquina pierde su objetivo.

- Deseo (D, especificación conveniente)

Son las especificaciones no estrictamente necesarias para el objetivo de la máquina, sin embargo mejorarían determinados aspectos de la misma.

Las especificaciones de la Máquina Clasificadora de Truchas se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.****Especificaciones de la Máquina Clasificadora de Truchas**

<b>Empresa Cliente:</b> Hacienda El Prado IASA	<b>Producto:</b> SISTEMA AUTOMÁTICO DE CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE PECES PARA LA ACUICULTURA	<b>Fecha Inicial:</b> 21 de Enero del 2015 <b>Última Revisión:</b> 7 de Agosto 2015
<b>Diseñadores:</b> Pilco Andrea Paredes David		<b>Página 1/1</b>

**ESPECIFICACIONES**

<b>CONCEPTOS</b>	<b>PROPONE</b>	<b>R/D</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Función	C	R	Máquina para clasificar truchas por tamaño: pequeño, mediano y grande.
	C	R	Reconocer y contabilizar las truchas de cada tamaño
Dimensiones	C	R	Espacio disponible máximo para la
	C	R	máquina: 1.5 x 2.5m
	C	R	Truchas de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juveniles: 14 a 19 cm</li> <li>• Engorde: 19 a 26 cm</li> </ul> Peso de truchas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juveniles: 39 a 83 gr.</li> <li>• Engorde: 83 a 197 gr.</li> </ul>
Movimientos	I	D	Banda transportadora
Energía	I	R	Eléctrica 110V AC
Materiales	I	R	Acero Inoxidable y PVC.
Señales y	I	I	Señales digitales de sensores infrarrojos.
Control	I	R	Señales de control para Actuadores

CONTINÚA



Fabricación y Montaje	I	MR	Para la construcción de las piezas de la máquina se requiere: torneado, doblado, taladrado.
	I	NR	La máquina comprende 3 módulos: alimentación, medición y clasificación.
Vida útil y mantenimiento	I	R	En operación: 6 años
		R+D	Mantenimiento Fácil
Costes	I	R	Presupuesto: 2.300 dólares.
Seguridad y Ergonomía	I+C	R+D	Agradable visualmente para el usuario.
	I	D	Máximo de botones: 7
	I+C	R+D	Posee pulsadores de emergencia
	I+C	D	Resguarda el bienestar de las truchas
Impacto Ambiental	I	D	Las piezas de la maquina al ser construidas no desechan contaminantes para el ambiente.
	I+C	D	Los materiales son reutilizables.
Aspectos Legales	I	D	Cumplimiento con la Norma CEMA y Las Buenas Prácticas de Manufactura.

Propone: C= Cliente I= Ingeniería  
R/D: R= Requerimiento MR= Modificación de Requerimiento  
NR= Nuevo Requerimiento D= Deseo

### 3.1.2 DESARROLLO DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD. QFD

Es un método cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición del producto o servicio se han considerado las necesidades y requerimientos del usuario, a la vez que constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo de vida. Se

basa en traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y de la fabricación. Las fases que comprende el proceso de desarrollo de la función de la calidad son cuatro:

- a. Planificación del producto (o casa de la calidad): Interpreta las demandas del cliente en características técnicas del producto.
- b. Despliegue de los componentes: Traduce las especificaciones del producto en características de los componentes.
- c. Planificación del Proceso: Traduce las especificaciones de los componentes en características del proceso de fabricación.
- d. Planificación de la producción: Traduce las especificaciones del proceso en procedimientos de planificación de la producción.

### **CASA DE LA CALIDAD**

En esta fase se traduce las demandas de los usuarios en requerimientos técnicos del producto. Es la aplicación más común, y se distinguen 6 pasos:

#### 1. Voz del Usuario

Describe las demandas de los usuarios, es decir, requerimientos y deseos. En esta etapa se realizó un diagrama de afinidad y se procedió de la siguiente manera:

Se realizó un brainstorming (o lluvia de ideas) entre las personas a cargo del proyecto, donde se manifestó todos los requerimientos y deseos sobre la Máquina Clasificadora de truchas, el cual se puede observar en la siguiente figura 13.



**Figura 13. Lluvia de ideas de la Máquina Clasificadora de Truchas.**

## 2. Análisis de la Competencia

En esta fase se debe plantear ciertas especificaciones para la competencia, con el objetivo de conocer si la competencia cumple con ellas, esta evaluación se realiza con una ponderación del 1 al 5. Se compilan los datos y se introducen en la casa de la calidad. Para la Máquina Clasificadora de truchas se escogió a empresas que ofrecen el servicio las cuales son:

- Competidor 1: Marelec Food Technologies

Esta empresa ha estado presente en el mundo de la pesca desde 1983. Posee experiencia y conocimiento con relación a los sistemas de pesaje y clasificación resultan muy valiosos, dando como resultado unos equipos enormemente fiables que pesan y clasifican pescado a la perfección tanto en tierra como en mar. Las características únicas: la robustez, la precisión de alta velocidad y el diseño de encargo se aplican también a los

sistemas de carne y de aves de corral. Los sistemas automáticos de control de tracción y otros sistemas electrónicos de pesca son los más importantes en el mundo de la mar. (Marelec, 2010)

- Competidor 2: Aquaservice

Aquaservice S. A. desarrolla soluciones de alta calidad y tecnología para la industria acuícola. Por lo mismo es una empresa ágil y moderna en busca de los mejores procesos de trabajo, garantizando la calidad de los productos y servicios, con la ambición de satisfacer las necesidades de los clientes. (Aquaservice SA, 2004)

### 3. La voz del ingeniero

Es la traducción de las demandas subjetivas de los clientes en características técnicas objetivas del producto, en este paso se debe crear una lista de características técnicas que pueden dar cumplimiento a las demandas. Al realizar las demandas subjetivas se definieron las que se pueden observar en la Tabla 4:

**Tabla 4.**

**Características técnicas.**

<b>VOZ DE USUARIO</b>	<b>VOZ DEL INGENIERO</b>
Fácil de transportar	Máquina modular de sencillo desmontaje
Rápida	Componentes motrices de velocidad moderada
Fácil operación	Interfaz amigable con el usuario
Higiénica	Material de calidad inoxidable
Segura	Elementos aislados y con protecciones

CONTINÚA



---

Ligera	Materiales ligeros y de espesores moderados
Fuente de energía disponible	110 VAC
Precisión	Mecanismo de sensado de respuesta rápida
Fácil mantenimiento	Mecanismos de bajo nivel de complejidad

---

#### 4. Correlaciones

En este punto se debe decidir hasta qué punto se podrá satisfacer las demandas a partir de las características técnicas elegidas, la respuesta se la puede dar en tres niveles: fuerte, mediano y débil.

#### 5. Evaluación técnica

Después que se ha concluido con el paso anterior, se revisa el cuadro de importancia porcentual en donde se mostrara las características técnicas de importancia.

En este punto se puede concluir que la característica más importante obtuvo un 17%, la cual corresponde a Número de Módulos, es decir, lo más importante será mantener el menor de los mismos.

#### 6. Compromisos técnicos

El techo de la casa de la calidad contiene los distintos compromisos entre las características técnicas del producto que la empresa debe decidir para situarse lo mejor posible en el mercado. Las correlaciones pueden ser las siguientes:

- Correlación Positiva: Al mejorar una característica técnica, también mejora la otra.
- Correlación Negativa: Al mejorar una característica técnica, empeora la otra.
- Sin correlación: Las variaciones de dos características técnicas no tienen influencia mutua.

En el techo de la casa de calidad de Máquina Clasificadora de truchas se puede observar correlaciones positivas entre:

- Robustez: Materiales, número de módulos, número de piezas, dimensiones, peso.
- Proceso de fabricación: Materiales
- Materiales: Peso
- Numero de módulos: Número de piezas, dimensiones y peso.
- Número de piezas: Dimensiones y peso.
- Dimensiones: Peso.
- Elementos Aislados: Protección eléctrica.
- Control Amigable con el Usuario: Asesoramiento técnico.

La Casa de Calidad de la Máquina Clasificadora de Truchas se la puede observar en Anexos.

### **3.1.3 MODULARIDAD DEL PRODUCTO**

Es conveniente que cada una de las funciones sea realizada por un solo módulo, si no es posible se debe delimitar las funciones que cada módulo. Entre los módulos se puede encontrar las siguientes interfaces de relación:

- a. Interfaz mecánico: Superficie por medio de la cual se establece una unión mecánica entre dos módulos de un producto o sistema.
- b. Interfaz de energía: Superficie por la cual se establece un flujo de energía entre módulos de un producto o sistema. Las más frecuentes son las de alimentación eléctrica, aire comprimido y de fluido hidráulico.
- c. Interfaz de transferencia de materiales: Superficie por la cual se establece una transferencia de material entre módulos de un producto o sistema.
- d. Interfaz de señal: Se establece un flujo de señal entre módulos de un producto del sistema, por ejemplo la comunicación de imagen entre la unidad central y la pantalla de un ordenador.

### 3.1.4 DIAGRAMA FUNCIONAL

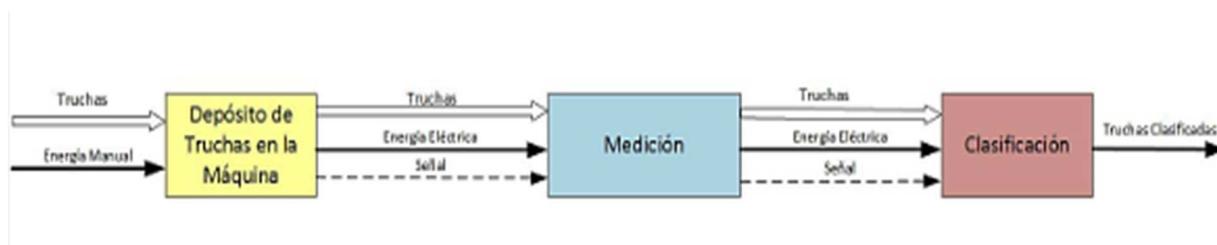
Un diagrama funcional es una representación gráfica de un sistema, su propósito en ingeniería es el de desglosar el sistema en todas las partes necesarias para que éste funcione. Al realizar esta división se puede abordar el problema de diseño de forma paulatina y por secciones, así, cuando una sección es diseñada, construida y luego probada se puede pasar al desarrollo de la siguiente sección, asegurando el funcionamiento general de la máquina.

El diagrama funcional se construye partiendo de la función principal del sistema que se busca diseñar, a continuación se desarrollan diferentes niveles en los que se expande la función principal en partes más específicas que en conjunto construyen al sistema completo. Este proceso está relacionado con los anteriores puntos desarrollados, su elaboración parte de la información recopilada de tal forma que el producto final responda a los requerimientos que garanticen un producto óptimo y útil para el usuario. El nivel 0 se observa en la figura 14:



**Figura 14. Diagrama Funcional Nivel 0.**

En el nivel 1 se establece las funciones principales de la máquina, se puede observar en la figura 15:



**Figura 15. Diagrama Funcional Nivel 1.**

En el nivel dos se establecen los módulos de la Máquina Clasificadora de Truchas, se observa en la figura 16:

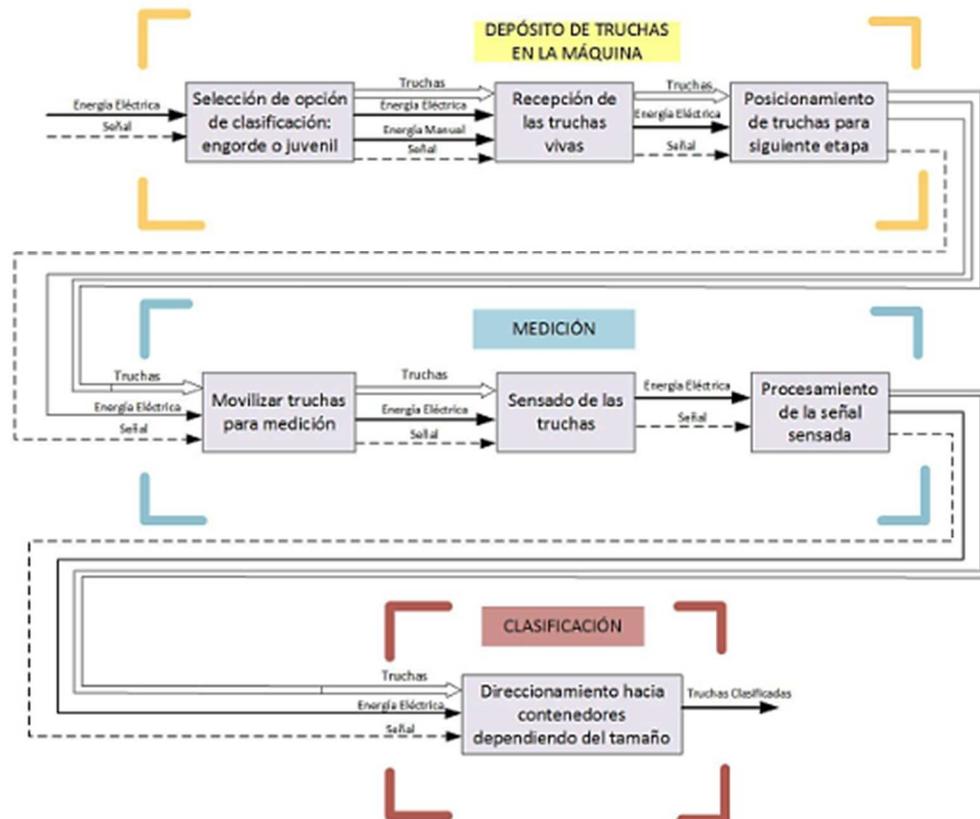


Figura 16. Diagrama Funcional Nivel 2.

### 3.2 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO

#### 3.2.1 MÓDULO 1: DEPÓSITO DE TRUCHAS EN LA MÁQUINA

El usuario debe seleccionar si desea medir peces juveniles o engorde, seguida de esta acción puede ubicar los peces en el contenedor los cuales van a ser posicionados, es decir las acciones de este módulo son:

- Selección de clasificación: engorde o juvenil
- Recepción de las truchas vivas

- Posicionamiento de truchas para siguiente etapa

### 3.2.1.1 SELECCIÓN DE CLASIFICACIÓN: ENGORDE Y JUVENIL

#### 1. Switch de tres posiciones

Para seleccionar el tipo de peces que se desea medir se va a utilizar un Switch de tres posiciones, si su posición es en cero (0) no se seleccionará ninguna medición; únicamente cuando se accione a la derecha para juvenil e izquierda para engorde. El tipo de switch a utilizar se lo puede observar en la figura 17.



**Figura 17. Switch de tres posiciones**

**Fuente: (Stereon, 2004)**

#### VENTAJAS

- Costo
- Facilidad de instalación
- Tamaño

#### DESVENTAJAS

- No permite más opciones

#### 2. Pantalla HMI

En la pantalla HMI se mostrará las opciones de los peces que pueden ser medidos como es: juveniles y de engorde. En esta pantalla se podrá mostrar historiales. La pantalla HMI se puede observar en la figura 18.



**Figura18. Pantalla HMI**

**Fuente: (Direct Industry, 2006)**

### **Ventajas**

- Interacción con el usuario
- Despliegue de mayor información
- Versatilidad

### **Desventajas**

- Costo
- Instalación
- Necesita Programación

### **3. Pulsadores**

El usuario puede seleccionar el tipo de peces que desea medir a través de dos pulsadores, los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo. Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se lo presiona, vuelve a su posición de reposo, el pulsador a utilizar se lo observa en la figura 19.



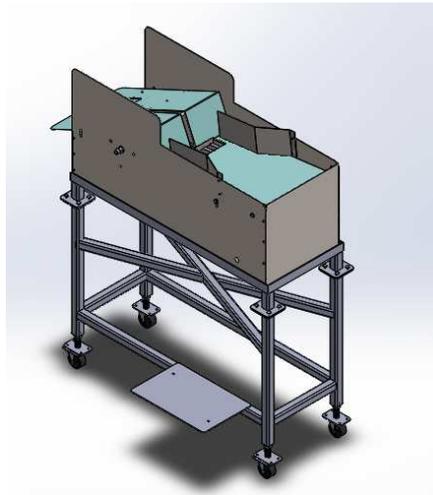
**Figura 19. Pulsadores eléctricos.**

**Fuente: (Masterlock, 2011)**

### 3.2.1.2 RECEPCIÓN DE LAS TRUCHAS VIVAS

#### 1. Plataforma Inclinada

Los peces serán ubicados por el usuario en la plataforma inclinada del contenedor, el cual posee a sus extremos unos sujetadores para que el pez se ubique de una mejor manera. El mismo se lo puede observar en la figura 20.



**Figura 20. Contenedor con Plataforma Inclinada**

#### **Ventajas**

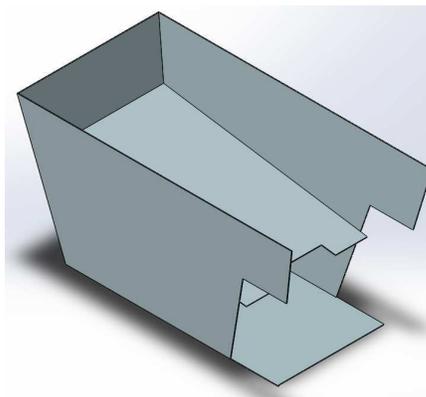
- Costo
- Mantenimiento
- Alto grado de confiabilidad

#### **Desventajas**

- Cantidad de peces
- Velocidad de Trabajo
- Fabricación
- Posee mecanismo extra.

## 2. Contenedor

El contenedor se caracteriza por poseer una base inclinada, en la cual se ubicaran los peces se lo puede observar en la figura 21.



**Figura 21. Contenedor para peces.**

### **Ventajas**

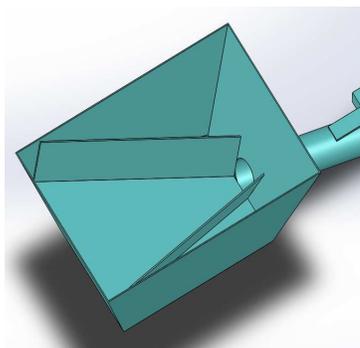
- Costo
- Fácil Construcción
- Mantenimiento

### **Desventajas**

- Cantidad de peces

## 3. Contenedor en forma de embudo

Es un recipiente donde son ubicados los peces, en la parte inferior del mismo se encuentra un tubo con una abertura la cual va disminuyendo su diámetro, el contenedor en forma de embudo se lo puede observar en la figura 22.



**Figura 22. Contenedor con forma de Embudo**

### **Ventajas**

- Fácil Mantenimiento
- Cantidad de peces

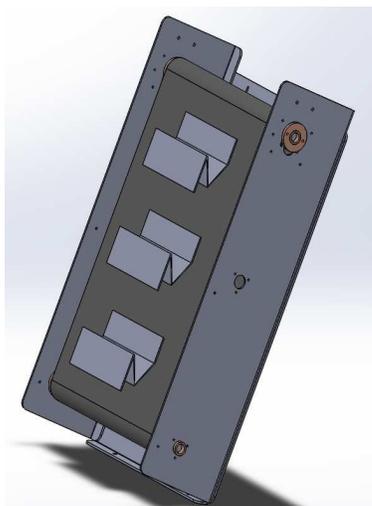
### **Desventajas**

- Por la forma del contenedor puede permitir el paso de un pez pequeño y un grande.
- Fabricación

## **3.2.1.3 POSICIONAMIENTO DE TRUCHAS PARA LA ETAPA DE MEDICIÓN**

### **1. Banda transportadora con sujetadores**

Es la banda encargada de recoger a los peces de uno en uno desde el contenedor. Los sujetadores ayudan a que no se pueda ubicar más de un pez. El movimiento de la banda se lo realizaría con un motor reductor DC, la banda transportadora se la puede observar en la figura 23.



**Figura 23. Banda transportadora con sujetadores**

### **Ventajas**

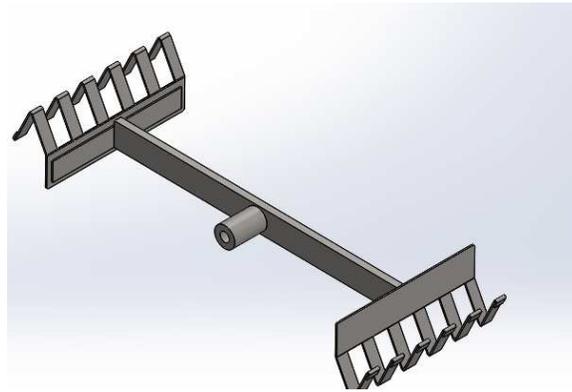
- Robusto
- Permite la sujeción de los peces.

### **Desventajas**

- Costo
- Construcción
- Los peces al estar vivos y en movimiento podrían caer del sujetador.
- Construcción de los componentes

## **2. Brazo giratorio**

Consiste en un brazo giratorio con dos sujetadores a sus extremos los cuales son los encargados de trasladar a los peces de uno en uno hasta la siguiente etapa, el brazo se lo puede observar en la figura 24.



**Figura 24. Brazo Giratorio.**

### **Ventajas**

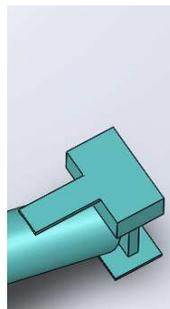
- Construcción
- No requiere mecanismos adicionales.

### **Desventajas**

- El pez puede salir del contenedor

### **3. Compuerta Controlada**

El contenedor posee una puerta controlada, es decir, por un lapso de tiempo muy corto (1 segundo) se encontraría abierta, transcurrido dicho tiempo se cerraría. Este mecanismo se lo realizaría con un electroimán (ver figura 25).



**Figura 25. Compuerta Controlada**

### **Ventajas**

- Fácil elaboración
- Modulo Compacto

### Desventajas

- Costo
- Al momento que la compuerta se cierre puede pasar un pez y ser atrapado por la puerta.

