



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: DISPENSADOR AUTOMÁTICO MÓVIL DE ALIMENTO
BALANCEADO PARA PECES**

AUTORES:

ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ

SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN

DIRECTOR: ING. TUMIPAMBA EMILIO

SANGOLQUÍ

2015



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISPENSADOR AUTOMÁTICO MÓVIL DE ALIMENTO BALANCEADO PARA PECES”*** realizado por los señores ***ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ*** y ***SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN***, ha sido revisado en su totalidad, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditar y autorizar a los señores ***ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ*** y ***SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN*** para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 26 de noviembre del 2015

Atentamente,



Ing. Tumipamba C. Emilio
Director



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ**, con cédula de identidad N° 171868365-7 y **SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN**, con cédula de identidad N° 172270356-6, declaramos que este trabajo de titulación **“DISPENSADOR AUTOMÁTICO MÓVIL DE ALIMENTO BALANCEADO PARA PECES”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, 26 de noviembre del 2015



ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ
C.C. 171868365-7



SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN
C.C. 172270356-6



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

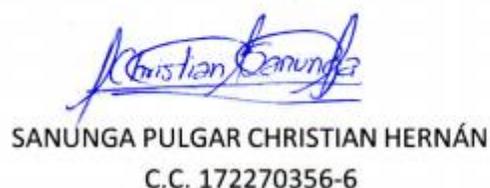
AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ y SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“DISPENSADOR AUTOMÁTICO MÓVIL DE ALIMENTO BALANCEADO PARA PECES”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 26 de noviembre del 2015



ALBÁN GALÁRRAGA MICHAEL JOSÉ
C.C. 171868365-7



SANUNGA PULGAR CHRISTIAN HERNÁN
C.C. 172270356-6

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a las personas que me dieron la oportunidad de hacer realidad este sueño, a mis padres José Albán y Martha Galárraga quienes con su amor, esfuerzo, enseñanzas y sacrificios me supieron apoyar incondicionalmente y creyeron en mí, sin su apoyo este paso tan importante en mi vida no sería posible, ustedes son los artífices de todos mis éxitos.

Michael José Albán Galárraga

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres Félix y Fanny, por darme una carrera para mi futuro, por creer en mí, y aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome toda su paciencia, confianza y amor incondicional, este trabajo es para ustedes aquí está reflejado todo el sacrificio que han hecho para que alcance este logro.

Christian Hernán Sanunga Pulgar

AGRADECIMIENTO

A Dios que me dio la oportunidad de seguir compartiendo una vida de felicidad junto a mi familia, por darme fortaleza y enseñarme que puedo ser lo suficientemente fuerte, valiente y sobre todo por permitirme haber crecido en una familia rodeada de seres muy especiales.

A mi familia, mis padres José y Martha quienes supieron prepararme para afrontar el mundo, sus valores y amor entregados durante todos estos años juntos han dejado una huella imborrable en mi forma de ver y sentir la vida, gracias por todos sus esfuerzos, son las personas que más admiro, respeto y amo. A mis hermanas Mónica y Dayanara, ustedes son un verdadero ejemplo de vida, viéndolas perseguir sus sueños aprendí que con mucho esfuerzo y sacrificio se los pueden conseguir, gracias por compartir junto a mí su amor y sus enseñanzas. A mis sobrinos Dayanara, Emily, Alejandra y Alejandro, el amor y los momentos que comparten conmigo son únicos, cambiaron mi vida con su amor.

Gabriela, has compartido junto a mi alegrías, éxitos y mis caídas sin embargo has estado ahí a mi lado entregándome tu amor y apoyándome en la adversidad, gracias por creer en mí siempre, eres más que mi novia una compañera para toda la vida, te amo.

A mis abuelitos porque a pesar de no estar presentes en mi vida físicamente nunca he dejado de sentir que están a mi lado, gracias por ser los ángeles que resguardan mi camino día a día.

A mis amigos, Santiago eres un hermano para mí y eres parte de este logro gracias por todo. A Christian por conformar este proyecto juntos y por todos los años compartidos a lo largo de la carrera.

Michael José Albán Galárraga

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por acompañarme y guiarme en el transcurso de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por regalarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Félix y Fanny por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida.

A mis hermanos Alberto y Cristina por ser parte importante de mi vida y llenarme de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A Cristy mi novia, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A Michael mi amigo con el que desarrollamos este proyecto, por el apoyo y solidaridad brindados en el transcurso de la carrera.