De acuerdo a las soluciones para cada función del módulo 1, se estable la tabla 5 para encontrar alternativas.

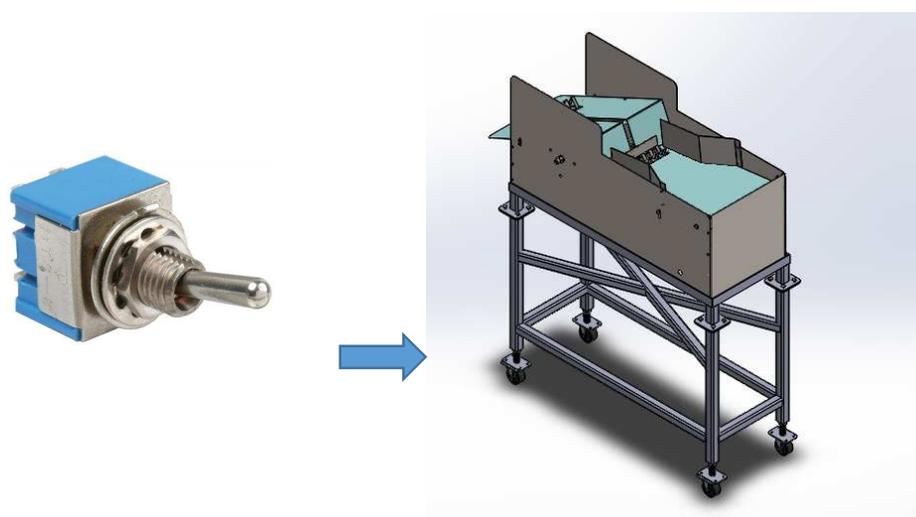
**Tabla 5.**

### Combinación de soluciones para el Módulo 1

FUNCIÓN	COMPONENTE		
Selección de opción de clasificación: engorde o juvenil	Selector de tres posiciones	HMI	Dos pulsadores eléctricos
Recepción de truchas vivas	Contenedor con plataforma inclinada	Contenedor	Contenedor tipo embudo
Posicionamiento de truchas para siguiente etapa	Banda Transportadora con sujetadores	Brazo Giratorio	Puerta Controlada
			<b>Alternativa 1</b>
			<b>Alternativa 2</b>
			<b>Alternativa 3</b>

### Alternativa 1

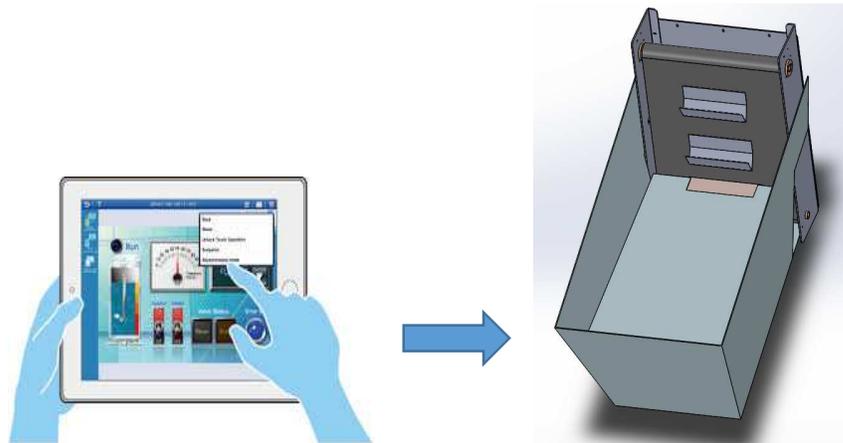
El usuario puede escoger si los peces que desea medir corresponden a la etapa juvenil o de engorde a través del selector. Seguidamente, puede ubicar a los peces en el contenedor con plataforma inclinada el cual posee un mecanismo de un brazo giratorio con sujetadores, los cuales son los encargados de seleccionar a los peces de uno en uno. La alternativa 1 se la puede observar en la figura 26.



**Figura 26. Ensamble de la Alternativa 1 para el Módulo 1**

### Alternativa 2

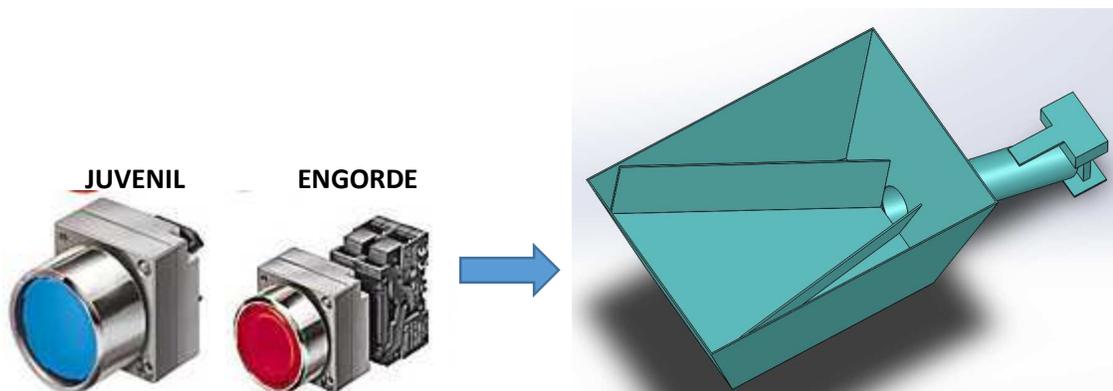
La primera función de este módulo corresponde a seleccionar el tipo de peces que se desea medir ya sea de engorde o juvenil a través de la pantalla HMI, posteriormente se coloca los peces en el contenedor, en el cual está ubicada una banda transportadora con sujetadores los cuales son los encargados de atrapar a los peces de uno en uno hasta la siguiente etapa. La alternativa 2, se observa en la figura 27.



**Figura 27. Ensamble de la Alternativa 2 para el Módulo 1**

### Alternativa 3

La primera acción que el usuario realiza es seleccionar el tipo de peces que desea medir, esto lo hace a través de dos pulsadores eléctricos, de los cuales cada uno corresponde al tipo de peces ya sea juvenil o de engorde, seguidamente deposita a los peces en el contenedor el cual posee una abertura con un diámetro definido y un tubo inclinado, al final de dicho tubo se ubica una puerta controlada la cual se cierra y abre en el lapso de 1 segundo (ver figura 28).



**Figura 28. Ensamble de la Alternativa 3 para el Módulo 1**

### 3.2.1.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 1: DEPÓSITO DE TRUCHAS EN LA MÁQUINA

Para elegir entre diversas alternativas se va a utilizar el método original corregido de criterios ponderados que, sin necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos. Se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor,  $>$ ) que el de las columnas.
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente ( $=$ ) al de las columnas.
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor,  $<$ ) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar una valoración nula); después en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Por último, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio. Los criterios que se consideran más importantes en el módulo 1 son:

- **Distribución de los peces:** Los peces puedan ser atrapados de uno en uno para llevarlos a la medición.
- **Funcionalidad:** Que el sistema funcione correctamente, y sea rápido.
- **Costo:** El costo del diseño sea el menor, ya que es un requerimiento en las especificaciones.
- **Tamaño:** Que el sistema pueda ser del menor tamaño posible, para que pueda ser transportable.

Se realiza la tabla de ponderaciones para cada criterio y de cada solución como se muestra desde la tabla 6 hasta la tabla 10.

**Tabla 6.****Determinación del peso específico de cada criterio para el Módulo 1**

Criterio	Distribución	Funcionalidad	Costo	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
Distribución		1	1	1	4	<b>0.46</b>
Funcionalidad	0		1	0	2	0.18
Costo	0	0		1	2	0.18
Tamaño	0	0	1		2	0.18
				SUMA	11	1

Seguidamente, se evalúa cada criterio con sus alternativas:

**Tabla 7.****Evaluación del criterio de Distribución para el Módulo 1.**

Distribución	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	<b>0.50</b>
Alternativa 2	0		1	2	0.33
Alternativa 3	0	0		1	0.17
			SUMA	6	1.00

**Tabla 8.****Evaluación del criterio de Funcionalidad para el Módulo 1.**

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	<b>0.50</b>
Alternativa 2	0		1	2	0.33
Alternativa 3	0	0		1	0.17
			SUMA	6	1.00

**Tabla 9.****Evaluación del Criterio de Costo para el Módulo 1**

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0.14
Alternativa 2	1		1	3	<b>0.43</b>
Alternativa 3	1	1		3	<b>0.43</b>
			SUMA	7	1.00

**Tabla 10.****Evaluación del criterio de Tamaño para el Módulo 1.**

Tamaño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	0.14
Alternativa 2	1		1	3	<b>0.43</b>
Alternativa 3	1	1		3	<b>0.43</b>
			SUMA	7	1.00

Con la evaluación de cada uno de los criterios, se elabora un resumen de resultados que se muestra en la tabla 11. Se concluye que la mejor alternativa es la 1.

**Tabla 11.****Evaluación de Conclusiones del Módulo1: Alimentar.**

CRITERIO	Distribución	Funcionalidad	Costo	Tamaño	SUMA	
Alternativa						
1	0.181818182	0.136363636	0.02597403	0.02597403	0.37012987	1
Alternativa						
2	0.121212121	0.090909091	0.07792208	0.07792208	0.36796537	2
Alternativa						
3	0.060606061	0.045454545	0.07792208	0.07792208	0.26190476	3

**3.2.2 MÓDULO 2: MEDICIÓN**

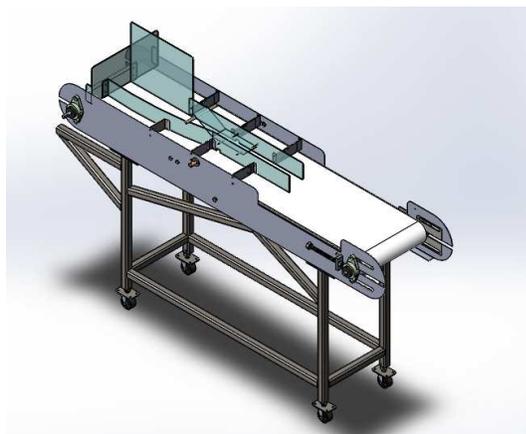
En el módulo 2 el objetivo es movilizar al pez hacia el sistema de medición donde se obtendrá la longitud del mismo, seguidamente se debe enviar una señal a un controlador.

Las funciones del módulo son:

- Movilizar truchas para medición
- Sensado de las truchas
- Procesamiento de la señal sensada

**3.2.2.1 MOVILIZAR TRUCHAS PARA MEDICIÓN****1. Banda Transportadora con soportes**

Para movilizar a las truchas se puede utilizar una banda transportadora la cual es arrastrada por la fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. En el inicio de la banda se colocara una pared de acrílicos para posicionar al pez y obtener su medida. La Banda transportadora con soportes se puede observar en la figura 29.



**Figura 29. Banda Transportadora con acrílicos.**

### **Ventajas**

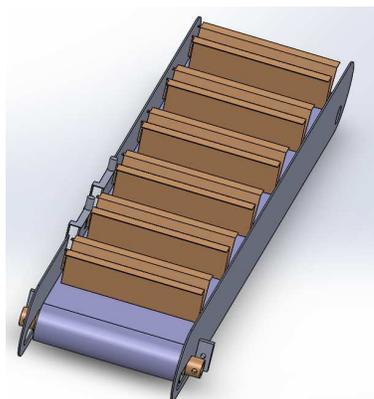
- Mantenimiento
- Robustez
- Control

### **Desventajas**

- Costo
- Instalación
- Fabricación

## **2. Banda Transportadora con sujetadores en V**

Para movilizar a los peces hacia el sistema de medición se puede utilizar una banda transportadora con sujetadores en V, ya que ayudaría a posicionar al pez para su desplazamiento. La Banda transportadora con sujetadores se observa en la figura 30.



**Figura 30. Banda Transportadora con sujetadores en V.**

#### **Ventajas**

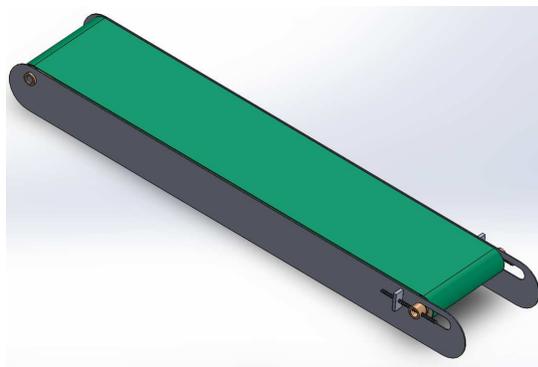
- Posiciona al pez
- Mayor versatilidad para su medición

#### **Desventajas**

- Costo
- Fabricación

### **3. Banda Transportadora**

Para movilizar a los peces se puede ocupar una banda transportadora sin ningún accesorio en su superficie, permitiendo un movimiento libre en los peces. La banda transportadora mencionada se observa en la figura 31.



**Figura 31. Banda Transportadora sin accesorios extras**

**Ventajas**

- Mantenimiento
- Movimiento libre del pez.

**Desventajas**

- Costo
- Fabricación
- Funcionalidad

**3.2.2.2 SENSADO DE LAS TRUCHAS****1. Línea de sensores Infrarrojos**

Se basa en la combinación de un emisor y un receptor próximos entre ellos, el emisor es un diodo LED infrarrojo y el componente receptor el fototransistor. Cuando el pez atraviesa los sensores, interrumpe la luz infrarroja emitida, y de acuerdo al número de sensores que se haya interrumpido se obtendrá la longitud del pez. La señal que se obtiene de este sensor es digital. El modelo del sensor digital a usar se observa en la figura 32.



**Figura 32. Sensor Infrarrojo**

**Fuente: (Valero, 2014)**

**Ventajas**

- Precisión en la medida
- Programación

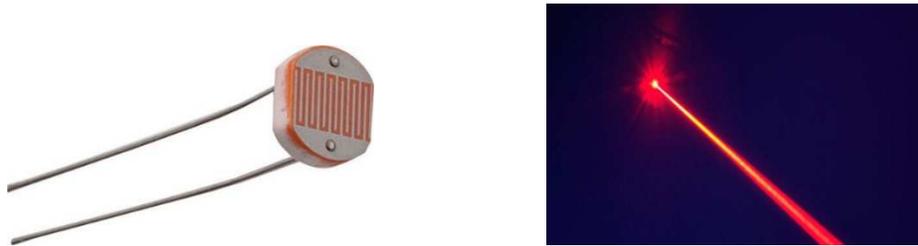
**Desventajas**

- Cantidad de sensores a utilizar

- Costo
- Montaje

## 2. LDR + LÁSER

Al ubicar un solo sensor infrarrojo se obtendrá la longitud del pez, de acuerdo al tiempo que se tarde el pez en interrumpir la señal (ver figura 33).



**Figura 33. LDR + Láser**

### Ventajas

- Costo
- Montaje

### Desventajas

- Mayor dificultad en la programación
- Precisión

## 3. Balanza

Para obtener la longitud del pez se puede basar en el peso del mismo, como se puede observar en la siguiente tabla 12.

**Tabla 12.****Masa y longitud de los peces**

Masa	Longitud
g	cm
196.80	25.16
151.62	23.09
113.91	21.01
83.04	18.93
58.32	16.85
39.07	14.76
24.60	12.67
14.25	10.58
7.29	8.48
3.00	6.33
0.32	3.02
0.11	2.13

Para obtener el peso del pez se puede ocupar una balanza digital (ver figura 34).

**Figura 34. Balanza Digital**

**Fuente: (PCE, 2011)**

### Ventajas

- Precisión en el peso
- Mantenimiento
- Control

### Desventajas

- Costo
- Montaje

## 3.2.2.3 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL SENSADA

### 1. PIC + LOGO

La señal enviada por el mecanismo de medida puede ser receptada por el PIC ya que el LOGO solamente tiene 8 entradas y 4 salidas digitales. El logo no necesita licencia para ser programado es de software libre (ver figura 35).



**Figura 35. PIC + LOGO**

**Fuente: (Siemens, 2014)**

### Ventajas

- Facilidad en el Control
- Robustez
- Software Libre

### Desventajas

- Costo
- Montaje
- Programación

## 2. PLC

El mecanismo que mida la longitud del pez debe enviar la señal al PLC (ver figura 36), si se desea obtener más entradas o salidas digitales se puede adquirir módulos extras.



**Figura 36. PLC SIEMENS**

**Fuente: (TecnoIngeniería, 2009)**

### Ventajas

- Robustez
- Mayor rapidez en la respuesta
- Fácil programación
- Mayor Flexibilidad

### Desventajas

- Costo
- No posee software libre

## 3. ARDUINO

El mecanismo de medición debe enviar una señal a una placa Arduino en el cual se procesará la medición que haya sido recibida, ver la figura 37.



**Figura 37. Placa Arduino Uno**

**Fuente: (Arduino, 2011)**

De acuerdo a las soluciones para cada función del módulo, se establece la tabla 13 para encontrar alternativas.

**Tabla 13.**

**Combinación de soluciones para el Módulo 2**

FUNCIÓN	COMPONENTE		
Movilizar truchas para medición	Banda transportadora con soportes	Banda transportadora con sujetadores en V	Banda transportadora
Sensado de truchas	Línea de sensores infrarrojos	LDR + LÁSER	Balanza
Procesamiento de la señal	PIC+LOGO	PLC	Arduino

**Alternativa 1**

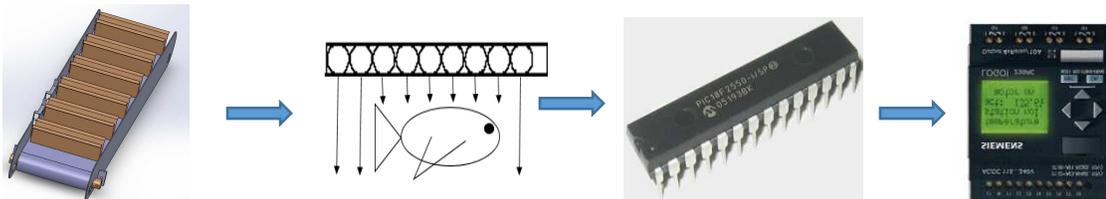
**Alternativa 2**

**Alternativa 3**

**Alternativa 4**

### Alternativa 1

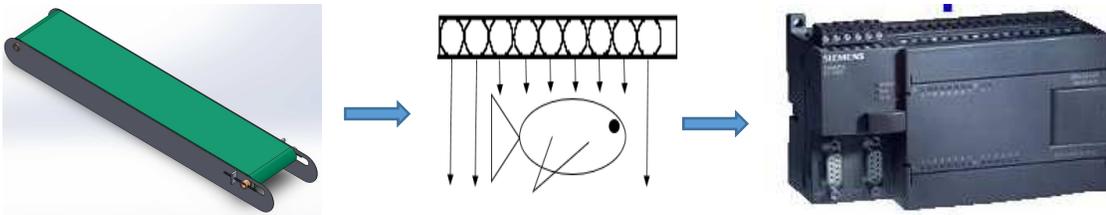
El pez será ubicado en una banda transportadora en V, los sensores encargados de la medición del pez se ubican en hilera a una determinada distancia, obtendrán la medida del pez según la cantidad de sensores que el pez haya interrumpido la luz infrarroja, esta lectura es enviada al PIC el cual receptara la lectura en sus entradas digitales, a continuación enviara un promedio al LOGO (ver figura 38).



**Figura 38. Ensamble de la Alternativa 1 para el Módulo 2**

### Alternativa 2

El pez será trasladado en una banda transportadora, los sensores encargados de la medición del pez se ubican en hilera a una determinada distancia; se obtendrá la medida del pez según la cantidad de sensores en los que el pez haya interrumpido la luz infrarroja, esta lectura es enviada al PLC (ver figura 39).



**Figura 39. Ensamble de la Alternativa 2 para el Módulo 2**

### Alternativa 3

Al pez se lo posicionará en la banda transportadora con ayuda de los soportes acrílicos ubicados en sus extremos. Se ubicará un láser a un extremo y un LDR al otro extremo de la banda, al momento que la luz láser sea interrumpida comenzará la medición; se determinará el tamaño del pez según el tiempo que la señal sea interrumpida; al ser la

velocidad constante y con el valor del tiempo podemos calcular distancia obteniendo así la longitud. Esta información será enviada a una placa Arduino. (Ver figura 40).



**Figura 40. Ensamble de la Alternativa 3 para el Módulo 2**

#### **Alternativa 4**

Para clasificar los peces por su tamaño se puede obtener su peso primero, es por eso que la medición se puede realizar con la ayuda de una balanza digital la cual enviará el dato al PLC y en el mismo se realizaran las comparaciones para determinar su tamaño (ver figura 41).



**Figura 41. Ensamble de la Alternativa 4 para el Módulo 2**

#### **3.2.2.4 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 2: MEDICIÓN**

Los criterios que se consideran más importantes en el módulo 2 son:

- **Precisión:** Se refiere al sistema para obtener la medida del pez, y el envío de la señal.
- **Mantenimiento:** La facilidad de mantenimiento es un deseo y requerimiento.
- **Costo:** El costo del producto se encuentra en los requerimientos.
- **Tamaño:** No exceda el espacio disponible para la máquina.

Se realiza la tabla de ponderaciones de los criterios y de cada solución, desde la tabla 14 hasta la tabla 18.

**Tabla 14.****Determinación del peso específico de cada criterio**

Criterio	Precisión	Mantenimiento	Costo	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
Precisión		1	1	1	4	<b>0.29</b>
Mantenimiento	0		1	1	3	0.21
Costo	0.5	1		1	3.5	0.25
Tamaño	0.5	1	1		3.5	0.25
				SUMA	14	1

**Tabla 15.****Evaluación del criterio de Precisión**

Precisión	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa	$\Sigma+1$	Ponderación
	1	2	3	4		
Alternativa 1		1	1	0.5	3.5	0.28
Alternativa 2	1		0	1	3	0.24
Alternativa 3	1	1		1	4	<b>0.32</b>
Alternativa 4	0.5	0.5	0		2	0.16
				SUMA	12.5	1.00

**Tabla 16.****Evaluación del criterio de Mantenimiento**

	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa		
Mantenimiento	1	2	3	4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0	0	1	1	0.12
Alternativa 2	0.5		1	1	2.5	0.29
Alternativa 3	1	1		1	3	<b>0.35</b>
Alternativa 4	0	0	1		2	0.24
				SUMA	8.5	1.00

**Tabla 17.****Evaluación del criterio de Costo**

	Alternativa	Alternativa	Alternativa	Alternativa		
Costo	1	2	3	4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	0	0.5	2	0.24
Alternativa 2	0.5		0	0.5	1.5	0.18
Alternativa 3	1	1		1	3	<b>0.35</b>
Alternativa 4	0.5	0	0.5		2	0.24
				SUMA	8.5	1.00

**Tabla 18.****Evaluación del criterio de Tamaño**

Tamaño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0	0.5	1.5	0.19
Alternativa 2	0.5		0	0.5	1.5	0.19
Alternativa 3	1	1		1	3	<b>0.38</b>
Alternativa 4	0.5	0.5	0		2	0.25
				SUMA	8	1.00

Con la evaluación de cada uno de los criterios, se elabora un resumen de resultados que se muestra en la tabla 19. Se concluye que la mejor alternativa es la 3.

**Tabla 19.****Evaluación del Conclusiones del Modulo2: Medir**

CRITERIO	Precisión	Funcionalidad	Costo	Tamaño	SUMA	
Alternativa 1	0.08	0.02521008	0.05882353	0.05882353	0.22285714	2
Alternativa 2	0.06857143	0.06302521	0.04411765	0.04411765	0.21983193	3
Alternativa 3	0.09142857	0.07563025	0.08823529	0.08823529	0.34352941	1
Alternativa 4	0.04571429	0.05042017	0.05882353	0.05882353	0.21378151	4

### 3.2.3 MÓDULO 3: CLASIFICACIÓN

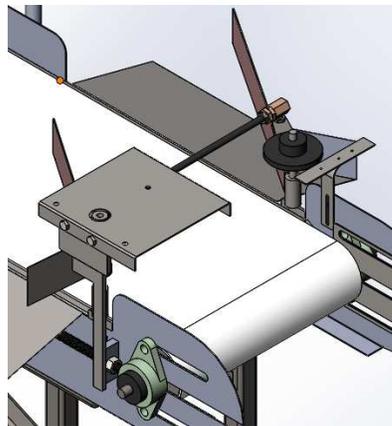
En el módulo tres se movilizan los peces hacia el sistema clasificador donde se direcciona a cada trucha según el tamaño. Las funciones que se realizan en el módulo son:

- Direccionar

#### 3.2.3.1 DIRECCIONAR

##### 1. Compuertas Paralelas

El mecanismo consiste en dos compuertas paralelas que al desplazarse en el sentido de las manecillas del reloj direccionan al pez hacia un costado y si se desplaza en contra de las manecillas del reloj lo direccionan hacia el otro costado de la banda donde se encontraran las cubetas para cada tamaño (ver figura 42).



**Figura 42. Compuertas Paralelas**

##### **Ventajas**

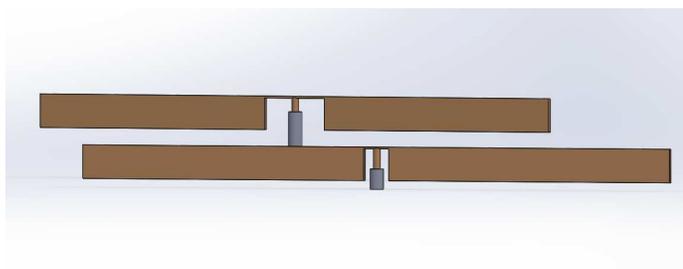
- Construcción
- Mantenimiento
- Montaje

##### **Desventajas**

- Costo
- Necesita un motor

## 2. Paletas Escalonadas

Este mecanismo podrá ser utilizado en el sistema de medición por balanza ya que no habrá movilización y solamente se direccionara al pez a su respectivo lugar (ver figura 43).



**Figura 43. Paletas Escalonadas**

### Ventajas

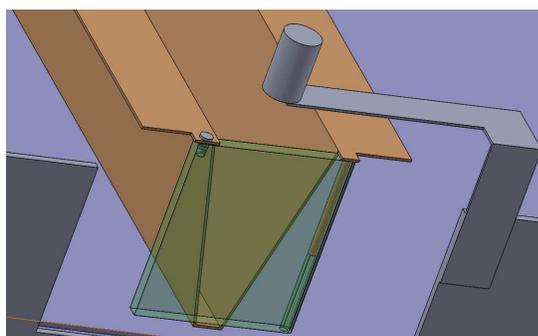
- Control más sencillo
- Costo

### Desventajas

- Necesita Motor
- Respuesta debe ser rápida
- Montaje

## 3. Compuerta Individual

En la banda transportadora se va a ubicar compuertas, las cuales se abrirán cuando correspondan a su tamaño, este mecanismo funcionará de la manera deseada en la banda inclinada en V (ver figura 44).



**Figura 44. Compuerta Individual**

### **Ventajas**

- Fabricación
- Manipulación del pez más sencillo

### **Desventajas**

- Costo
- Requiere una alta velocidad de respuesta
- Requiere de un motor

De acuerdo a las soluciones para cada función del módulo, se estable la tabla 20 para encontrar alternativas.

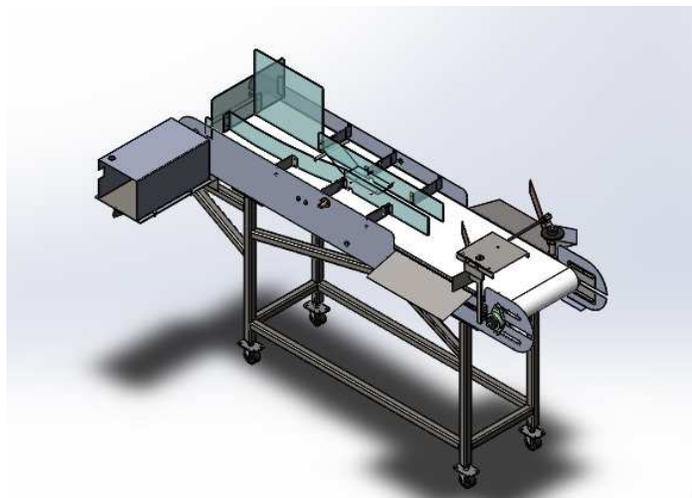
### **Tabla 20.**

#### **Combinación de Soluciones para el Módulo 3**

<b>FUNCIÓN</b>	<b>COMPONENTE</b>		
Direccionar	Compuertas Paralelas	Compuertas Individuales	Paletas Escalonadas
			<b>Alternativa 1</b> <b>Alternativa 2</b> <b>Alternativa 3</b>

### Alternativa 1

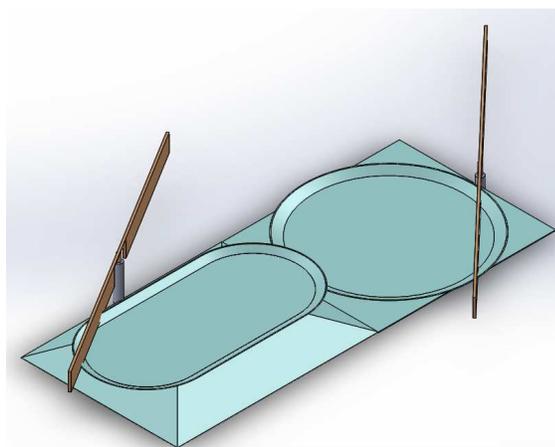
El pez va a ser trasladado en una banda transportadora en el cual se va a encontrar unas compuertas paralelas dirigidas por un motor, según la señal que haya recibido se va a mover en sentido de las manecillas del reloj o en contra, para así desplazar al pez a su cubeta correspondiente (ver figura 45).



**Figura 45. Ensamble de la Alternativa 1 para el Módulo 3.**

### Alternativa 2

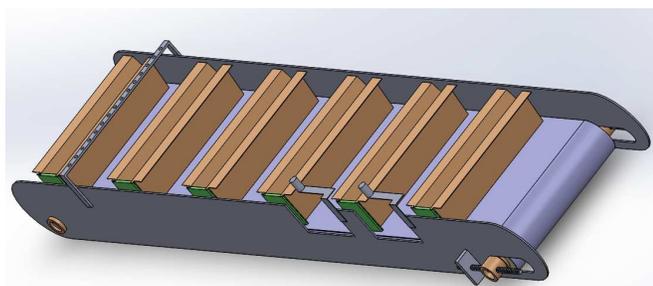
El pez está posicionado en la balanza y cuando se concluya su tamaño se accionará la paleta correspondiente, ubicándose una bajo otra (ver figura 46).



**Figura 46. Ensamble de la Alternativa 2 para el Módulo 3.**

### Alternativa 3

Asegurando la posición que el pez debe tener se diseña una banda transportadora con sujetadores en V, el cual posee una compuerta en uno de sus extremos y es accionada cuando la señal del tamaño sea enviada (ver figura 47).



**Figura 47. Ensamble de la Alternativa 3 para el Módulo 3.**

#### 3.2.3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 3: CLASIFICACIÓN

Los criterios para ser evaluados en el módulo 3 son:

- Funcionalidad: El mecanismo pueda operar de la manera más eficiente,
- Mantenimiento: El sistema clasificador pueda ser de fácil mantenimiento para el usuario.
- Costo: Es un requerimiento en las especificaciones.
- Tamaño: El sistema no exceda el espacio disponible.

Se realiza el análisis de los criterios y soluciones para cada función desde la tabla 21 hasta la tabla 25.

**Tabla 21.**

#### Determinación del peso específico de cada criterio

Criterio	Funcionalidad	Mantenimiento	Costo	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
Funcionalidad		1	1	0.5	3.5	<b>0.28</b>
Mantenimiento	0		1	1	3	0.24
Costo	0	1		1	3	0.24
Tamaño	0	1	1		3	0.24
				SUMA	12.5	1

**Tabla 22.****Evaluación del criterio de Funcionalidad**

Funcionalidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	<b>0.38</b>
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.31
Alternativa 3	0.5	1		2.5	0.31
			SUMA	8	1.00

**Tabla 23.****Evaluación del criterio de Mantenimiento**

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	<b>0.40</b>
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.33
Alternativa 3	0	1		2	0.27
			SUMA	7.5	1.00

**Tabla 24.****Evaluación del criterio de Costo**

Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	<b>0.40</b>
Alternativa 2	0		1	2	0.27
Alternativa 3	0.5	1		2.5	0.33
			SUMA	7.5	1.00

**Tabla 25.****Evaluación del criterio de Tamaño**

Tamaño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	<b>0.43</b>
Alternativa 2	0		1	2	0.29
Alternativa 3	0	1		2	0.29
			SUMA	7	1.00

Con la evaluación de cada uno de los criterios, se elabora un resumen de resultados que se muestra en la tabla 26. Se concluye que la mejor alternativa es la numero 1.

**Tabla 26.****Evaluación de las Conclusiones del Modulo3: Clasificar**

CRITERIO	Distribución	Funcionalidad	Costo	Tamaño	SUMA	
Alternativa 1	0.105	0.096	0.096	0.096	0.393	<b>1</b>
Alternativa 2	0.0875	0.08	0.064	0.064	0.2955	3
Alternativa 3	0.0875	0.064	0.08	0.08	0.3115	2

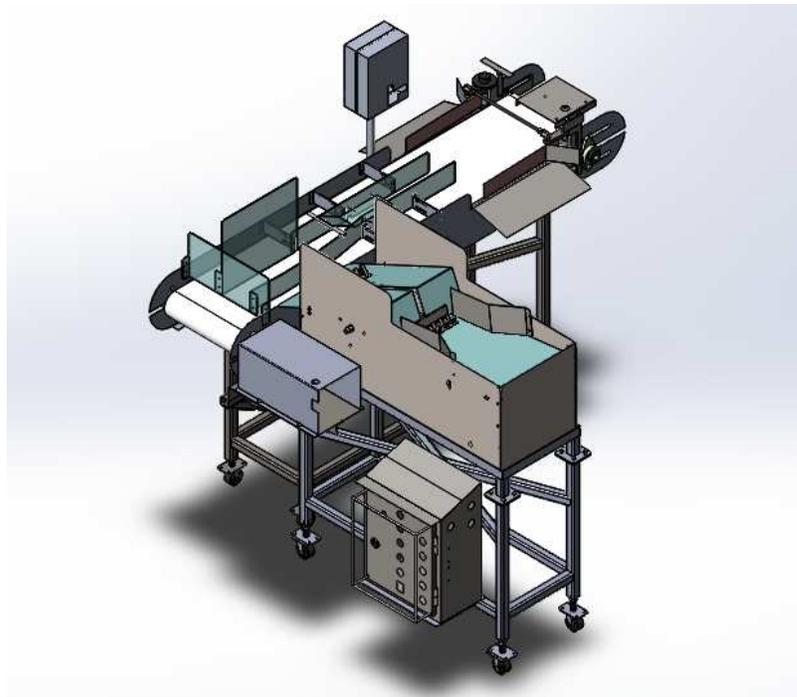
**3.2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA**

Para el primer módulo el cual consiste en el depósito de las truchas en la máquina, el usuario puede seleccionar el tipo de truchas que desea medir entre juveniles y engorde a través de un selector de tres posiciones ya que el mismo es amigable con el usuario y su costo es bajo; seguidamente se coloca las truchas vivas en un contenedor inclinado con plataforma el cual posee un mecanismo de brazo giratorio para asegurar que el mismo

coja un pez a la vez, se caracteriza por un alto nivel de confiabilidad y no posee complejidad en su construcción.

Para la movilización de las truchas se seleccionó una banda transportadora accionada por un motor AC, la cual posee soportes acrílicos para ayudar a posicionar al pez para la medición. En el lado izquierdo de la carcasa de la banda se ubicará un láser el cual estará emitiendo luz, en el lado derecho se posicionará un fotorresistor o LDR. La medida se va a obtener según el tiempo que se demore el pez en pasar, es decir, con la velocidad constante de la banda y el tiempo de medición podemos obtener la longitud. Al usar un solo sensor se eligió como controlador la Placa Arduino ya que nos ofrece gran facilidad en su programación y nos ayuda a acoplar una pantalla LCD para mostrar la longitud y el conteo de peces.

El sistema de direccionamiento se eligió el de compuertas paralelas por su facilidad de construcción y ya que solo se requiere un motor. La alternativa seleccionada se observa en la figura 48.



**Figura 48. Ensamble de la Alternativa**

### **3.3 DISEÑO DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS**

#### **3.3.1 MÓDULO 1: CUBETA DE ALIMENTACIÓN**

##### **3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO**

El diseño seleccionado tiene por objetivo movilizar los peces de uno en uno hacia la banda transportadora, para lograr esto cuenta con un mecanismo de un brazo giratorio con garras en cada uno de sus extremos. La garra tiene el espacio necesario para recoger únicamente a un pez a la vez. Toda la parte superior de la cubeta está hecha con acero inoxidable debido a que los peces requieren de hidratación constante.

El diseño es desmontable para facilitar modificaciones y el transporte, además su altura es variable para que el diseño se adapte a la superficie en donde se situó a la máquina. La estructura está hecha con Acero A36 pintado al horno para evitar la corrosión, además posee ruedas para facilitar la movilización de la máquina. Los planos de detalle de la máquina se los puede ver en la sección de Anexos.

##### **3.3.1.2 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS**

En el módulo de alimentación se estudiará posibles fallos en la estructura de la cubeta y en el eje de la cubeta.

###### **1. Estructura de la Cubeta:**

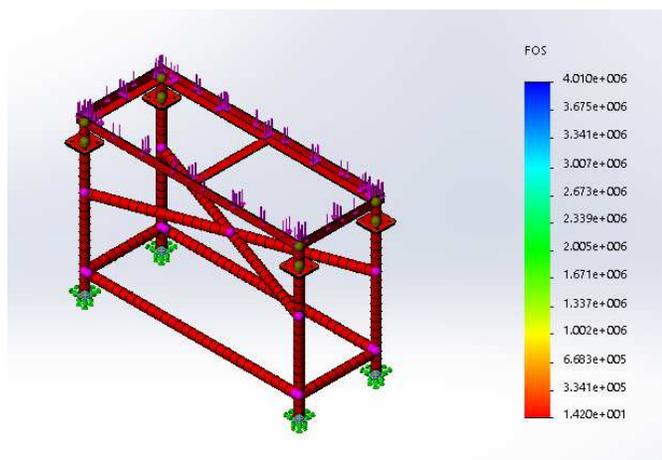
Para el análisis de elementos finitos en la estructura de la cubeta es necesario conocer la fuerza aplicada sobre la misma, el valor se obtuvo mediante el software Solidworks ya que cada una de las piezas fue representada en medidas y material. Los pesos de las piezas que se encuentran sobre la estructura de la cubeta se muestran en la tabla 27:

**Tabla 27.****Pesos aplicados sobre la estructura de la cubeta**

<b>No.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Kg.</b>	<b>Peso Total</b>
				<b>Kg.</b>
1	Cuerpo de la cubeta	1	9.53	9.53
2	Barra de soporte de la cubeta	1	0.16	0.16
3	Placa lateral de la cubeta	2	0.3	0.6
4	Tope posterior de la cubeta	1	1.19	1.19
5	Eje del brazo	1	0.19	0.19
6	Bocin de soporte del brazo	1	0.02	0.02
7	Brazo de la cubeta	1	0.83	0.83
8	Cubierta de recepción de peces	1	3.79	3.79
9	Compuerta de la cubeta	2	0.09	0.18
10	Acople para motor	1	0.03	0.03
11	Tope frontal de la cubeta	1	0.69	0.69
12	Riel para compuerta	2	0.23	0.46
			<b>Peso Total</b>	<b>17.67</b>

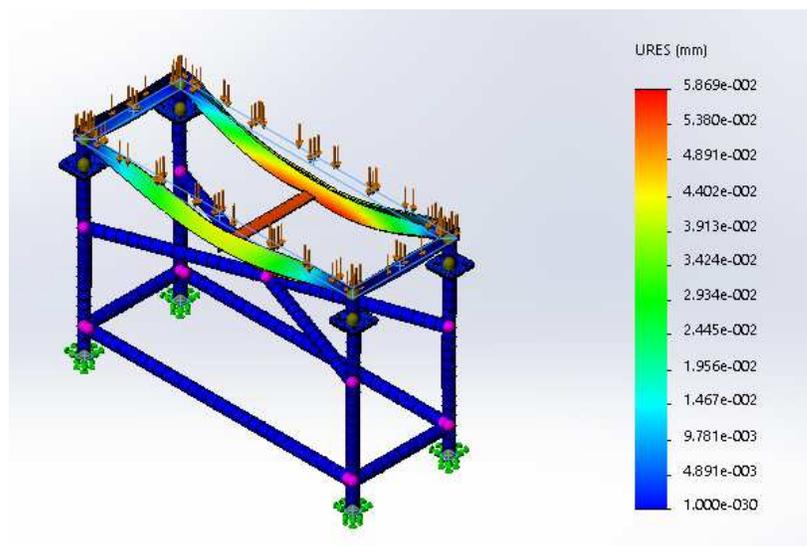
La fuerza total aplicada sobre la estructura de la cubeta es de 17.67Kg lo que equivale a 173.16 N con lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

- Factor de seguridad: Se observa en la figura 49 que el factor de seguridad es de 14, como es mayor a la unidad nos da la seguridad que no ocurrirá un fallo.



**Figura 49. Obtención del factor de seguridad de la estructura de la cubeta**

- Desplazamiento: De acuerdo a la figura 50 se observa que el posible desplazamiento en la cubeta podría ser de 0.05mm.



**Figura 50. Obtención del posible desplazamiento de la estructura de la cubeta**

## 2. Eje de la cubeta:

Para el análisis de elementos finitos del eje de la cubeta se considera el peso del brazo con ambas garras y también el peso del pez de mayor tamaño, esto da un aproximado de



### 3.3.2 MÓDULO 2 Y 3: BANDA DE MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN

#### 3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO

En el módulo 2 y 3 se realiza la medición y clasificación de los peces sobre una banda transportadora. Todas las piezas que conforman dichos módulos son de acero inoxidable 304 mientras que su estructura es de acero A36 pintado al horno para evitar corrosión. Para el sistema de clasificación se utiliza unas compuertas las cuales giran hacia la derecha o izquierda según se desee. Los planos de detalle de los módulos se observa en los Anexos.

#### 3.3.2.2 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

En los módulos de medición y clasificación se estudiará posibles fallos en la estructura de la banda transportadora, en uno de sus soportes laterales de la banda y en el rodillo.