Christian Hernán Sanunga Pulgar

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPITULO 1	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	4
1.4. FACTORES LIMITANTES DE PRODUCCIÓN	6
1.4.1. TEMPERATURA.....	6
1.4.2. OXIGENO.....	7
1.4.3. AMONÍACO	8
1.4.4. LA ALIMENTACIÓN.....	9
1.5. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPENSADOR	
AUTOMÁTICO PARA PECES.	10
1.6. ÁREA DE INFLUENCIA	13
1.7. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	13
1.8. OBJETIVOS	14
1.8.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.9. ALCANCE	15
CAPITULO 2	16
MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. MÁQUINAS DOSIFICADORAS O DISPENSADORAS.....	16
2.2. CLASES DE DOSIFICADORES.....	17
2.2.1. DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS.	17
2.2.2. DOSIFICADORES POR PESO.....	18
2.3. SISTEMAS DE CONTROL.....	19
2.3.1. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO.....	19
2.3.2. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO.	20
2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES.....	22
CAPITULO 3	25
DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA	25

3.1.	CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL ALIMENTO BALANCEADO.....	25
3.2.	VOLUMEN DE LA TOLVA.....	28
3.3.	GEOMETRÍA DE LA TOLVA.....	29
3.4.	CALCULOS DE LA TOLVA CILÍNDRICO - CÓNICA:.....	31
3.4.1.	VOLUMEN Y DIMENSIONES DE LA SECCIÓN CILÍNDRICA.....	31
3.4.2.	VOLUMEN DE UN CILINDRO:.....	31
3.4.3.	VOLUMEN DE LA SECCIÓN CÓNICA.....	32
3.4.4.	VOLUMEN DE UN CONO TRUNCADO:.....	33
3.5.	MATERIAL DE LA TOLVA.....	35
3.6.	CALCULO DE LA MASA DE LA TOLVA.....	36
3.6.1.	ACRÍLICO.....	37
3.6.2.	ACERO INOXIDABLE.....	40
3.7.	DISEÑO DE LA VIGA DE SOPORTE DEL DISPENSADOR.....	43
3.8.	SELECCIÓN DE CORREDERA PARA MOVILIZACION DEL DISPENSADOR.....	49
3.9.	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL RIEL DE SOPORTE.....	51
3.10.	DEFORMACIÓN DE LA CORREA "G".....	56
3.11.	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE VELOCIDADES Y CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LAS POLEAS.....	59
3.12.	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL DISPENSADOR.....	60
3.13.	CÁLCULO DE TORQUE TOTAL DEL SISTEMA.....	61
3.14.	CÁLCULO DE LA POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA.....	64
3.15.	CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL CABLE DE ACERO.....	66
3.16.	DISEÑO DEL EJE.....	67
3.16.1.	FUERZA QUE ACTÚA EN EL EJE EN LA POSICIÓN DE LA POLEA.....	67
3.16.2.	CALCULO DEL ESFUERZO FLECTOR.....	72
3.16.3.	CALCULO DEL ESFUERZO CORTANTE.....	72
3.16.4.	CALCULO DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES.....	73
3.17.	DISEÑO DE COLUMNAS.....	75
CAPITULO 4.....		80
DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA MÁQUINA.....		80
4.1.	SISTEMA DE CONTROL.....	80
4.2.	DISEÑO DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE LA MÁQUINA.....	83
4.2.1.	INVERSIÓN DE GIRO MOTOR DC.....	83
4.2.2.	CIRCUITO DE CONTROL DE UN MOTOR AC.....	84
4.2.3.	CIRCUITO DE ACTIVACIÓN DE BLOWER O SOPLADOR.....	84
4.3.	SENSORES.....	85
4.3.1.	SENSOR DE OXÍGENO.....	85
4.3.2.	SENSOR DE AMONIO.....	86
4.3.3.	SENSOR DE TEMPERATURA PT100.....	86
4.3.4.	FINES DE CARRERA.....	87

4.4.	PLC	87
4.4.1.	MÓDULO DE TEMPERATURA PT100 XC-E6PT-P	88
4.4.2.	MÓDULO DE ENTRADAS ANÁLOGAS	88
4.5.	HMI	89
4.6.	DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN	90
4.7.	DIAGRAMAS DE CONEXIÓN	92
CAPITULO 5		93
MANUAL DE USUARIO		93
5.1.	DIRIGIDO A:	93
5.2.	FUNCIONAMIENTO DEL ARMARIO DE CONTROL	93
5.3.	COMO UTILIZAR EL DISPENSADOR DE ALIMENTO BALANCEADO	94
5.3.1.	INICIO DEL SISTEMA	94
5.4.	USO DE LA INTERFAZ DE USUARIO	95
5.5.	MANTENIMIENTO	100
5.5.1.	LIMPIEZA EXTERIOR DEL DISPENSADOR	100
5.5.2.	LIMPIEZA INTERIOR DEL DISPENSADOR	100
5.6.	PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES	104
CAPITULO 6		105
PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS		105
6.1.	INTRODUCCIÓN	105
6.2.	PLAN DE PRUEBAS	105
6.2.1.	PRUEBAS DEL SISTEMA MECÁNICO	105
6.2.2.	PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	106
CAPITULO 7		111
ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO		111
7.1.	ANÁLISIS FINANCIERO.	111
7.1.1.	INVERSIÓN	111
7.1.2.	RENTABILIDAD DEL PROYECTO	113
7.1.3.	TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSION	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		122
REFERENCIAS		124
BIBLIOGRAFÍA		126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pérdidas por suministro manual de alimento.....	10
Tabla 2. Costo de producción.	10
Tabla 3. Peso promedio de trucha.	11
Tabla 4. Costo operativo anual.	11
Tabla 5. Ventas anuales.	11
Tabla 6. Costos de alimentación por trucha.	11
Tabla 7. Pérdidas por producción.....	12
Tabla 8. Condiciones finales con la implementación del proyecto.....	12
Tabla 9. Estimación de la reducción de las pérdidas.....	13
Tabla 10. Mediciones de la masa de balanceado.....	27
Tabla 11. Característica del Perfil Estructural rectangular.	48
Tabla 12. . Característica del Perfil Estructural Correa “G”	56
Tabla 13. Dosificación de acuerdo a las cargas de alimento balanceado.....	90
Tabla 14. Problemas y posibles soluciones.....	104
Tabla 15. Resumen de hoja de pruebas.	106
Tabla 16. Control de funcionamiento de la máquina.....	108
Tabla 17. Control de funcionamiento de la máquina.....	110
Tabla 18. Costo de materiales mecánicos	111
Tabla 19. Costo de materiales eléctricos y electrónicos.....	112
Tabla 20. Costo de Mano de Obra.	112
Tabla 21. Costos indirectos	113
Tabla 22. Costo total de fabricación del sistema dispensador..	113
Tabla 23. Datos de Producción anual por piscina	114
Tabla 24. Costo del consumo de energía eléctrica del dispensador.....	114
Tabla 25. Comparación de costos operativos anuales.	115
Tabla 26. Flujo de efectivo actual	116
Tabla 27. Flujo de efectivo con la implementación del sistema.	117
Tabla 28. Ahorro anual con la implementación del sistema.....	117
Tabla 29. Resumen por años del flujo de efectivo.....	118
Tabla 30. Relación Beneficio - Costo.....	120

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz Morfológica para la selección de la tolva.....	30
Cuadro 2. Matriz Morfológica para la selección del material de la tolva.....	43
Cuadro 3. Matriz Morfológica para la selección de carro.	50
Cuadro 4. Elementos y funciones de los elementos del armario de control..	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Empleado encargado del proceso de alimentación.....	3
Figura 2. Proceso de pesar el alimento.....	3
Figura 3. Proceso de alimentación manual en cada una de las piscinas.	3
Figura 4. Piscina con dispensador fuera de funcionamiento.	5
Figura 5. Área de producción de truchas.	5
Figura 6. Curva correspondiente a la ganancia de peso a una temperatura de 18°C.....	7
Figura 7. Influencia de la alimentación sobre el consumo de oxígeno.....	8
Figura 8. Evolución en la producción de amoníaco en un estanque.....	9
Figura 9. Ubicación Geográfica del Proyecto.	14
Figura 10. Partes de un dosificador.	16
Figura 11. Clasificación de métodos de dosificación.	17
Figura 12. Sistema de control en lazo abierto.	20
Figura 13. Sistema de control en lazo cerrado.....	21
Figura 14. Clasificación de los Materiales.....	23
Figura 15. Clasificación de los Materiales.....	25
Figura 16. Clasificación de los Materiales.....	26
Figura 17. Clasificación de los Materiales.....	26
Figura 18. Tipos de tolvas.....	29
Figura 19. Cilindro.....	31
Figura 20. Cono truncado.	33
Figura 21. Dimensiones y Forma de la Tolva cilíndrica.	34
Figura 22. Volumen de un cilindro hueco.....	37
Figura 23. Volumen de un cilindro hueco.....	40
Figura 24. Esquema de distribución de fuerzas y reacciones en las vigas de soporte.	44
Figura 25. Diagrama de cuerpo libre de la viga de soporte del dispensador.....	44
Figura 26. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la viga soporte del dispensador.	46
Figura 27. Esquema de la viga de soporte del dispensador.....	48
Figura 28. Esquema de distribución de corredera para movilizar el Dispensador.	51
Figura 29. Esquema de distribución de fuerzas y reacciones en el riel de soporte.	51
Figura 30. Diagrama de cuerpo libre del riel de soporte.....	52
Figura 31. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del riel de soporte.....	53
Figura 32. Esquema de dimensiones del riel de soporte.....	55
Figura 33. Diagrama de cuerpo libre del riel de soporte.....	56
Figura 34. Diagrama de cuerpo libre del riel con soportes anexados.	58
Figura 35. Diagrama de cuerpo libre de la parte central del riel de soporte..	58
Figura 36. Esquema de distribución de fuerzas.....	61
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre del sistema.	62