##### 1. Estructura de la banda:

Para el análisis de elementos finitos en la estructura de la banda es necesario conocer la fuerza aplicada sobre la misma, el valor se obtuvo mediante el software Solidworks ya que cada una de las piezas fue representada en medidas y material. Los pesos de las piezas que se encuentran sobre la estructura de la banda se muestran en la tabla 28:

**Tabla 28.**

#### **Pesos aplicados sobre la estructura de la banda transportadora**

No.	Nombre	Cantidad	Peso Total	
			Peso kg.	Kg.
1	Compuerta izquierda	1	0.24	0.24
	Base para el motor de la			
2	compuertas	1	0.36	0.36
3	Soporte para sensor	1	0.04	0.04
4	Tornillo extensor	1	0.17	0.17
5	Chumacera con hendidura	4	0.62	2.48
6	Deslizadero derecho para peces	1	0.29	0.29

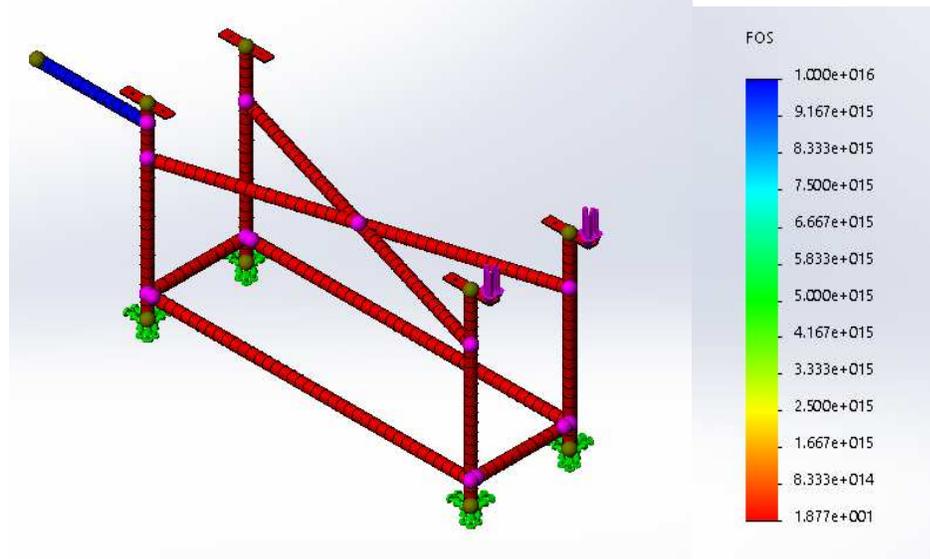
CONTINÚA



7	Direccionador para peces	2	0.004	0.008
8	Acrílicos	1	0.84	0.84
9	Acople de motor para compuerta	1	0.07	0.07
10	Rodillo inferior	1	0.58	0.58
11	Compuerta derecha	1	0.26	0.26
12	Rodillo posterior	1	4.05	4.05
13	Base para imán	1	0.04	0.04
14	Soporte derecho	1	3.56	3.56
15	Soporte izquierdo	1	3.96	3.96
16	Deslizador izquierdo	1	0.3	0.3
17	Mecanismo coordinador	1	0.54	0.54
18	Placa soporte para Acrílico	11	0.05	0.55
19	Rodillo delantero	1	4.07	4.07
20	Placa de soporte de la banda	1	6.24	6.24
21	Soporte diagonal	1	0.61	0.61
22	Bocín LDR	1	0.04	0.04
23	Banda transportadora	1	5.12	5.12
			<b>Peso Total</b>	<b>34.42</b>

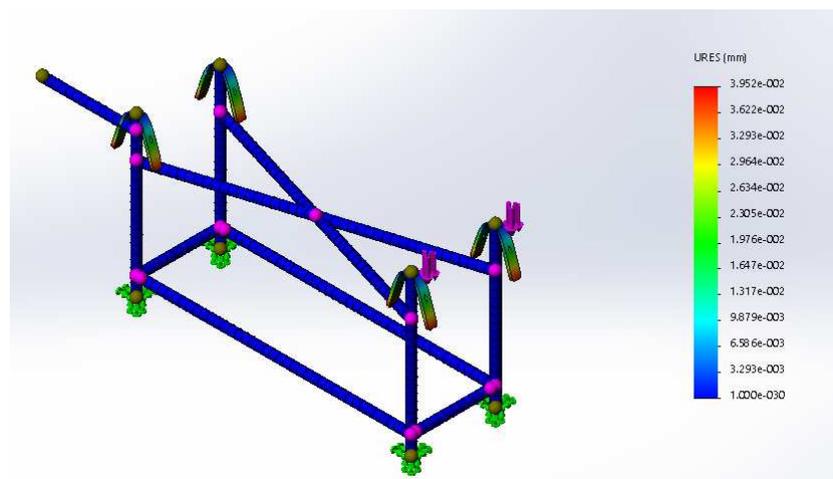
La fuerza total aplicada sobre la estructura de la banda es de 34.42Kg lo que equivale a 337.31N. con lo cual se obtuvo los siguientes resultados:

- Factor de seguridad: En la figura 53 se observa que el factor de seguridad de la estructura es de 19 lo que nos garantiza que la estructura no fallará.



**Figura 53. Obtención del factor de seguridad de la estructura de la banda transportadora**

- Desplazamiento: En la figura 54 se observa que el posible desplazamiento en la estructura por la carga aplicada es de 0.03mm.



**Figura 54. Obtención del posible desplazamiento de la estructura de la banda**

## 2. Soporte lateral de la banda:

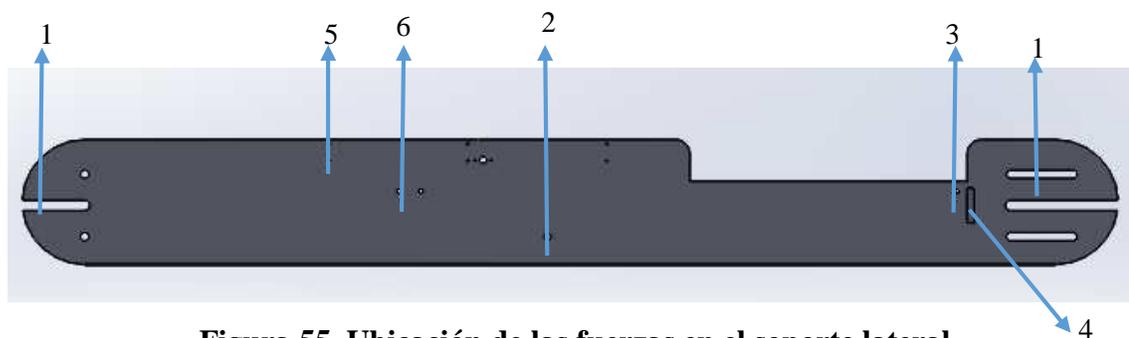
Para el análisis de elementos finitos en el soporte lateral de la banda es necesario conocer la fuerza aplicada en cada sección del soporte, el valor se obtuvo mediante el software Solidworks ya que cada una de las piezas fue representada en medidas y material. Los pesos de las piezas que se aplican sobre el soporte lateral se muestran en la tabla 29:

**Tabla 29.**

**Tabla de los pesos aplicados en el soporte lateral**

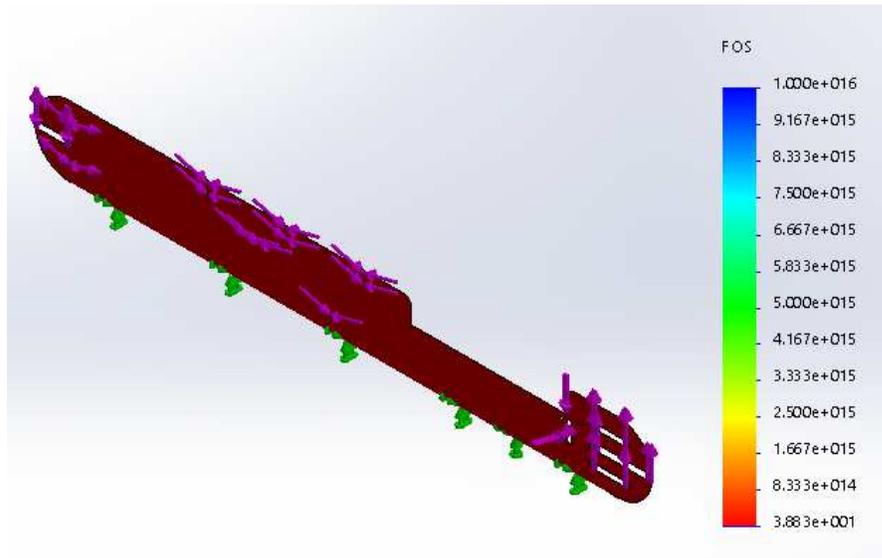
No.	Nombre	Cantidad	Peso Kg.	Peso Total Kg
1	Chumacera y rodillo	2	2.64	5.28
2	Rodillo Inferior	1	0.29	0.29
3	Compuerta + acople + basemotor	1	0.69	0.69
4	Tornillo tensor	1	0.83	0.83
5	Placas	3	0.1	0.3
6	Soporte diagonal	2	0.61	1.22

De acuerdo a la tabla 29 se muestra en la figura 55 la ubicación de las fuerzas en el soporte lateral.



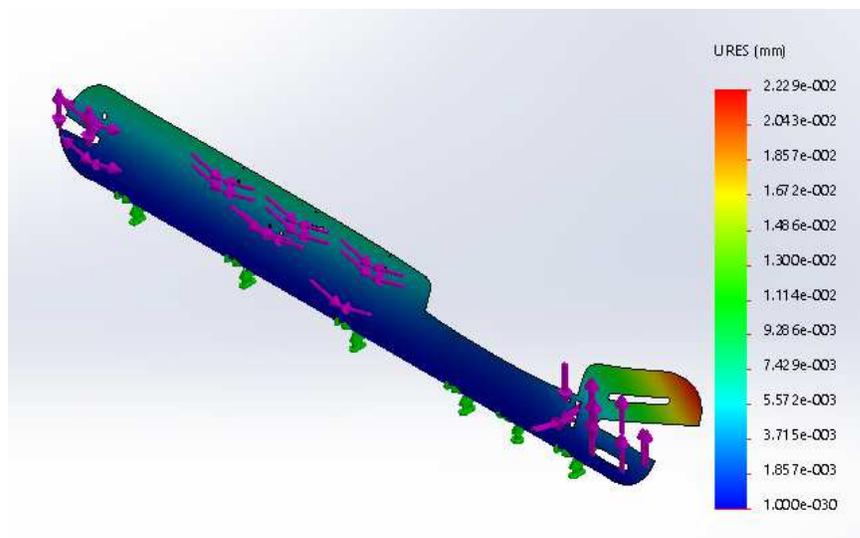
**Figura 55. Ubicación de las fuerzas en el soporte lateral**

- Factor de Seguridad: Se observa en la figura 56 que el factor de seguridad es de 39, como es mayor a la unidad nos da la seguridad que no ocurrirá un fallo.



**Figura 56. Obtención del factor de seguridad en el soporte lateral**

- Desplazamiento: De acuerdo a la figura 57 se observa que el posible desplazamiento en el soporte lateral podría ser de 0.02mm.

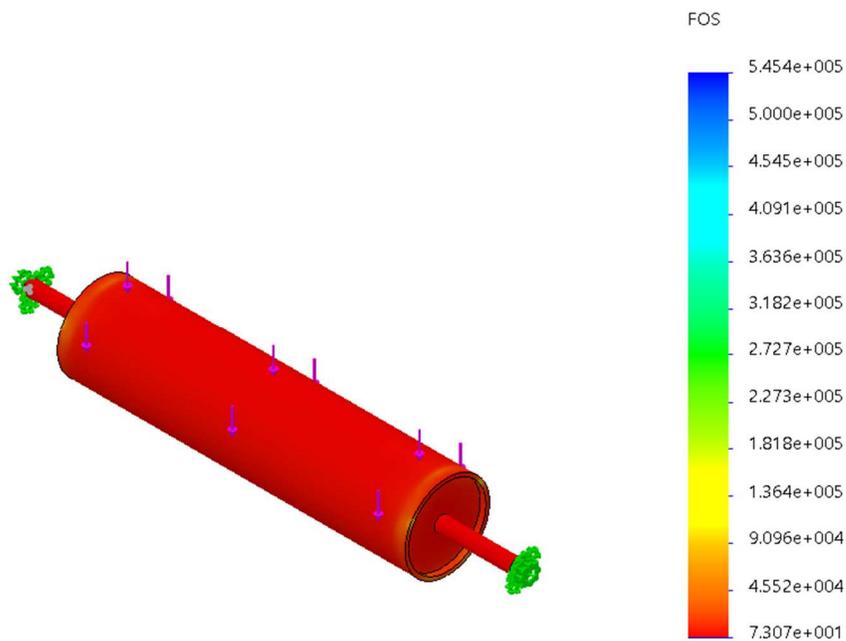


**Figura 57. Obtención del posible desplazamiento en el soporte lateral**

### 3. Rodillo de la banda:

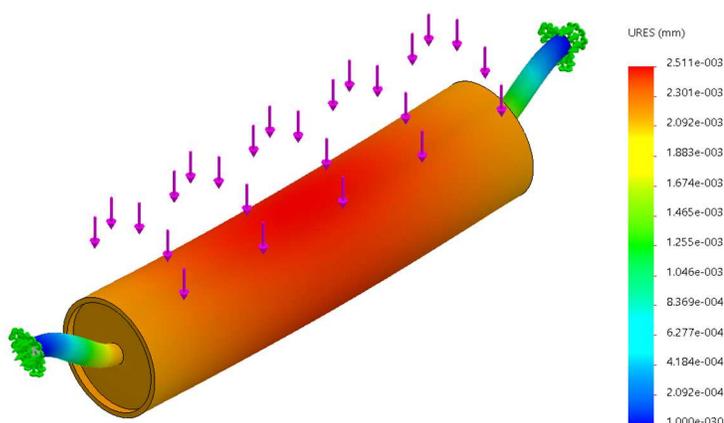
Para el análisis del rodillo de la banda se consideran como fuerzas el peso del rodillo, el peso de la banda y el peso de los peces. Estos valores dan un aproximado de  $m=3.7\text{kg}$ , que equivale a  $F=36.3\text{N}$ . Con estos valores se procede a hacer la simulación por computador, donde se obtienen los siguientes resultados:

- Factor de seguridad: En la figura 58 se observa que el factor de seguridad del rodillo es de 73, lo cual garantiza que el eje no fallará.



**Figura 58. Obtención del Factor de Seguridad del Rodillo de la Banda**

- Desplazamiento: En la figura 59 se observa que el posible desplazamiento del rodillo podría ser de 0.003 mm.



**Figura 59. Posible desplazamiento del Rodillo de la Banda**

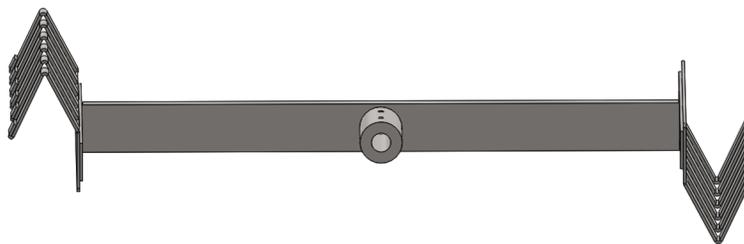
### 3.4 DISEÑO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS

#### 3.4.1 MÓDULO 1: CUBETA DE ALIMENTACIÓN

##### 3.4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR DC

Para el análisis de la potencia necesaria para impulsar el brazo de la cubeta, es necesario analizar la inercia del sistema pero también el momento generado por el pez al ser transportado (ver figura 60).

La inercia del sistema se puede obtener utilizando la herramienta disponible en SolidWorks, así se puede tener una gran exactitud a pesar de la complejidad del diseño. Con este dato es necesario, además, plantear una velocidad de funcionamiento y el tiempo necesario para que el motor alcance dicha velocidad desde el reposo, en este caso se planteó una velocidad angular  $w=36\text{rpm}$  y un tiempo de  $t=0.8$  segundos.



**Figura 60. Brazo de la Cubeta**

$$I_b = 0.123 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$w_f = 36 \text{ rpm} = 3.77 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{3.77 \text{ rad/s}}{0.8 \text{ s}}$$

$$\alpha = 4.71 \text{ rad/s}^2$$

$$M_b = I_b \times \alpha_b$$

$$M_b = 0.123 \times 4.71 = 0.58 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Una vez obtenido el momento causado por la inercia del sistema, se procede a calcular el momento generado por la acción del pez, para esto se tomó en cuenta al pez de mayor peso.

$$F_p = 0.2 \text{ kg}$$

$$d = 170 \text{ mm} = 0.17 \text{ m}$$

$$T = F \times d$$

$$T = 0.2 \cdot 0.17$$

$$T = 0.034 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Para encontrar el momento total se realiza la suma de los valores hallados y con esto se procede al cálculo de la potencia, considerando un factor de seguridad.

$$M_T = M_b + T$$

$$M_T = 0.614 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$P_{req} = M_T \times w$$

$$P_{req} = 0.614 \cdot 9.8 \cdot 3.77$$

$$P_{req} = 22.68 \text{ Watts}$$

$$P_{mot} = 22.68 \cdot 1.2 = 27.21 \text{ Watts}$$

Para el brazo de la cubeta se seleccionó un motor con caja reductora, de 24V y potencia de 32 W, el motor seleccionado posee una eficiencia  $\eta=0.9$  y cumple con los requerimientos del sistema.

### 3.4.1.2 CIRCUITO DE POTENCIA PARA EL MOTOR DC

El motor DC de 24 voltios necesita de dos circuitos para su correcto funcionamiento. El primero es un circuito que se encarga de transformar el voltaje de 110V AC a 24V DC, mostrado en la figura 61 y 62.

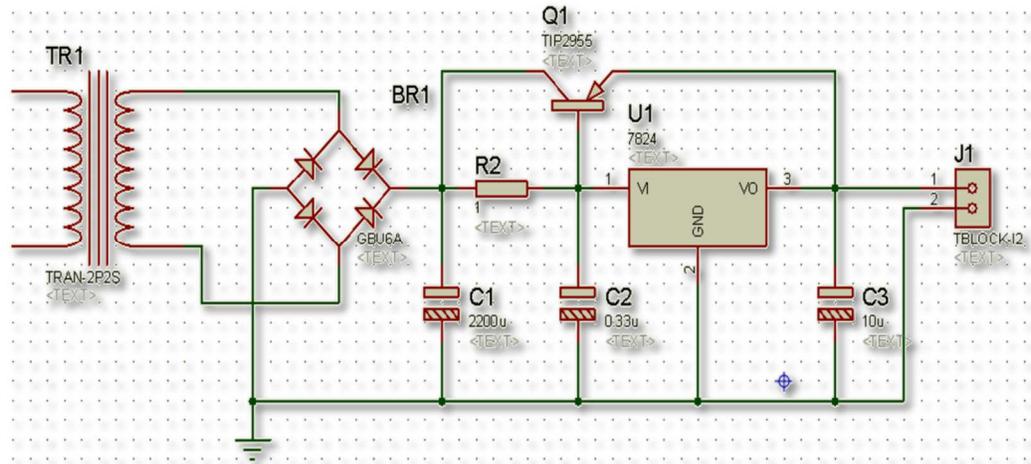


Figura 61. Esquema del Circuito Transformador de 110V a 24V

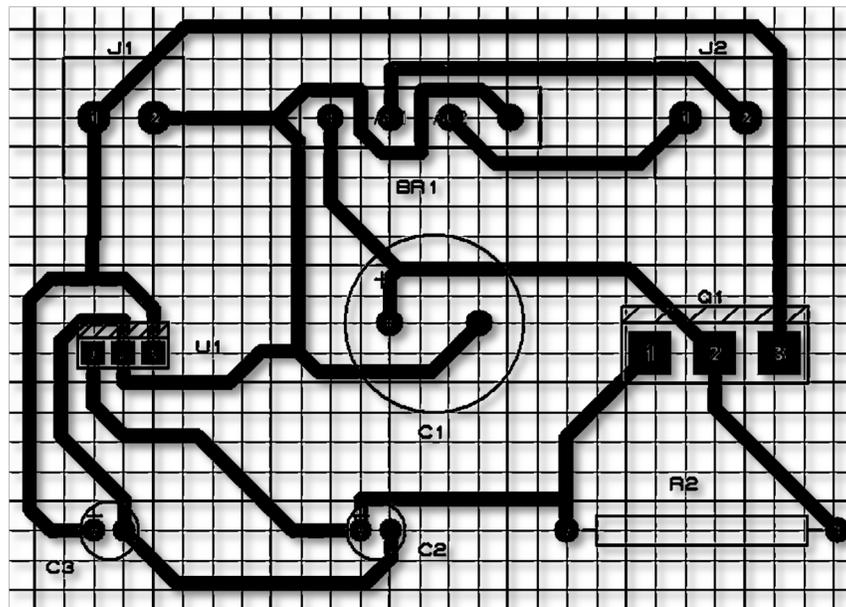
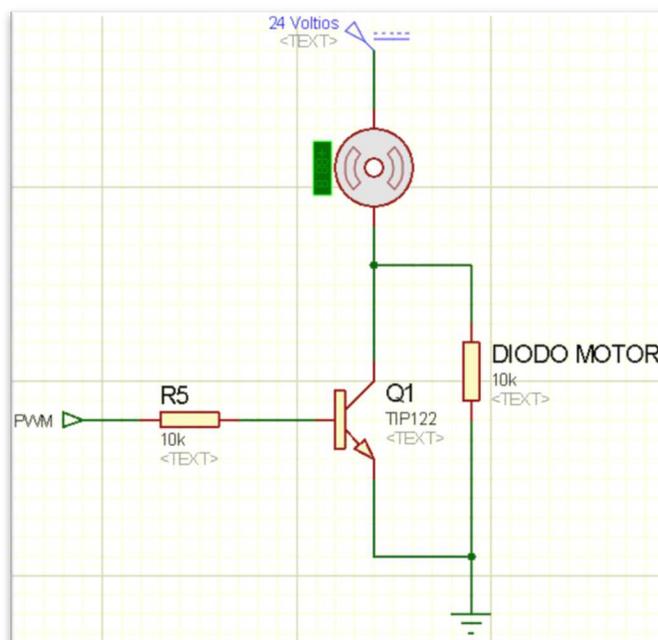


Figura 62. Circuito Impreso Transformador de 110V a 24V

Debido a que el motor seleccionado posee una velocidad elevada para el funcionamiento de la máquina fue necesario realizar un control de PWM. El circuito de la figura 63 es el encargado de controlar el flujo de energía que alimenta al motor DC.



**Figura 63. Esquema de Circuito de Potencia para Control del Motor**

### 3.4.1.3 SERVOMOTORES

Se utilizaron dos servomotores para coordinar la apertura y el cierre de dos compuertas que permiten el paso del brazo con la garra por un agujero en la cubierta de la cubeta y, a la vez, impiden que los peces caigan por dicho agujero.

Los motores utilizados tienen un rango de movimiento de  $180^\circ$  pero para la aplicación sólo se mueven  $90^\circ$ . Para el control de estos motores se utiliza un Arduino Uno, y el voltaje de alimentación para los motores lo provee una fuente de 5V y 10A.

### 3.4.1.4 SENSORES

Se utilizaron dos pares de sensores para coordinar la apertura y el cierre de las compuertas con el movimiento del brazo. Los sensores utilizados fueron sensores

infrarrojos compuestos por un LED infrarrojo y un receptor. Éstos indican al Arduino cuando debe abrir y cerrar las compuertas.

Para su funcionamiento se conectaron a una placa que por medio de focos LED permite apreciar si la señal enviada por cada sensor es interrumpida. En esta placa también se encuentra el circuito que controla el movimiento del motor, ya explicado anteriormente. Se observa el circuito en la figura 64 y 65.

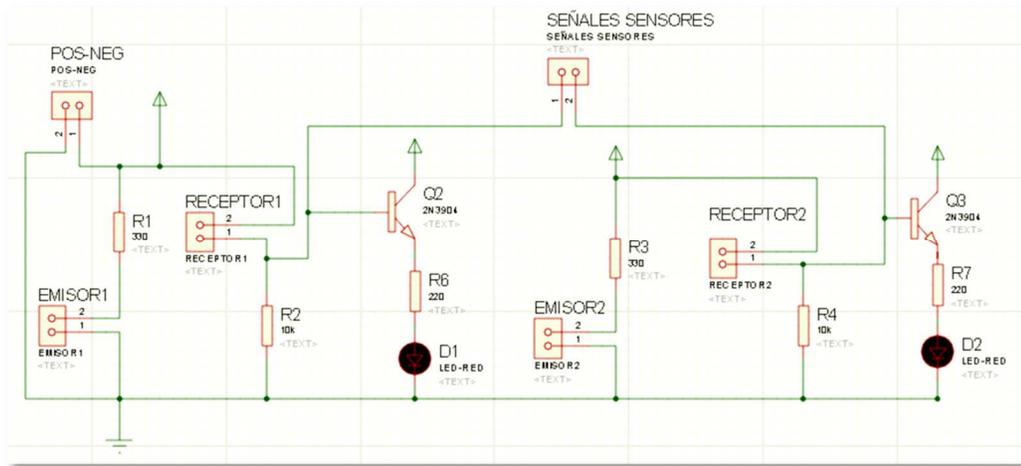


Figura 64. Esquema de Circuito para Recepción de Señales de los Sensores

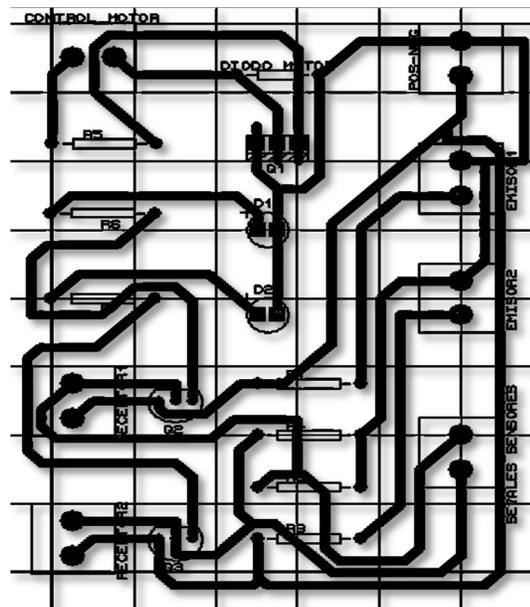


Figura 65. Circuito Impreso para Recepción de Señales de los Sensores

### 3.4.1.5 CIRCUITO DE ENERGIZACIÓN DE LA PLACA ARDUINO UNO

La placa Arduino Uno se energiza por medio de un circuito que recibe como entrada 110VAC y alimenta al dispositivo con 8VDC. Este circuito también posee una salida extra para 5VDC que sirve para pruebas y es útil para cualquier otra aplicación. El circuito se observa en la figura 66 y 67.

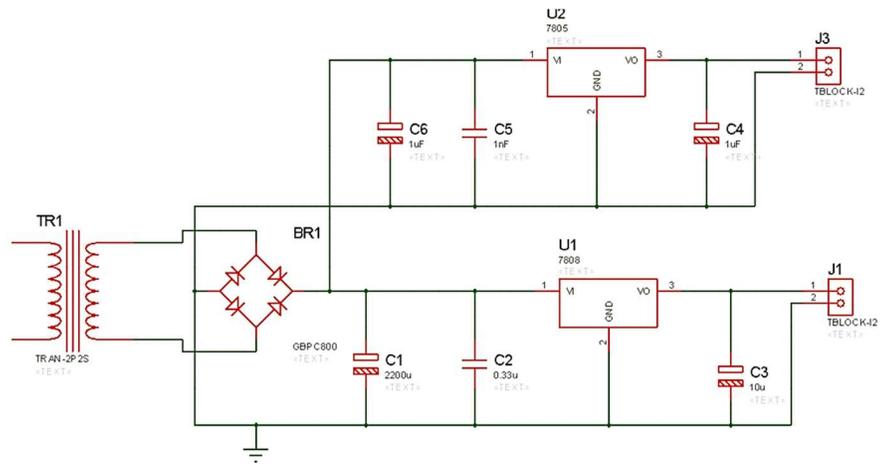


Figura 66. Esquema de Circuito Transformador de 5V y 8V

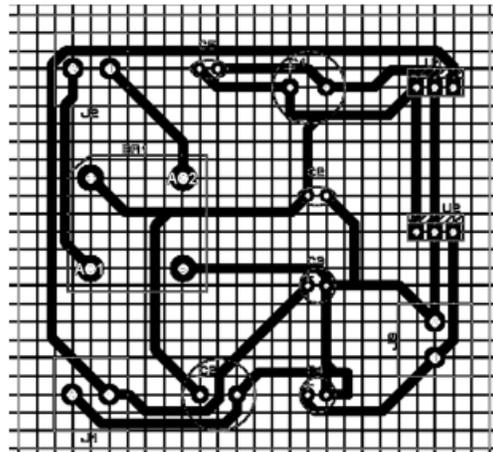


Figura 67. Circuito Impreso del Transformador de 5V y 8V

### 3.4.1.6 CONEXIÓN DEL SISTEMA A LA RED ELÉCTRICA

Para energizar el sistema se utiliza un interruptor de inicio que está conectado a un fusible de 5A y a continuación a un pulsador normalmente cerrado para parado de emergencia. Con esta conexión se asegura la integridad del equipo y se facilita su encendido y apagado rápido. El circuito se observa en la figura 68.

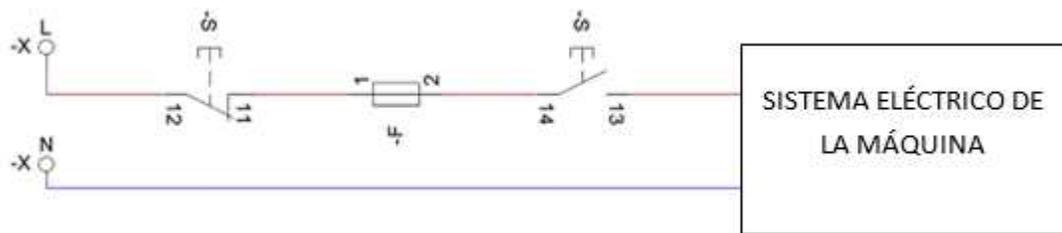


Figura 68. Esquema de Conexión del Sistema a la Red Eléctrica

## 3.4.2 MÓDULO 2 Y 3: MEDICIÓN Y CLASIFICACIÓN

### 3.4.2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR AC PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Según el autor TRAN Taylor, en su tesis “Diseño e implementación de un sistema automatizado para un prototipo clasificador de huevos” (Tran, 2009), pág 24, menciona que para el dimensionamiento del motor de una banda transportadora son necesarios los siguientes cálculos:

**Cálculo de la Banda completamente cargada:**

$$Q_t: \text{Capacidad de transportación} \left[ \frac{Tn}{h} \right]$$

$m_q$ : Masa de la carga [kg]

$$Q_t = m_q * \text{número de peces en una hora}$$

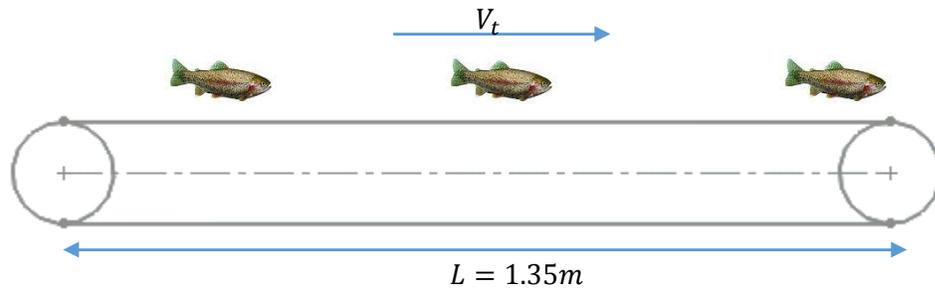
Realizando pruebas en el módulo 1 se observó que 9 peces pasan hacia la banda transportadora en un minuto, por lo tanto, se concluye que en una hora la garra trasladará 540 peces hacia la banda transportadora, sin embargo para dimensionar el motor se tomará

el doble de peces para obtener una mejor eficiencia, es decir, 18 peces pasarán en un minuto y 1080 peces en una hora.

$$m_q = 200 \text{ g} \approx 0.2 \text{ kg}$$

$$Q_t = 0.2 \text{ kg} * 1080 \frac{\text{peces}}{\text{hora}} = 216 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \approx 0.21 \frac{\text{Tn}}{\text{h}}$$

**Cálculo de la velocidad de la Banda:**



**Figura 69. Representación de la velocidad de la banda**

$V_t$ : Velocidad de transportación [m/s]

$L$ : Espacio entre centros de los rodillos [m]

$t$ : Tiempo que la carga  $Q$  recorre  $L$  [s]

En la tabla 30 se obtiene el tiempo que se demora la banda transportadora en recorrer la distancia  $L$ .

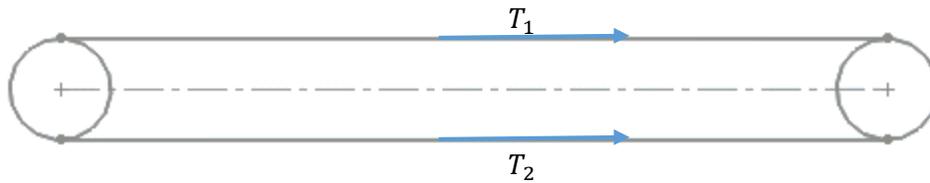
**Tabla 30.**

**Tiempo en que la banda se demora en recorrer  $L=1.35\text{m}$ .**

Longitud [m]	Tiempo [s]
1.35	12.32
	12.52
	12.83
<b>Promedio</b>	<b>12.56</b>

$$V_t = \frac{L}{t} = \frac{1.35 \text{ m}}{12.56 \text{ s}} = 0.107 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Cálculo de la tensión de la Banda:



**Figura 70. Tensiones en la banda transportadora**

Tensión efectiva: Es la fuerza transmitida por el motor, para:

- Girar la banda vacía y los componentes que giran por ella.
- Mover la carga sobre la banda horizontalmente.

Las variables que influyen en el cálculo de la tensión efectiva es:

$$T_E = T_x + T_y \pm T_z$$

$T_x$ : Tensión necesaria para mover la banda vacía [kg]

$T_y$ : Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente [kg]

$T_z$ : Tensión necesaria para levantar o bajar la carga [kg]

$$T_x = \mu * L_c * W_m$$

Donde:

$\mu$ : Coeficiente de fricción entre la banda y tambor motriz

$L_c$ : Valor de la distancia entre centros (L) del transportador [m]

$W_m$ : Peso de las piezas en movimiento (rodillos, banda, etc.)  $\left[\frac{kg}{m}\right]$

Para encontrar  $\mu$  se necesita conocer las condiciones en las que va a operar la banda y el tambor motriz.  $\mu$ : Es el valor de fricción para mover la banda vacía. De acuerdo al Manual de Ingeniería de Bandas Transportadoras CONTITECH (Contitech Conveyor Belt Group, 2001) se toma el valor de 0.03 para condiciones ideales.

$$\mu = 0.03$$

Para la obtención de  $W_m$ , necesitamos conocer el peso de las partes móviles:

$$M_T = M_B + M_R + M_{TB}$$

Donde:

$M_B$ : Masa de la banda (kg)

$M_R$ : Masa de los rodillos (kg)

$M_{TB}$ : Masa de los tambores

$$M_T = 5.12kg + 0.58kg + 8.12kg = 13.82kg$$

Peso de las partes móviles por unidad de longitud (kg/m):

$$W_m = \frac{M_T}{L} = \frac{13.82kg}{1.35m} = \frac{10.23kg}{m}$$

Por lo tanto:

$$T_x = 0.03 * 1.35m * \frac{10.23kg}{m} = 0.41 kg$$

Para la obtención de la tensión necesaria para mover la carga horizontalmente se necesita conocer:

$$T_y = \mu * L_c * Q$$

$$Q = \text{Razón de la carga} \left( \frac{kg}{m} \right)$$

Utilizando el método de cálculo que presenta CEMA (CEMA, 2008), se tiene que:

$$Q = \frac{33.3 * Q_t}{V_t} = \frac{33.3 * 0.21 \frac{Tn}{h}}{0.107 \frac{m}{s}} = \frac{65.35kg}{m}$$

Donde:

$Q_t$ : Capacidad de producción [Tn/h]

$V_t$ : Velocidad de transportación de la banda [m/s]

Cuando se calcula la tensión necesaria para mover la carga horizontalmente, normalmente se usa el valor de 0.04, para condiciones ideales.

$$T_y = 0.04 * 1.35m * \frac{65.35kg}{m} = 3.52kg$$

La componente  $T_z$  es la tensión necesaria para elevar o bajar la carga, esta es positiva si la carga es levantada, negativa si la carga baja y cero si el transportador es horizontal.

Por lo tanto:

$$T_z = 0$$

La tensión efectiva requerida  $T_E$  por la banda en la polea motriz es igual a la suma de sus componentes.

$$T_E = T_x + T_y \pm T_z = 0.41kg + 3.52kg = 3.93 kg$$

$$T_E = 3.93kg * \frac{9.8m}{s^2} = 38.51 [N]$$

La tensión efectiva es la tensión necesaria para mover la banda vacía, para mover la carga en sentido horizontal y la tensión que subir o bajar la carga. Sin embargo esta no es la tensión total que se ejerce sobre la banda. En los sistemas de transmisión por fricción hay que considerar una tensión adicional con el fin de evitar el patinamiento en el rodillo de accionamiento. Esta tensión adicional es también la tensión de la banda en el lado de retorno las cuales se determinan por las siguientes ecuaciones:

$$T_2 = K * T_E$$

Donde:

$T_2$ : Tensión en el lado flojo

$K$ : Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto.

El valor de K depende de:

- La cantidad de arco de contacto en grados sobre la polea motriz
- Si la polea motriz es recubierta o lisa.
- Si el tensor es de gravedad (automático) o de tornillo (mecánico)

De acuerdo a estas consideraciones se toma el valor de 0.8 ya que la polea motriz está recubierta de caucho, el tensor es de tornillo y el arco de contacto es 180°. Ver en Anexos.

Por lo tanto:

$$T_2 = 0.8 * 38.51 [N] = 30.80 [N]$$

$$T_1 = e^{\mu\theta} * T_2$$

Donde:

$T_1$ : Tensión en el lado tenso [N]

$e^{\mu\theta}$ : Coeficiente entre el ángulo de contacto y coeficiente de fricción

Para la obtención de  $e^{\mu\theta}$  se obtiene el factor de acuerdo a las condiciones del tambor motriz en este caso es recubierto y mojado, seguidamente se escoge el factor correspondiente para  $e^{\mu\theta}$ . Ver Anexos.

$$T_1 = 2.19 * 30.8[N] = 67.45 [N]$$

### **Cálculo del torque y la Potencia de la banda transportadora**

Para que todo sistema de transmisión pueda impulsarse con la carga el sistema necesita un Torque [T], así como una potencia [P], la misma que se suministra desde un motor eléctrico estos parámetros se obtiene de:

$$Torque = (T_1 - T_2) * R_r$$

Donde:

$R_r$ : Radio del rodillo [m]

El diámetro del rodillo es de 3pulg, por lo tanto el valor de  $R_r = 0.038m$

$$Torque = (67.45[N] - 30.8[N]) * 0.038m = 1.39[Nm]$$

$$P = (T_1 - T_2) * V_t$$

Donde:

$P$ : Potencia [Watts]

$T_1$ : Tensión lado tenso [N]

$T_2$ : Tensión en el lado flojo [N]

$V_t$ : Velocidad de transportación [m/s]

$$P = (67.45[N] - 30.8[N]) * \frac{0.107m}{s} = 3.92 \text{ Watts} \approx 0.01HP$$

$$n = \frac{V_t * 60}{\pi * D_r}$$

Donde:

$n$  = Velocidad del rodillo [rpm]

$D_r$  = Diámetro del rodillo [m]

$$n = \frac{\frac{0.107m}{s} * 60}{\pi * 0.076 m} = 26 \text{ rpm}$$

De acuerdo a los datos obtenidos, el motor seleccionado presenta las siguientes características:

$$n = 25.5 \text{ rpm}$$

$$\text{Potencia} = \frac{1}{20} \text{ HP} = 0.05 \text{ HP}$$

$$\text{Torque} = 135 \text{ lb} * \text{pulg} \approx 1.46 \text{ Nm}$$

### 3.4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR DC PARA LA CLASIFICACIÓN

Para el cálculo de la potencia para impulsar este mecanismo es necesario analizarlo por partes, para esto primero se realiza un diagrama donde se pueda apreciar bien su funcionamiento (ver figura 71).

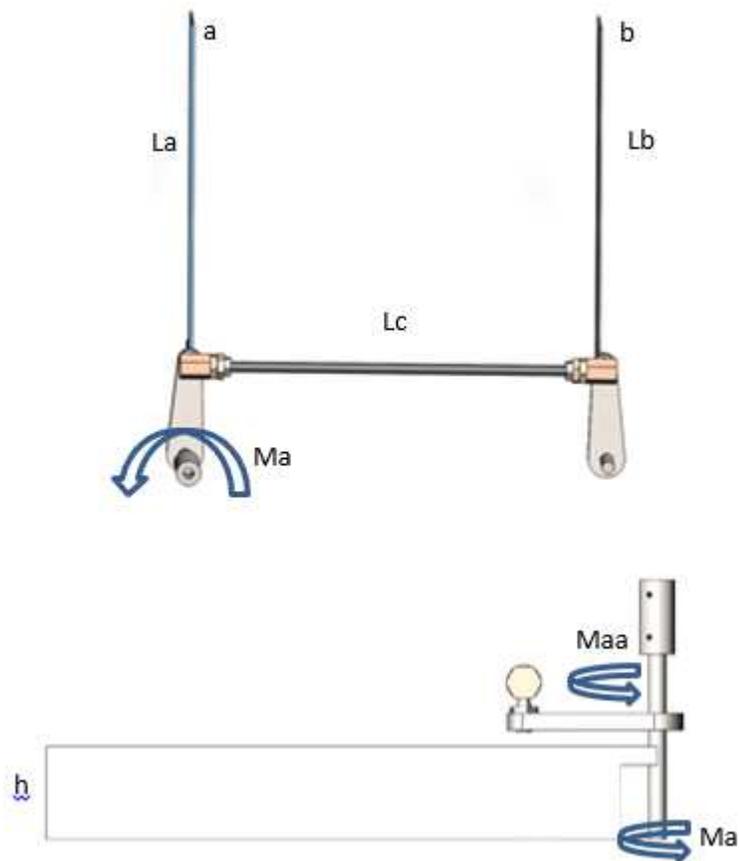


Figura 71. Mecanismo impulsador de las compuertas

Las compuertas no movilizan ninguna masa por lo que para el análisis se tiene que estudiar el momento de inercia del sistema. El primer paso a seguir es hallar la inercia de los componentes del sistema, para esto se pueden utilizar las fórmulas halladas en libros o la herramienta de SolidWorks, para piezas de mayor complejidad.

$$L_a = L_b = 33cm$$

$$L_c = 30cm$$

$$M_a = I_a \times \alpha_a$$

$$I_a = \frac{1}{12}mh^2 + \frac{1}{3}mL^2$$

$$I_a = \frac{1}{12} \times 0.25 \times 0.25^2 + \frac{1}{3} \times 0.25 \times 0.33^2$$

$$I_a = 0.014 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

La inercia de un cuerpo permite encontrar el momento de inercia que será del que dependa principalmente la potencia del motor. Sin embargo, para el cálculo es necesario plantear ciertos valores como requerimientos del sistema. Para el problema actual se propone una velocidad angular constante de 50rpm, este valor se espera que el motor alcance en un intervalo de 0.5 segundos. Con estos datos se puede proceder a hallar los momentos de inercia del resto de elementos.

$$w_f = 50rpm = 5.23 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{5.23 \text{ rad/s}}{0.5 \text{ s}}$$

$$\alpha = 10.46 \text{ rad/s}^2$$

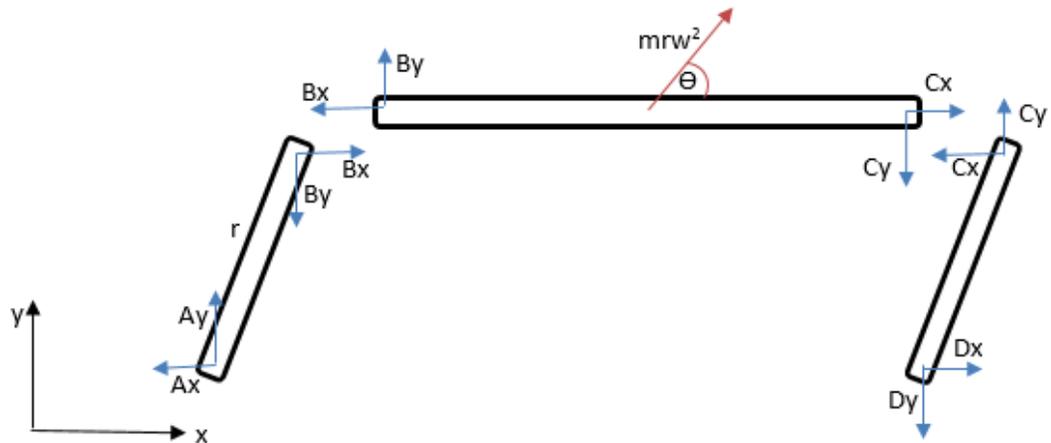
$$M_a = 0.014 \times 10.46 = 0.146 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$I_{AA} = 0.00022 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$$

$$M_{AA} = 0.00022 \times 10.46 = 0.0023 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

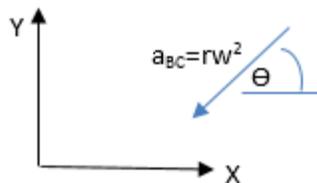
Es necesario destacar que el movimiento de un eje al otro se transmite por medio de una barra horizontal, esta barra es la que une ambos sistemas, y para su análisis se deben considerar las fuerzas generadas en los elementos que componen este mecanismo, para esto se realiza un diagrama de fuerzas, en uno de los puntos extremos del movimiento. La

posición seleccionada para el ejercicio es la del extremo derecho, que será de  $\Theta=30^\circ$ , ver figura 72.