Figura 38. Fuerzas sobre poleas.	67
Figura 39. Esquema de distribución de fuerzas sobre el eje.	69
Figura 40. Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano X-Z.	69
Figura 41. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del riel de soporte.	71
Figura 42. Valores de la constante K para obtener la longitud efectiva.	76
Figura 43. Momento de Inercia de la sección transversal respecto al eje Y-Y.	77
Figura 44. Circuito de inversión de giro para un motor DC.	83
Figura 45. Circuito de control para el motor AC de 3 hilos.	84
Figura 46. Circuito de conexión blower.	84
Figura 47. Sensor de oxígeno Vernier.	85
Figura 48. Sensor de amonio Vernier.	86
Figura 49. Sensor de temperatura PT100.	86
Figura 50. Final de carrera de brazo.	87
Figura 51. Final de carrera abatible.	87
Figura 52. PLC Xinje XC3-RT-E.	87
Figura 53. Módulo de temperatura XC-E6PT-P.	88
Figura 54. Módulo de entradas análogas PLC Xinje.	89
Figura 55. Pantalla táctil TouchWin TH-765.	90
Figura 56. Curva de expendio de alimento por cargas.	91
Figura 57. Energizar sistema.	94
Figura 58. Energizar el equipo.	95
Figura 59. Portada del sistema HMI.	95
Figura 60. Botón Entrar de la pantalla táctil.	95
Figura 61. Menú de opciones en la interfaz de usuario.	96
Figura 62. Botón de parámetros y teclado de ingreso de clave.	96
Figura 63. Ventana de ingreso de parámetros.	97
Figura 64. Botón de inicio del proceso de expendio de alimento.	98
Figura 65. Botón Home.	98
Figura 66. Botón de acceso a gráficos del proceso.	99
Figura 67. Ventana de gráficos del proceso.	99
Figura 68. Ventana de mantenimiento.	99
Figura 69. Botón descargar.	100
Figura 70. Apagar el sistema.	100
Figura 71. Desconexión de cables del sistema.	101
Figura 72. Desmontaje de embace contenedor.	101
Figura 73. Desmontaje de la tapa superior del dispensador.	102
Figura 74. Desmontaje de la tapa y acceso a la parte interna del dispensador.	102
Figura 75. Limpieza interna.	102
Figura 76. Montaje de la tapa superior del dispensador.	103
Figura 77. Montaje del dispensador.	103

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el diseño e implementación de un dispensador automático móvil de alimento balanceado para peces, que permita realizar el proceso de alimentación a las piscinas de truchas en estado juvenil ubicadas en el sector de Pailones perteneciente al Departamento de Acuicultura del IASA – Hacienda El Prado de forma automática debido a que en la actualidad dicho proceso se lo realiza de forma manual por medio de un empleado encargado de pesar el alimento balanceado y distribuirlo a cada una de las piscinas de crianza de dichos peces, este proceso se lo lleva a cabo cinco veces al día de acuerdo con las normas de piscicultura, haciéndose un proceso largo y que demanda de la presencia de dicho empleado a las horas asignadas para la alimentación, lo cual ocasiona que por descuido, negligencia o por ausencia del empleado que se encuentra realizando otras actividades lejos de las piscinas no se suministre la cantidad adecuada de alimento a las horas establecidas y por lo tanto a futuro se obtenga un producto final que no cumpla con las características óptimas en cuanto a tamaño y peso, es por este motivo que resulta importante construir una máquina dosificadora automática de alimento, con el fin de reducir notablemente los costos y tiempo de producción de los mismos, así como también el tiempo que dedica el encargado al proceso de alimentación diariamente para obtener los resultados deseados tanto en tamaño y peso de los peces.