**Figura 72. Posición del mecanismo a  $30^\circ$**

Para el análisis de la barra horizontal se debe también considerar que como el mecanismo se mueve a velocidad constante, el punto B también tiene rapidez constante sobre un círculo de radio  $r$ . Por esto la aceleración  $a_B$  del punto B está dirigida hacia el centro del eje. Y su magnitud será  $rw^2$ , donde  $r$  es la longitud de la manivela AB. La barra BC presenta un movimiento de traslación, a diferencia del resto de componentes del sistema, por esto cada punto de la barra tiene la misma aceleración  $a_{BC}$ . En vista de esto, la aceleración del centro de masa de la barra es igual a la del punto B, teniendo así la fuerza inercial  $mrw^2$ , donde  $m$  es la masa de la barra, el sentido de esta fuerza será contrario a la aceleración, ver figura 73.



**Figura 73. Diagrama para obtener las ecuaciones**

Con este diagrama se pueden plantear ecuaciones que describan la relación de fuerzas entre ambos ejes.

$$Bx = Cx + mrw^2 \cos(\theta)$$

$$By = Cy + mrw^2 \sin(\theta)$$

Para la siguiente parte se toma en consideración que el mecanismo es simétrico, por esto el sistema de la derecha conserva los mismos momentos de inercia en el eje D con respecto a los del eje A. Esta información nos permite relacionar la fuerza que ejerce la barra horizontal para generar movimiento rotatorio en el eje D, de la siguiente forma:

$$M_{Tb} = M_{BB} + M_B$$

$$M_{BB} = M_{AA}$$

$$M_B = M_A$$

$$M_{Tb} = 0.0023 + 0.146 = 0.148 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{Tb} = T \cdot \text{minb}$$

$$M_{Tb} = F \times d$$

$$0.148 = F \times 0.072$$

$$F = 2.05 \text{ kgf}$$

Esta fuerza puede ser descompuesta en componentes en el extremo C.

$$\theta = 30^\circ$$

$$Cx = F \times \cos(30)$$

$$Cx = 1.77 \text{ kgf}$$

$$Cy = F \times \sin(30)$$

$$Cy = 1.02 \text{ kgf}$$

Reemplazando estos datos en las ecuaciones anteriores se obtienen los valores restantes y haciendo análisis de momentos en el punto A, se tiene el momento inducido en el eje A por el B.

$$Bx = 1.77 + 0.118 \cdot 0.072 \cdot 5.23^2 \cos(30)$$

$$Bx = 1.97 \text{ kgf}$$

$$By = 1.02 + 0.118 \cdot 0.072 \cdot 5.23^2 \sin(30)$$

$$By = 1.13 \text{ kgf}$$

$$M_{A'} = Bx \cdot r \cdot \sin(\theta) + By \cdot r \cdot \cos(\theta)$$

$$M_{A'} = 1.97 \cdot 0.072 \cdot \text{sen}(30) + 1.13 \cdot 0.072 \cdot \text{cos}(30) = 0.14 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

El momento total en el eje A, es la suma de los momentos de cada sistema, con este valor se puede hallar la potencia requerida del motor, considerando un factor de seguridad.

$$M_{TA} = M_{A'} + M_{AA} + M_a$$

$$M_{TA} = 0.289 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$P_{req} = M_{TA} \times w$$

$$P_{req} = 0.289 \cdot 9.8 \cdot 5.23$$

$$P_{req} = 14.81 \text{ Watts}$$

$$P_{mot} = 14.81 \cdot 1.2 = 17.77 \text{ Watts}$$

Para el motor de las compuertas de la banda se seleccionó un motor de 12V y 80 W de limpiaparabrisas de auto, el motor cumple con los requerimientos del sistema.

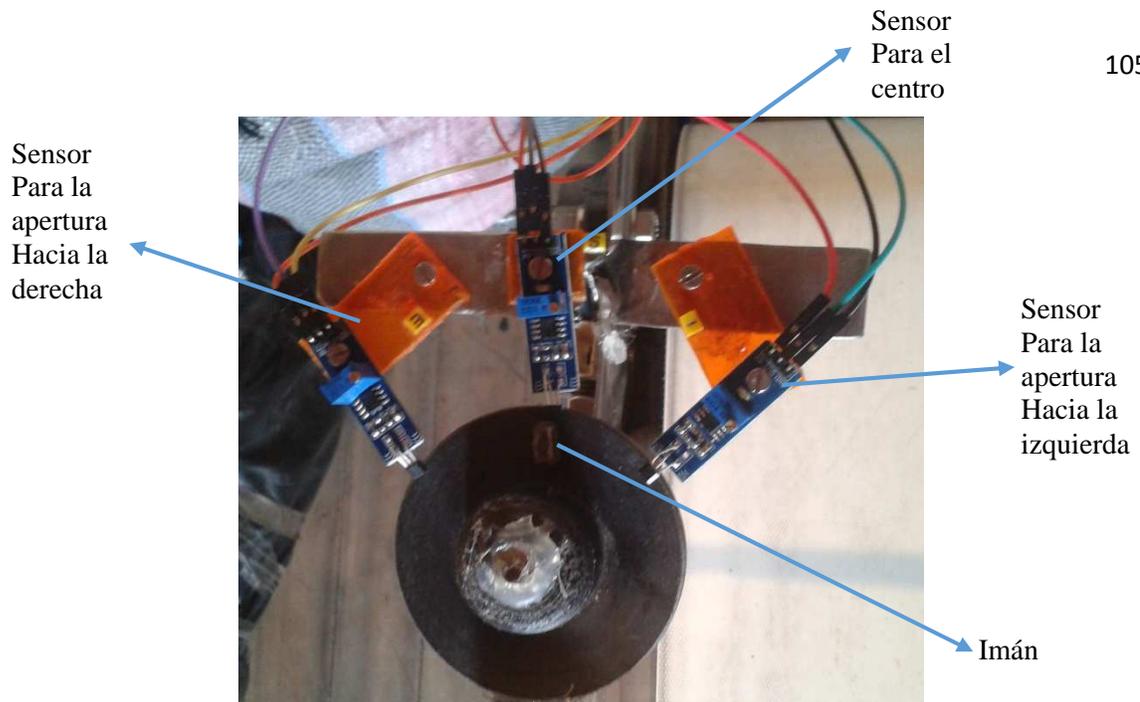
### 3.4.2.3 ETAPA DE MEDICIÓN

La medición se realiza en una placa ARDUINO MEGA basada en el ATmega1280. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 14 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (hardware puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación y un botón de reinicio.

Para la medición se utilizó un LDR el cual varía su resistencia eléctrica en función de la luz, por cual se colocó frente a este un rayo láser el mismo que está continuamente enviando luz al LDR, cuando está es interrumpida por el paso del pez, comienza la medición.

### 3.4.2.4 POSICIONAMIENTO DE COMPUERTAS

El motor utilizado para desplazar las compuertas es un motor limpiaparabrisas de 12V. El control del motor se lo realiza gracias al módulo L298, el cual es un puente H que controla el sentido de giro del motor. Para controlar la apertura de las compuertas se recurrió a los módulos de sensor hall los cuales pasan de 0 a 1 al atravesar por el mismo un campo magnético. Como se observa en la figura 74.

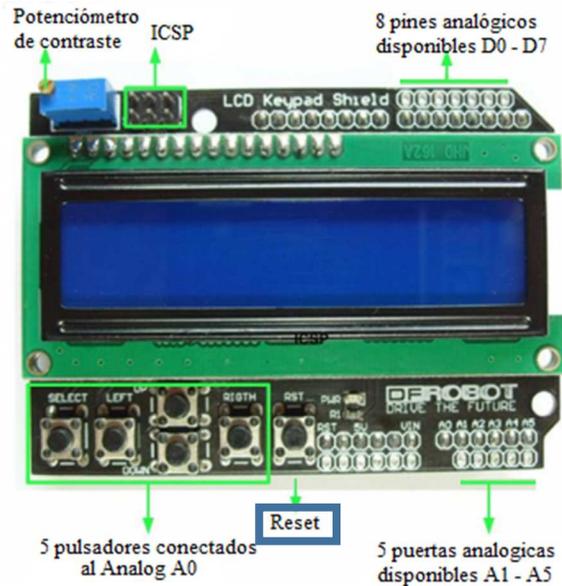


**Figura 74. Ubicación de los sensores efecto Hall**

### 3.4.2.5 VISUALIZACIÓN

Para la visualización se utilizó un KEYPADS CON DISPLAY LCD, esta es una placa para Arduino el cual nos permite montar la pantalla sin necesidad de cables. Nos ofrece un montaje seguro y rápido.

Posee un teclado el cual permite desplazarse por la pantalla, la misma que es de 16 x 2 (16 columnas y 2 filas). Sin embargo, solamente se usó la tecla de reset la misma que reinicia y limpia la pantalla si el usuario lo desea. La ubicación de la tecla RESET se observa en la siguiente figura 75:



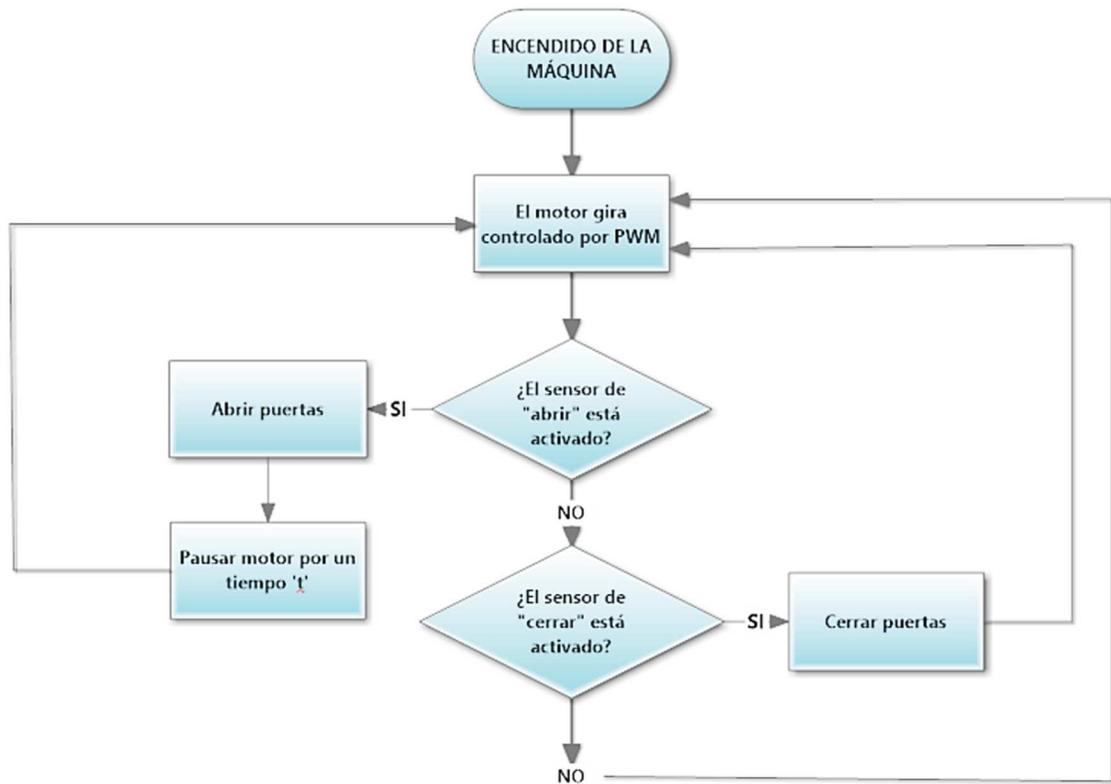
**Figura 75. Shield del LCD Keypad para Arduino**

**Fuente: (Arduino, 2011)**

### 3.5 PROGRAMACIÓN DE CONTROLADORES

#### 3.5.1 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DEL MÓDULO 1

Se utiliza un Arduino Uno, encargado de controlar las compuertas y el brazo giratorio. Para la programación, primero se realiza un diagrama de flujo que permita visualizar de mejor manera las funciones que debe ejecutar el controlador y el orden en el que debe realizarlas (ver figura 76).



**Figura 76. Diagrama de Flujo para la Programación del Arduino**

Para el funcionamiento de esta primera parte, la velocidad del brazo está regulada por medio de PWM. A medida que el brazo gira, las compuertas se abren y cierran dependiendo de la posición del mismo, esto permite el paso de la garra e impide que los peces caigan dentro de la cubeta. El motor está programado para pausar su rotación cada vez que se abren las compuertas, luego empieza a moverse por intervalos de potencia completa y potencia cero, así la velocidad de alimentación de los peces se acopla al movimiento de la banda. La distribución de los pines en el Arduino Uno se observa en la tabla 31:

**Tabla 31.****Conexión para los Pines del Arduino Uno**

<b>PIN</b>	<b>FUNCIÓN</b>
3	PWM
7	Sensor delantero “abrir”
8	Sensor posterior “cerrar”
12	Controlador del servomotor derecho
13	Controlador del servomotor izquierdo

Para la programación primero se configura el funcionamiento del PWM, como esta acción debe estar activa la mayoría del tiempo, se utiliza la función `millis()`, que elimina el uso de pausas en el programa. A continuación se configura la señal de los sensores para que ésta abra y cierre las compuertas dependiendo de la posición del brazo y su vez pause el motor para modificar la velocidad de alimentación de la banda. Todos estos procesos se coordinan por medio de banderas que ayudan a determinar el orden de funcionamiento de los mismos. La programación del sistema se la puede ver en los Anexos.

### **3.5.2 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DEL MÓDULO 2 Y 3**

Se utiliza un Arduino mega para obtener la medición y clasificación de los peces, para lo cual lo primordial es determinar la velocidad lineal de la banda, para esto se realizó la medición manual del tiempo que se demoraba en recorrer desde un punto hasta otro, luego se calculó la velocidad teórica de la banda por medio de la velocidad angular del motor. Ambas velocidades fueron comparadas y promediadas para llegar a una aproximación más real de la velocidad lineal.

La velocidad experimental se consiguió midiendo el tiempo que la banda se demoraba en recorrer 42 cm, debido a la facilidad de realizar esta medición. Los valores obtenidos se presentan en la tabla 32.

**Tabla 32.****Tiempo que la banda toma en recorrer 42cm**

<b>Mediciones</b>	<b>Tiempo</b>
Medición 1	3.81 s
Medición 2	3.52 s
Medición 3	3.74 s
<b>Promedio</b>	<b>3.69 s</b>

Por medio de una conversión se halló que la velocidad lineal de la banda es

$$V_{lex} = 11.38 \text{ cm/s}$$

Para la velocidad lineal teórica se tomó en cuenta la velocidad angular del motor y el radio del rodillo.

$$w = 26 \frac{rev}{min} = 2.72 \frac{rad}{s}$$

$$r = 1.5 \text{ in} = 0.0407 \text{ m}$$

$$V_{lt} = w \times r$$

$$V_{lt} = 2.72 \times 0.0407$$

$$V_{lt} = 0.11084 \frac{m}{s} = 11.084 \frac{cm}{s}$$

Finalmente se promediaron ambas velocidades para obtener la velocidad final de la banda y proceder a realizar el programa.

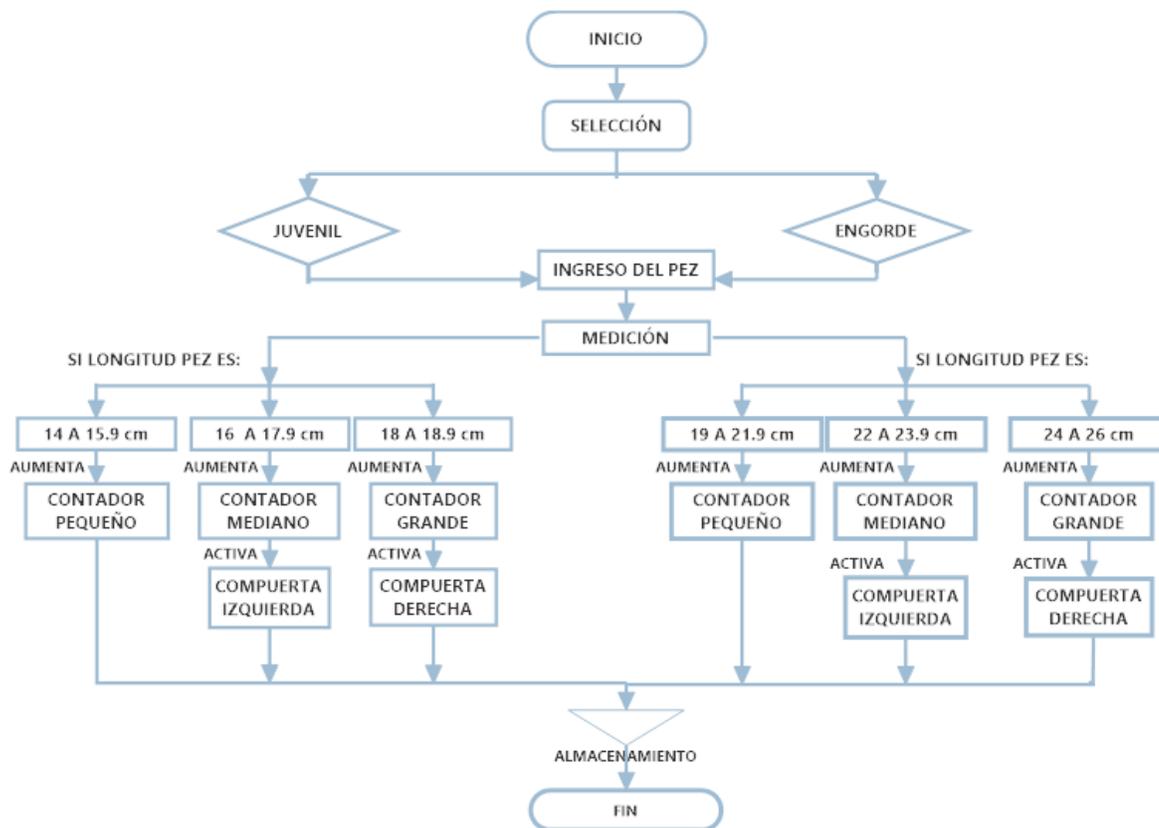
$$V_f = 11.23 \frac{cm}{s}$$

La distribución de los pines en la placa arduino mega se muestra en la tabla 33:

**Tabla 33.****Distribución de los pines en el Arduino Mega**

<b>PIN</b>	<b>FUNCIÓN</b>
8	Pantalla Display
9	
4	
5	
6	
7	
22	Punto H L298
24	
26	Sensor Hall – centro
28	Sensor Hall – derecha
30	Sensor Hall – izquierdo
21	Interrupción
A8	Led (medición)
2	Selector
3	

Se observa en la figura 77 el diagrama de flujo del proceso de medición y clasificación, el cual ayuda a una programación eficaz, guiando al programador para la creación de las rutinas y subrutinas que el proceso debe cumplir. La programación se encuentra en los Anexos.



**Figura 77. Flujograma para la programación del Módulo 2 y 3**

Para la programación se utilizó una interrupción llamada “medir\_pez” la cual avisará a la placa arduino que un pez está pasando y debe comenzar la medición, para mejor visualización se enciende un led que se encuentra ubicado en el panel de control de la banda. En la variable “medición” se guarda el tiempo de interrupción del rayo de luz.

Seguidamente se obtiene la longitud del pez mediante la ecuación “longitud\_pez = (v\_agua\*medición)+3” (3 es una constante ya que el láser no alcanza a medir la cola del pez), el valor de v\_agua corresponde a la velocidad de la banda el cual es 11.23 cm/s.

El dato es enviado a una función ya sea “clasificaciónEngorde(longitud\_pez) o clasificaciónJuvenil(longitud\_pez)” en donde se acumula al contador uno (1) según el tamaño (pequeño, mediano y grande).

El dato de la longitud es enviada a la función “abrircompuerta” la cual si el pez está en el rango de pequeño no activa ninguna compuerta, si es mediano la compuerta se abre hacia la izquierda por tres segundos y regresa al centro; y si es grande se abrirá a la derecha por el mismo tiempo.

## **4. CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO**

Una vez concluida la etapa de construcción se realizan pruebas de funcionamiento para comprobar el correcto funcionamiento de la máquina.

El proceso de pruebas se realiza por cada módulo durante la etapa de construcción, primero en la cubeta, luego en la medición y después la clasificación. Finalmente la etapa de pruebas termina con una prueba de todo el sistema en general.

### **4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CUBETA**

#### **OBJETIVO**

Comprobar la programación del Arduino Uno, que cumpla con los requerimientos de funcionamiento del sistema, verificar el correcto funcionamiento de los servomotores de las compuertas, y la coordinación entre los movimientos del brazo y las compuertas.

#### **PERSONAS A CARGO DE LA PRUEBA**

- David Paredes
- Andrea Pilco

#### **ACTIVIDADES**

Para verificar el correcto funcionamiento de la cubeta se realizan las siguientes actividades:

- Elaborar programación y compilarla.
- Cargar el programa para el control de velocidad con PWM y control de las compuertas en la máquina.
- Suministrar energía eléctrica, flujo de agua y encender la máquina.
- Iniciar el proceso de traslado.
- Comprobar que exista una coordinación entre el movimiento del brazo y el movimiento de las compuertas a la velocidad requerida.
- Colocar peces
- Verificar la funcionalidad de la máquina con carga.

- Terminar el proceso de funcionamiento.

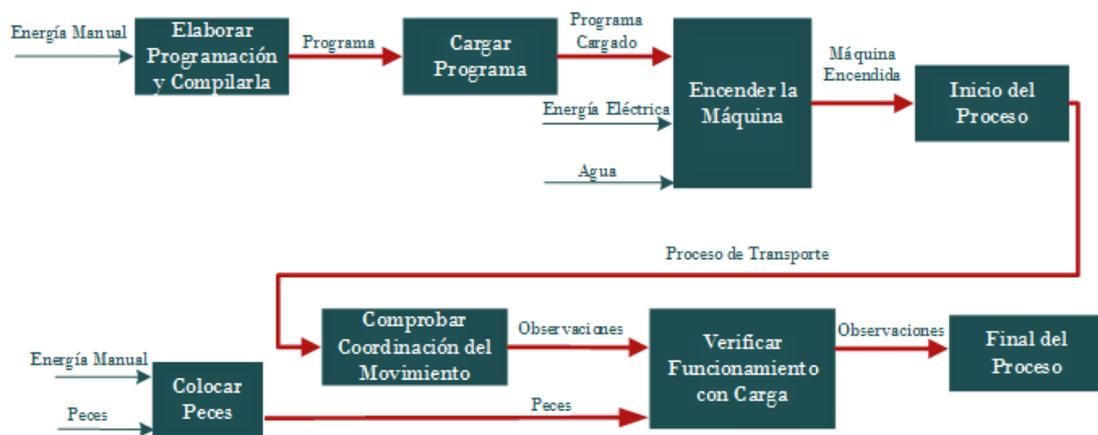
### ENTRADAS

- Energía eléctrica (110V, 60Hz)
- Flujo de agua moderado
- Peces (entre 14cm y 26cm de largo)

### SALIDAS

- Movimiento de la máquina

### ESQUEMA



**Figura 78. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Cubeta de Alimentación**

### OBSERVACIONES

En la prueba se observa que la velocidad del motor es demasiado elevada, el movimiento de las compuertas es adecuado pero la velocidad de las compuertas es baja por lo que el brazo topa a las compuertas. Ante las observaciones se modifica el PWM programado, además se varía los ángulos de cerrado de las compuertas, obteniendo los siguientes resultados (ver figura 79):

- Velocidad adecuada del brazo giratorio
- El brazo no choca con las compuertas
- Los peces son transportados de un lado al otro sin sufrir daño



**Figura 79. Funcionamiento de la Máquina Después de Realizar los Cambios**

## **4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MEDICIÓN**

### **OBJETIVO**

Comprobar que la medida del pez obtenida por el programa corresponda a la obtenida manualmente.

### **PERSONAS A CARGO DE LA PRUEBA**

- David Paredes
- Andrea Pilco

### **ACTIVIDADES**

Para verificar el correcto funcionamiento de esta etapa se realizan las siguientes actividades:

- Elaborar programación para la medida y compilarla.
- Cargar el programa para la medida en la máquina.
- Suministrar energía eléctrica, flujo de agua y encender la máquina.
- Iniciar el proceso de medición.
- Comprobar que los peces ingresados en la máquina sean medidos correctamente.
- Terminar el proceso de funcionamiento.

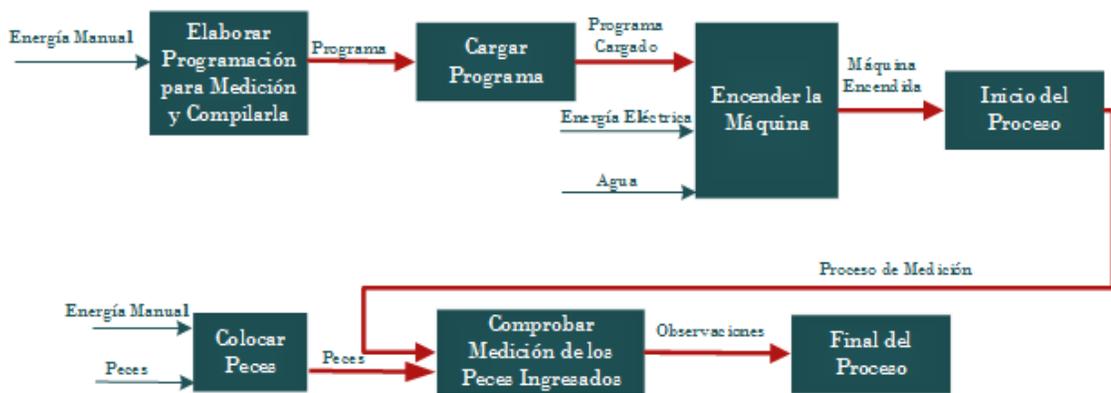
## ENTRADAS

- Energía eléctrica (110V, 60Hz)
- Flujo de agua moderado
- Peces (entre 14cm y 26cm de largo)

## SALIDAS

- Medición de los peces

## ESQUEMA



**Figura 80. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Medición**

## OBSERVACIONES

Se observa que en ocasiones los peces no se orientan correctamente y que las medidas obtenidas presentan un error debido a que la cola de los peces no atraviesa el haz de luz al ser más delgada. Ante las observaciones se varía las posiciones de los acrílicos y en la programación se calibran las medidas aumentando una constante a la medida obtenida, con estos cambios se obtienen los siguientes resultados:

- Los peces se orientan adecuadamente
- La medición generada por la máquina corresponde a la medición tomada manualmente

### **4.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLASIFICACIÓN**

#### **OBJETIVO**

Comprobar que el rango movimiento de las compuertas de la banda es el apropiado y que los peces se direccionen correctamente dependiendo de la medición obtenida, hacia un lado u otro.

#### **PERSONAS A CARGO DE LA PRUEBA**

- David Paredes
- Andrea Pilco

#### **ACTIVIDADES**

Para verificar el correcto funcionamiento de esta etapa se realizan las siguientes actividades:

- Elaborar programación para la clasificación y compilarla.
- Cargar el programa para la clasificación en la máquina.
- Suministrar energía eléctrica, flujo de agua y encender la máquina.
- Iniciar el proceso de clasificación.
- Comprobar que los peces ingresados en la máquina sean direccionados correctamente.
- Terminar el proceso de funcionamiento.

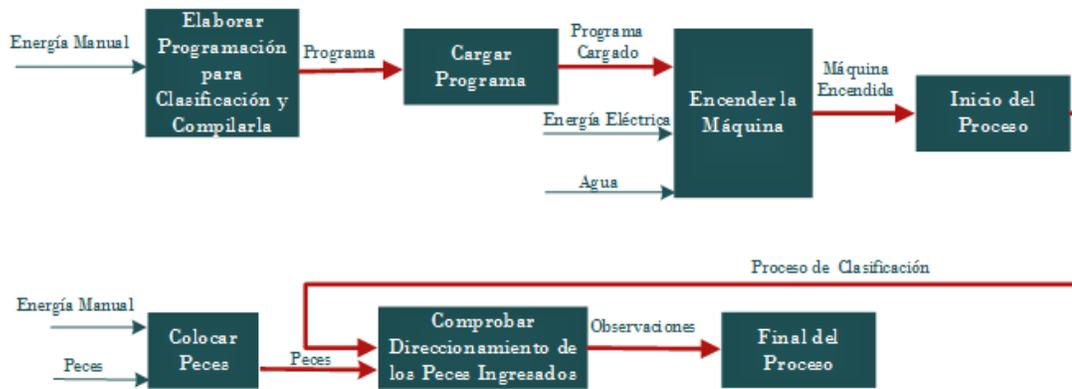
#### **ENTRADAS**

- Energía eléctrica (110V, 60Hz)
- Flujo de agua moderado
- Peces (entre 14cm y 26cm de largo)

#### **SALIDAS**

- Peces clasificados

## ESQUEMA



**Figura 81. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Clasificación**

## OBSERVACIONES

Se observó que las compuertas se abren conforme a la medida generada pero en un rango muy amplio que dificulta el direccionamiento del pez. Además, las colas de los peces en ocasiones se deslizan debajo de las compuertas impidiendo que éste sea clasificado. Con las observaciones realizadas se procede a variar la posición de los sensores de efecto Hall y a cubrir la parte inferior de las compuertas con plástico, obteniendo los siguientes resultados:

- Las compuertas se mueven en rangos de movimientos apropiados para el direccionamiento del pez.
- Los peces no se atorán y son direccionados correctamente.

## 4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO GENERAL DE LA MÁQUINA

### OBJETIVO

Comprobar que la máquina funcione correctamente considerando todos los módulos y verificar que todos los sistemas estén coordinados.

### PERSONAS A CARGO DE LA PRUEBA

- David Paredes

- Andrea Pilco

## ACTIVIDADES

Para verificar el correcto funcionamiento de la máquina en general se realizan las siguientes actividades:

- Suministrar energía eléctrica, flujo de agua y encender la máquina.
- Iniciar el proceso.
- Colocar peces
- Comprobar que los peces ingresados en la máquina sean clasificados correctamente.
- Terminar el proceso de funcionamiento.

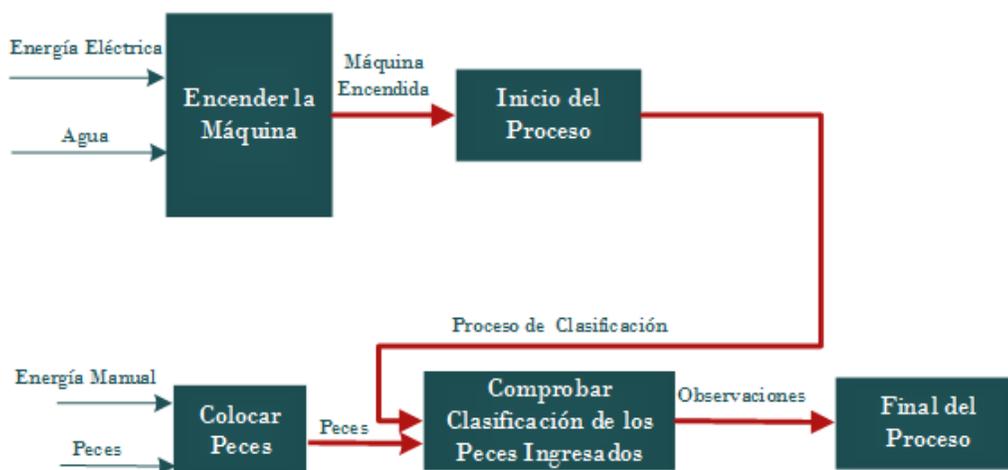
## ENTRADAS

- Energía eléctrica (110V, 60Hz)
- Flujo de agua moderado
- Peces (entre 14cm y 26cm de largo)

## SALIDAS

- Peces clasificados

## ESQUEMA



**Figura 82. Diagrama de Actividades en la Prueba de Funcionamiento de la Máquina Clasificadora**

## OBSERVACIONES

Se observa un desfase entre el movimiento del brazo de la cubeta y el movimiento de la banda, esto limita la funcionalidad de la máquina, impidiendo ingresar un mayor número de peces. Además, se observa que los peces, al ser transportados de la cubeta a la banda, aún pueden ser afectados por el impacto generado por el movimiento, a pesar de la velocidad reducida del brazo. Ante estas observaciones se procede a coordinar ambos sistemas por medio de una pausa en la rotación del brazo y también se recubre la parte delantera de la cubeta con caucho y plástico de burbujas para amortiguar la caída del pez. Con los cambios realizados se obtienen los siguientes resultados, ver figura 83:

- La velocidad de trabajo de la banda está coordinada con la del brazo
- Se puede ingresar un mayor número de peces en la máquina
- Los peces no se golpean fuertemente al pasar a la banda
- La máquina clasifica y contabiliza peces correctamente



**Figura 83. Máquina Clasificando después de los Cambios Finales Realizados**

## 5. CAPÍTULO 5: ANÁLISIS ECONÓMICO

### 5.1 COSTO DE FABRICACIÓN DEL MÓDULO 1

Tabla 34.

#### Costos por Materia Prima del Módulo 1

Sistemas	Pieza	Material	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
	Cubeta	Acero Inoxidable Mate 1.5mm 1.22 x 1.22 m	140.00	1	140.00
	Contenedor	Acero Inoxidable Mate 1.5mm 1.22 x 0.5 m	45.00	1	45.00
	Eje para soporte Contenedor	Acero Inoxidable $\Phi$ 11mm L=60mm	8.00	1	8.00
	Base para Contenedor	Hierro Fundido ángulo 30x30x3mm L= 2.5m	6.00	1	6.00
		Hierro Fundido ángulo 30x30x3mm L= 6m	15.00	1	15.00
Depósito de peces	Estructura para depósito de peces	libra de Electroodos 6011	2.30	1	2.30
		Brocas de 1/4 pulgada	1.10	3	3.30
		Disco pequeño de corte	1.80	2	3.60
		Disco pequeño de desbaste	2.00	1	2.00
	Pernos	INOX 3mm x 1 plg	0.11	20	2.20
	Pernos	INOX 1/4 x 1 pulg	0.15	40	6.00
	Tuercas y rodela	INOX 3mm	0.05	20	1.00
	Tuercas y rodela	INOX 1/4 pulg.	0.07	40	2.80
	Placas para llantas	Platina de hierro 330 x 60 mm	8.00	1	8.00
	Esparrago	$\Phi$ 3/8pulg. L=180mm	7.00	4	28.00
Soporte para pez	Acero Inoxidable Mate 1.5mm 0.5 x 0.6 m	25.00	1	25.00	
	Broca de 3mm acero inoxidable	4.50	2	9.00	
Llantas	Tamaño: 3 " x 31mm Capacidad :90kg-110kg	5.00	4	20.00	

CONTINUÍA  
→

Selección de peces	Brazo giratorio	Platina 7mm Acero INOX 330 x 260 mm	12.00	1	12.00
		Electrodo para acero inoxidable 308A	5.50	1	5.50
	Bocin para Brazo	Eje Acero INOX $\Phi$ 24mm L=40mm	8.00	1	8.00
	Eje de motor	Eje Acero INOX $\Phi$ 14mm L=180mm	12.00	1	12.00
	Bocin para eje motor	Bronce Fosforico $\Phi$ 28mm	8.00	1	8.00
	Acople del motor al eje	Eje Acero INOX $\Phi$ 16mm L=250mm	13.00	1	13.00
	Compuerta	Acero Inoxidable Mate 1.5mm 0.5x 0.7 m	25.00	1	25.00
	Riel Compuerta	Acero Inoxidable Mate 1.5mm 0.5 x 0.7m	25.00	1	25.00
	Garra para pez	Acero Inoxidable Mate 1.5mm 0.5 x 1m	35.00	1	35.00
	Pasador	Aacero Inoxidable $\Phi$ 4mm	0.35	4	1.40
Control de selección	Motor reductor	12 V 30 RPM	45.00	1	45.00
	Arduino	Placa Arduino UNO	21.00	1	21.00
	Transformador	12V 3A	12.00	1	12.00
	Resistencias	220 OHMIOS	0.12	6	0.72
	Transistor	TIP 122	0.70	5	3.50
	Leds	Alta intensidad 5V	0.12	5	0.60
	Cables de conexión para arduino	Cables hembras y machos	0.25	15	3.75
	Fuente de 5V	Entrada: 110VAC Salida:5V 5A	21.00	1	21.00
	Servomotores	HITEC 5V 30kg	31.00	2	62.00
	Caja para Control	Acero Inoxidable brillante 400x162x238mm	55.00	1	55.00
				<b>Total</b>	<b>696.67</b>

Tabla 35.

## Costo por Maquinaria del Módulo 1.

Sistemas	Pieza	Descripción trabajo	Maquinaria Utilizada	Costo(\$/h)	#Horas/Cantidad	Valor
Déposito de peces	Cubeta	Corte	Hidrocorce	60.00	0.3	18.00
		Doblado	Dobladora	12.00	0.10	1.20
	Contenedor	Corte	Hidrocorce	60.00	0.1	6.00
		Doblado	Dobladora	12.00	0.08	0.96
	Eje Soporte	Corte	Moladora	10.00	0.02	0.20
	Base para contenedor	Corte	Moladora	10.00	0.2	2.00
		Soldadura	SMAW	12.00	0.5	6.00
	Estructura para depósito	Corte	Moladora	10.00	0.3	3.00
		Soldadura	SMAW	12.00	1	12.00
	Placas para llantas	Corte	Moladora	10.00	0.15	1.50
		Soldadura	SMAW	12.00	0.25	3.00
	Esparrago	Corte	Moladora	10.00	0.1	1.00
	Soporte para pez	Corte	Cizalla	15.00	0.1	1.50
		Doblado	Dobladora	12.00	0.1	1.20
	Brazo Giratorio	Corte	Moladora	10.00	0.1	1.00
Cilindrado y refrentado		Torno	11.00	0.15	1.65	
Bocin para brazo	Perforación	Torno	11.00	0.15	1.65	
	Agujero pasante	Torno	11.00	0.2	2.20	
	Corte	Moladora	10.00	0.1	1.00	
Selección de peces	Eje Motor	Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	0.15	1.65
		Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	0.15	1.65
	Bocin eje Motor	Perforación	Taladro Pedestal	7.00	0.15	1.05
		Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	0.2	2.20
	Acople del motor al eje	Agujeros pasantes	Torno	11.00	0.15	1.65
Compuerta		Corte	Hidrocorce	60.00	0.08	4.80
Riel Compuerta	Corte	Hidrocorce	60.00	0.1	6.00	
Garra para pez	Corte	Hidrocorce	60.00	0.1	6.00	
	Doblado	Dobladora	12.00	0.1	1.20	
					<b>Total</b>	<b>91.26</b>

**Tabla 36.****Análisis Costo por hora del Módulo 1**

<b>Personal</b>	<b>Salario</b>	<b>Días laborables</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo Hora</b>
Mensual Ingeniería	800	23	8	4.34

**Tabla 37.****Costo de la Mano de Obra directa del Módulo 1**

<b>Procesos</b>	<b>Número de Operarios</b>	<b>Tiempo Producción (Horas)</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Costo Producción</b>
David Paredes	1	35	4.34	151.90
Andrea Pilco	1	35	4.34	151.90
			<b>Costo MOD</b>	<b>303.80</b>

**Tabla 38.****Costo de transporte del Módulo 1**

	<b>Número de traslados</b>	<b>Costo por traslado</b>	<b>Costo Producción</b>
Traslado Materia Prima	4	12.00	48.00
		<b>Costo Transporte</b>	<b>48.00</b>

**Tabla 39.****Costos de Servicios del Módulo 1**

	<b>Consumo Regular</b>	<b>Costo Servicio Diario (30días)</b>	<b>Horas Ocupadas</b>	<b>Días de servicio</b>	<b>Costo</b>
Energía Eléctrica	22.00	0.733333333	35	0.02095238	0.73333333
Agua Potable	16.00	0.533333333	6	0.08888889	0.53333333
Internet	28.00	0.933333333	12	0.07777778	0.93333333
				<b>Costo Servicio</b>	<b>2.20</b>

**Tabla 40.****Estructura de Costos del Módulo 1**

<b>Estructura de Costos</b>	
<b>Análisis de Costos</b>	<b>Presupuesto (\$)</b>
Materia Prima Directa	696.67
Herramienta	91.26
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>787.93</b>
M.O.D	303.80
<b>COSTO FABRICACIÓN</b>	<b>1091.73</b>
Transporte	48.00
Servicios	2.20
<b>GASTOS</b>	<b>62.20</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1941.86</b>

Como la mano de obra, ingeniería y gastos es asumido y realizado por los tesistas, el costo real de fabricación del módulo 1 es \$787.93.

## 5.2 COSTO DE FABRICACIÓN DEL MÓDULO 2 Y 3

**Tabla 41.**

### Costo por Materia Prima del Módulo 2 y 3

Sistemas	Pieza	Material	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Transporte	Soporte lateral	Acero inoxidable Mate espesor:1.5mm Dimensión: 1.22 x 0.80m	80.00	2	160.00
	Placa de soporte	Acero inoxidable Mate espesor:1.5mm Dimensión: 1.22 x 0.50m	70.00	1	70.00
		Tubo de Acero Inoxidable $\Phi$ 3.5pulg. L= 33cm	12.00	2	24.00
	Rodillos	Eje de Acero Inoxidable $\Phi$ 13.5 mm L= 50cm	8.00	1	8.00
		Caucho de llanta	5.00	1	5.00
	Chumacera	Chumacera con hendidura $\Phi$ 3/8 pulg	10.00	4	40.00
		Platina Acero Inoxidable espesor: 10mm Dimensión: 50 x 25mm	7.50	2	15.00
	Tensor	Esparrago $\Phi$ 3/8 pulg L= 1m	12.00	1	12.00
		Tuerca de acero inoxidable $\Phi$ 3/8pulg	0.35	4	1.40
		Tubo cuadrado de Acero A36 Dimensión:30x30x2.6mm L= 6m	15.00	1	15.00
	Estructura	Disco pequeño de desbaste	2.00	2	4.00
		Disco pequeño de corte	1.80	2	3.60
		Libra de electrodos 6011	2.30	1	2.30
	Llantas	Tamaño: 3 " x 31mm Capacidad :90kg-110kg	5.00	4	20.00
	Placas para llantas	Platina de Acero A36 330 x 60 mm	8.00	1	8.00
	Banda	Banda transportadora de PVC espesor: 3mm Ancho:300mm y Longitud:2.9m	95.00	1	95.00
	Base Motor	Plancha Acero A36 Dimensión: 380 x 200 mm espesor: 1.5mm	6.00	1	6.00
	Soporte Diagonal	Ángulo de Acero Inoxidable Dimensión: 30x30x30mm L= 1m	8.00	1	8.00
	Protección Motor	Acero inoxidable Mate espesor:1.5mm Dimensión: 500x300mm	15.00	1	15.00
	Acople Motor	LoveJoy	30.00	1	30.00
Motor	Motor AC 110V 25.5 RPM	220.00	1	220.00	
Pernos	INOX 1/4 x 1 pulg	0.15	30	4.50	

CONTINÚA →

Direccionamiento	Placas	Acero inoxidable Mate espesor:1.5mm	25.00	1	25.00	
		Dimensión: 1x1.5mm				
	Placas Acrílicos	Libra Electrodo para acero inoxidable 308A	5.50	1	5.50	
		Acrílico espesor: 3mm	12.00	1	12.00	
		Dimensión:2m x 2m				
		Pernos	INOX 3mm x 1 plg	0.11	15	1.65
		Pasadores	Acero Inoxidable $\Phi$ 3 mm	0.25	8	2.00
		Láser	Clase 2A Voltaje: 3.3 V	2.00	3	6.00
		LDR	Fotorresistor	1.20	2	2.40
		Arduino	ArduinoMega	35.00	1	35.00
Medición	Pantalla	LCD keypad shield	18.00	1	18.00	
	Leds	Alta intensidad 5V	0.12	2	0.24	
	Fuente de 12V	Entrada: 110VAC Salida:12V 5A	21.00	1	21.00	
	Cables de conexión para arduino	Cables hembras y machos	0.25	15	3.75	
	Caja para control	Acero Inoxidable Dimensión: 159x209mm	15.00	1	15.00	
	Exclusas	Acero inoxidable Mate espesor:1.5mm Dimensión: 0.5 x 0.80m	12.00	1	12.00	
		Gonce	Bronce Fosfórico $\Phi$ 12mm	8.00	2	16.00
	Clasificación	Soporte eje	Acero inoxidable espesor:3mm Dimensión: 60 x 20 mm	13.00	1	13.00
		Bocín	Eje de Acero inoxidable $\Phi$ 21 mm L= 40cm	11.00	1	11.00
		Base Sensor	Duralón color negro $\Phi$ 72mm L=10cm	8.00	1	8.00
Base para Motor		Acero inoxidable Mate espesor:1.5mm Dimensión: 0.2 x 0.2m	12.00	1	12.00	
Acople Motor		Eje de Acero inoxidable $\Phi$ 21 mm L= 25cm	8.50	1	8.50	
Motor		Motor de Parabrisas V12V	30.00	1	30.00	
Sensor		Sensor efecto hall 5V	4.00	3	12.00	
				<b>Total</b>	<b>1036.84</b>	

Tabla 42.

## Costo por Maquinaria del Módulo 2 y 3

Sistemas	Pieza	Descripción trabajo	Maquinaria Utilizada	Costo (\$/h)	#horas/cantidad	Valor
Transporte	Soporte lateral	Corte	Hidrocorte	60.00	0.8	48.00
		Doblado	Dobladora	12.00	0.05	0.60
	Placa de soporte	Corte	Hidrocorte	60.00	0.12	7.20
		Doblado	Dobladora	12.00	0.10	1.20
	Rodillos	Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	1.50	16.50
		Soldadura	SMAW	12.00	0.30	3.60
	Tensor	Corte	Moladora	10.00	0.10	1.00
	Estructura	Corte	Moladora	10.00	0.50	5.00
		Soldadura	SMAW	12.00	0.80	9.60
	Placas para llantas	Corte	Moladora	10.00	0.10	1.00
	Base Motor	Corte	Moladora	10.00	0.10	1.00
	Protección Motor	Corte	Cizalla	15.00	0.10	1.50
		Doblado	Dobladora	12.00	0.10	1.20
	Clasificación	Placas	Corte	Hidrocorte	60.00	0.30
Doblado			Dobladora	12.00	0.20	2.40
Exclusas		Corte	Hidrocorte	60.00	0.15	9.00
		Soldadura	SMAW	12.00	0.15	1.80
Gonce		Soldadura	SMAW	12.00	0.05	0.60
Soporte eje		Corte	Moladora	10.00	0.08	0.80
Bocín		Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	0.20	2.20
		Soldadura	SMAW	12.00	0.10	1.20
Base Sensor		Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	0.15	1.65
Acople Motor		Cilindrado y refrentado	Torno	11.00	0.30	3.30
	Roscado	Torno	11.00	0.80	8.80	
Base para Motor	Corte	Cizalla	15.00	0.15	2.25	
	Doblado	Dobladora	12.00	0.10	1.20	
					<b>Total</b>	<b>150.60</b>

**Tabla 43.****Análisis por Hora del Módulo 2 y 3**

<b>Personal</b>	<b>Salario</b>	<b>Días laborables</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo Hora</b>
Mensual Ingeniería	800	23	8	4.34

**Tabla 44.****Costo de la Mano de Obra directa del Módulo 2 y 3**

<b>Procesos</b>	<b>Número de Operarios</b>	<b>Tiempo Producción (Horas)</b>	<b>Costo Hora</b>	<b>Costo Producción</b>
David Paredes	1	60	4.34	260.40
Andrea Pilco	1	60	4.34	260.40
			<b>Costo MOD</b>	<b>520.80</b>

**Tabla 45.****Costo de transporte del Módulo 2 y 3**

	<b>Número de traslados</b>	<b>Costo por traslado</b>	<b>Costo Producción</b>
Traslado Materia Prima	5	12.00	60.00
	<b>Costo Transporte</b>		<b>60.00</b>

**Tabla 46.****Costos de Servicios del Módulo 2 y 3**

	<b>Consumo Regular</b>	<b>Costo Servicio Diario (30días)</b>	<b>Horas Ocupadas</b>	<b>Días de servicio</b>	<b>Costo</b>
Energía Eléctrica	22.00	0.733333333	30	0.024444444	0.733333333
Agua Potable	16.00	0.533333333	2	0.266666667	0.533333333
Internet	28.00	0.933333333	12	0.077777778	0.933333333
				<b>Costo Servicio</b>	<b>2.20</b>

**Tabla 47.****Estructura de Costos del Módulo 2 y 3**

<b>Análisis de Costos</b>	<b>Presupuesto (\$)</b>
Materia Prima Directa	1036.84
Herramienta	150.60
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>1187.44</b>
M.O.D	520.80
<b>COSTO FABRICACIÓN</b>	<b>1708.24</b>
Transporte	60.00
Servicios	2.20
<b>GASTOS</b>	<b>62.20</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2957.88</b>

Como la mano de obra, ingeniería y gastos es asumido y realizado por los tesistas, el costo real de fabricación del módulo 2 y 3 es \$1708.24.

### 5.3 PRECIO DE VENTA DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA

**Tabla 48.**

#### **Precio de Venta de la Maquina Clasificadora**

<b>Módulo</b>	<b>Costo de fabricación</b>	<b>Costo por Maquinaria</b>	<b>M.O.D</b>	<b>Gastos</b>	<b>Total \$</b>
1	696.67	91.26	303.8	50.2	1141.93
2 y 3	1021.44	150.6	520.8	62.2	1755.04
<b>Total</b>	<b>1718.11</b>	<b>241.86</b>	<b>824.6</b>	<b>112.4</b>	<b>2896.97</b>
Procesos externos: Construcción de estructura de máquina y eléctrica				Procesos externos	400
Ingeniería: Diseño mecánico, diseño de detalle, programación de automatización				Ingeniería	2500
				<b>PRECIO</b>	<b>8693.94</b>

Como la mano de obra, ingeniería y gastos es asumido y realizado por los tesisistas, el costo real de fabricación de la Máquina Clasificadora de truchas A.D 1 es de \$1959.97.

### 5.4 RENTABILIDAD DEL PROYECTO

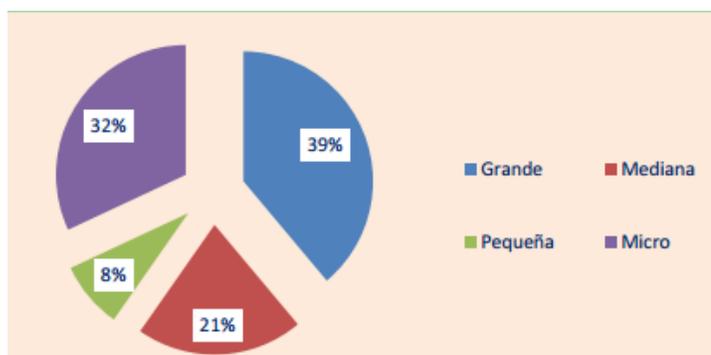
Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el **VAN** (Valor Actual Neto) y el **TIR** (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa.

**VAN:** Se realiza una estimación de los ingresos generados por el producto durante cinco años, para que el proyecto sea rentable el VAN tendrá que ser superior a cero, lo que significará que recuperaremos la inversión inicial. La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente, donde I es la inversión, Qn es el flujo de caja del año n, r la tasa de interés con la que estamos comparando y N el número de años de la inversión.

TIR: Tasa Interna de Retorno, que sería el tipo de interés en el que el VAN se hace cero. Si el TIR es alto, estamos ante un proyecto empresarial rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado.

Antes de obtener un valor estimado de flujo de caja que el producto genere se debe conocer si hay áreas de trabajo para el producto en el Ecuador.

En el 2009 reportaron al Servicio de Rentas Internas (SRI) 72 empresas de la rama industrial “Elaboración y conservación de pescado y de productos de pescado”. La gran mayoría de ellas (39%) son empresas grandes, seguidas de las microempresas, que representan 32% del total de empresas que reportaron al SRI en 2009 (Figura 84). Las empresas pequeñas son las menos representativas en esta rama de actividad.



**Figura 84. Empresas del sector por tamaño**

**Fuente: (Flacso-MIPRO, 2011)**

Estas 72 empresas utilizaron insumos por un total de \$ 746,4 millones, de los cuales 72,2% fueron insumos nacionales y el restante 27,8% fueron importados.

Durante ese año las empresas del sector reportaron inversiones por un total de \$ 209,2 millones en maquinaria, investigación y desarrollo. Como era de esperar, al igual que en el resto de rubros analizados, también en éste la inversión se concentra pesadamente en las empresas de tamaño mayor, en las cuales se realizó 90,7% de la inversión total del sector, frente 7,7% de las medianas y poco más de 1,2% de las pequeñas.

Se puede concluir que el sector de la acuicultura y pesca está interesado en invertir en maquinaria y sobretodo desarrollo, es decir, la máquina clasificadora de peces tendría aceptación en el mercado.

La inversión inicial del producto es de \$ 8693.94, se va a considerar que la máquina, además de generar un rédito en la producción, por alquiler genera también un ingreso mensual, alcanzando así un flujo de caja anual de \$ 2200 en el primer año. Para los próximos cinco años se considera un incremento del 8%.

Se ingresa los datos propuestos en Excel, y se obtiene los siguientes resultados mostrados en la tabla 49:

**Tabla 49.**

**Cálculo del VAN y TIR**

<b>Inversión</b>	<b>-8693.94</b>
Ingresos 1er. año	2640
Ingresos 2do. año	2851.2
Ingresos 3er. año	3079.29
Ingresos 4to. año	2812.34
Ingresos 5to. Año	3037.33
Interes	5%
<b>VAN</b>	<b>\$3,580.98</b>
<b>TIR 3 años</b>	<b>-1%</b>
<b>TIR 5 años</b>	<b>19%</b>

## 6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Se construyó el sistema automático de clasificación y cuantificación de peces para las etapas de engorde y juvenil. La máquina puede trabajar con hasta 4 peces a la vez, los mide, cuenta y clasifica en tres grupos: pequeño, mediano y grande, con un promedio de 9 peces por minuto.
- Se diseñó el sistema mecánico de la máquina para que se ajuste al espacio disponible, y sea desmontable; con materiales resistentes a la corrosión como acero inoxidable 304 y acero ASTM 36 pintado al horno.
- Los componentes electrónicos seleccionados permiten una medida de gran exactitud, con un error del  $\pm 5\%$  en la medición el cual es considerado aceptable.
- Se diseñó un sistema electrónico con protecciones y elementos de fácil acceso que aseguran el rendimiento electrónico y rapidez en la reparación, en caso de avería.
- Se consiguió mejorar el rendimiento de la máquina por medio de diversas pruebas realizadas en cada etapa de construcción
- Se consiguió que la interfaz construida permita al operario manejar la máquina y obtener la información requerida de manera fácil y rápida.
- Se concluye que para futuros prototipos se puede mejorar la velocidad de trabajo con componentes de tipo industrial.
- El desarrollo e inversión en proyectos de esta índole es beneficiosa para el cambio de matriz productiva en el país.
- Al obtener un VAN de \$3 580.98 en un período de 5 años, da a notar que la inversión se recuperará en ese lapso de tiempo.
- El valor de la TIR a los 3 años es de -1% lo que muestra que en el lapso de tres años no se recuperará la inversión aún.
- El valor de la TIR a los 5 años es de 19% lo que nos garantiza que el producto es rentable al culminar el cuarto y quinto año.

- La máquina fue diseñada para trabajar en la clasificación dentro de la etapa de crecimiento pero el proceso podría también implementarse para la etapa de cosecha

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Para la medición se utilizó una luz láser la cual cada vez que sea interrumpida comenzará a medir, es por eso que se recomienda que los peces estén totalmente dormidos, ya que el movimiento podría resetear la medida y generar una medida errónea.
- Para un mejor funcionamiento de la máquina clasificadora de peces se recomienda que haya un flujo considerable de agua para que el pez no sufra daños y para facilitar el proceso de clasificación.
- Se recomienda impulsar el desarrollo del prototipo presentado para mejorar su rendimiento para que en un futuro pueda ser implementado a nivel industrial.
- Es recomendable impulsar proyectos similares a este, ya que en esta área existe un amplio campo de aplicación para la Ingeniería Mecatrónica.

## 7. CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA

Agrega Educación. (11 de Abril de 2010). *Agrega 2*. Obtenido de *Agrega 2*:  
<http://agrega.educacion.es/buscador2/>

Aquaservice SA. (Abril de 2004). *Aquaservice SA*. Obtenido de *Aquaservice SA*:  
<http://www.aquaservice.cl/>

Arduino. (Septiembre de 2011). *Arduino Genuino*. Obtenido de *Arduino Genuino*:  
<https://www.arduino.cc/>

Boresi, & Schmidt. (2001). *Ingeniería Mecánica Dinámica*. Editorial Thomson.

CEMA. (2008). *Academia*. Obtenido de *Academia*:  
<http://www.academia.edu/5681752/Manual-Cema>

Contitech Conveyor Belt Group. (2001). *Scribd*. Obtenido de *Scribd*:  
<https://es.scribd.com/doc/95819215/ManualIngenieria-nlckd>

Dinastía Tecnológica. (Octubre de 2014). *Dinastía Tecnológica*. Obtenido de *Dinastía Tecnológica*: <http://dinastiatecnologica.com/producto/modulo-sensor-magnetico-de-efecto-hall/>

Direct Industry. (Abril de 2006). *Direct Industry*. Obtenido de *Direct Industry*:  
<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial>

Equipos El Prado SA. (19 de Noviembre de 2002). *Equipos El Prado SA. Equipos y Suministros para Transporte*. Obtenido de *Equipos El Prado SA. Equipos y Suministros para Transporte*: [http://www.elprado.co.cr/sob\\_rod.html](http://www.elprado.co.cr/sob_rod.html)

Flacso-MIPRO. (Junio de 2011). *Flacso*. Obtenido de *Flacso*:  
<https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/ydymiy33b05x15okztvggy sqc8hjzz.pdf>

Global Sources. (Agosto de 2007). *Global Sources*. Obtenido de *Global Sources*:  
<http://www.globalsources.com/manufacturers/LDR-Sensor.html>

- INEC. (1 de Julio de 2012). *INEC*. Obtenido de INEC: <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/SIN/descargas/ciiu.pdf>
- Katsuhiko, O. (2002). *Ingeniería de Control Moderna*. Pearson Education.
- Marelec. (15 de Septiembre de 2010). *Marelec Food Technologies*. Obtenido de Marelec Food Technologies: <http://www.marelec.com/news-exhibitions>
- Masterlock. (Agosto de 2011). *Masterlock*. Obtenido de Masterlock: <http://masterlock.cl/pulsadores-electricos/pulsador-electrico.php>
- PCE. (Febrero de 2011). *PCE Inst*. Obtenido de PCE Inst: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/balanzas/balanza-sobremesa-pce-tss.htm>
- Picrobot. (Noviembre de 2008). *PICs, Electrónica y Robótica*. Obtenido de PICs, Electrónica y Robótica: <http://picrobot.blogspot.com/2008/11/display-lcd-cmo-se-controlan.html>
- Pytel, A., & Kiusalaas, J. (2005). *Ingeniería Mecánica, Dinámica*. México: Editorial Thomson.
- Rashid, M. (2004). *Electrónica de Potencia*. México: Pearson Education.
- Riba, C. (2002). *Diseño Concurrente*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Roser. (26 de Junio de 2009). *Roser*. Obtenido de Roser: [http://www.roser.es/es/llicitat\\_productes/ac5a5d75f1a72cd999ffd4d90e11d3fb/Clasificadora\\_por\\_peso.html](http://www.roser.es/es/llicitat_productes/ac5a5d75f1a72cd999ffd4d90e11d3fb/Clasificadora_por_peso.html)
- Sánchez, R. S. (Enero de 2007). *Página Web del profesor: Rafael Sánchez Sánchez*. Obtenido de Página Web del profesor: Rafael Sánchez Sánchez: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes%20Tema%206.pdf>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (24 de Junio de 2013). *Documentos Senplades*. Obtenido de Documentos Senplades: <http://documentos.senplades.gob.ec/>

- Siemens. (Junio de 2014). *Siemens*. Obtenido de Siemens: <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/pages/default.aspx>
- Steren. (Junio de 2004). *Steren Soluciones en Electrónica*. Obtenido de Steren Soluciones en Electrónica: <http://www.steren.com.mx/catalogo/category.asp?c=822>
- TecnoIngeniería. (Diciembre de 2009). *TecnoIngeniería*. Obtenido de TecnoIngeniería: [http://www.tecnoing.com/p\\_auto\\_plc.aspx](http://www.tecnoing.com/p_auto_plc.aspx)
- Tran, T. (2009). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para un prototipo clasificador de huevos*. Obtenido de Biblioteca Digital Escuela Politécnica Nacional: [biddigital.epn.ec/handle/1500](http://biddigital.epn.ec/handle/1500)
- UNIDO. (3 de Agosto de 2014). *United Nations Industrial Development Organization*. Obtenido de United Nations Industrial Development Organization: [http://www.unido.org/fileadmin/import/26134\\_DiagnosticoEcuador.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/26134_DiagnosticoEcuador.pdf)
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (1 de Julio de 2013). *ESPE Home*. Obtenido de ESPE Home: <http://www.espe.edu.ec/portal/portal/main.do?sectionCode=606>
- Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (1 de Julio de 2013). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad\\_de\\_las\\_Fuerzas\\_Armadas\\_-\\_ESPE](https://es.wikipedia.org/wiki/Universidad_de_las_Fuerzas_Armadas_-_ESPE)
- Valero, A. (8 de Diciembre de 2014). *Diwo*. Obtenido de Diwo: <http://diwo.bq.com/programando-un-sensor-infrarrojo-en-bitbloq/>

## 8. CAPÍTULO 8: GLOSARIO

**Acuicultura:** Es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de cultivo de especies acuáticas vegetales y animales.

**LCD:** (Liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

**Elementos finitos:** Es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería y física.

**Chumacera:** Pieza de metal o de madera con un agujero en donde descansa y gira cualquier eje de maquinaria.

**Interfaz:** Es la conexión física entre dos sistemas o dispositivos

**Norma:** Regla que define el tamaño, la composición y otras características que tiene un dispositivo o producto industrial

**Pcb:** (Printed Circuit Board-Circuito Impreso) Plancha de baquelita o fibra de vidrio utilizada para posicionar componentes electrónicos mediante soldadura, con pistas de cobre que permiten la conexión entre ellos.

**Gonce:** Mecanismo de metal o plástico compuesto por dos piezas unidas por un eje común de metal, que se fijan en dos superficies separadas una fija y otra móvil, para juntarlas y luego permitir el giro de una sobre otra.

**ANEXOS**