PALABRAS CLAVE:

- DISPENSADOR
- DOSIFICADORA AUTOMÁTICA
- PROCESO DE ALIMENTACIÓN
- TIEMPO DE PRODUCCIÓN
- CONDICIONES ÓPTIMAS

ABSTRACT

In this project it is performed the design and implementation of a mobile automatic dispenser balanced fish feed that allows for the feeding process of the pools of trout juveniles located in the area of Pailones in the Department of Aquaculture of the IASA – Ranch Prado automatically because today that process is done manually by a clerk to weigh pet food and distribute it to each of the breeding pools of such fish, this process takes it out five times a day according to the rules of farming, becoming a long process that demands the presence of the employee to the hours assigned for food, which causes many times by carelessness, negligence or lack of employee which is engaged in other activities away from the pools not the right amount of food at set times is provided and therefore this leads to that in future a final product that does not meet the optimal characteristics is obtained in terms of size and weight It is for this reason that it is important to build a metering machine food for fish farming, in order to significantly reduce the cost and time of production thereof, as well as the time spent in charge at the feeding process daily to achieve the desired in both size and weight of fish results.

KEYWORDS:

- DISPENSER
- AUTOMATIC DISPENSING
- FOOD PROCESSING
- PRODUCTION TIME
- OPTIMAL CONDITIONS

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1.INTRODUCCIÓN

La creciente innovación en el sector industrial debido a las necesidades y demandas del mercado actual obliga de alguna manera a las empresas a ser más productivas, competitivas y desarrollar productos de mejor calidad, para mantener a sus clientes y abrirse paso a nuevos y a mercados más amplios, esto conlleva a la búsqueda de nuevas tecnologías y técnicas de producción que permitan cumplir con la demanda y asegurarse un desarrollo sostenible.

En nuestro país se están desarrollando mejoras sustanciales en los procesos de producción mediante la automatización de procesos industriales de cualquier tipo, lo cual hace sumamente necesario el desarrollo de dispositivos, máquinas y demás tecnologías que mejoren los procesos industriales y por lo tanto se generen productos de alta calidad en menor tiempo y a costos más bajos.

Uno de los sectores en vías de crecimiento es el de la piscicultura, en donde los procesos de alimentación se los realiza de forma artesanal. Es ahí en donde surge la necesidad de desarrollar una máquina dosificadora de alimento para mejorar estos procesos de producción e industrializarlos.

A continuación se presenta el diseño y desarrollo de un “Dispensador automático móvil de alimento balanceado para peces” tomando en cuenta todas las características necesarias para su implementación.

1.2.ANTECEDENTES

La Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” oferta la carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias misma que 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.

Dentro de las áreas de trabajo y estudio del IASA – Hacienda el Prado se encuentra la Unidad productiva de acuicultura misma que entre otras actividades se encarga de la producción de truchas en sus instalaciones, utilizando métodos científicos para la obtención de un producto de calidad.

En la actualidad el proceso de alimentación de las truchas por medio de la Unidad productiva de acuicultura ubicada en el IASA - Hacienda El Prado se lo realiza de forma manual por medio de un empleado encargado de pesar el alimento balanceado y distribuirlo a cada una de las piscinas de crianza de dichos peces, este proceso se lo lleva a cabo cinco veces al día de acuerdo con las normas de piscicultura, haciéndose un proceso largo y que demanda de la presencia de dicho empleado a las horas asignadas para la alimentación, lo cual ocasiona que por descuido, negligencia o por ausencia del empleado que se encuentra realizando otras actividades lejos de las piscinas no se suministre la cantidad adecuada de alimento a las horas establecidas y por lo tanto esto conlleva a que en futuro se obtenga un producto final que no cumpla con las características óptimas en cuanto a tamaño y peso.

Se debe mencionar que el empleado encargado de realizar el proceso de alimentación y cuidado de los peces académicamente tiene un título de bachiller y recibe como honorarios por su trabajo un total de \$ 700 y debe

repartir su tiempo entre dos procesos adicionales que realiza dentro del IASA.



Figura 1. Empleado encargado del proceso de alimentación.



Figura 2. Proceso de pesar el alimento.



Figura 3. Proceso de alimentación manual en cada una de las piscinas.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el proceso de producción de peces y más específicamente de truchas existen sin duda una serie de factores que inciden directamente en su desarrollo, siendo así entre los más trascendentales la cantidad de oxígeno, amoníaco y temperatura del agua en la cual se encuentran los peces. El conocimiento de estos parámetros de una manera oportuna permitirá al piscicultor realizar las acciones necesarias para evitar la mortalidad de sus peces y alcanzar los niveles esperados de peso y longitud en su producción.

Con motivo de mejorar el proceso de alimentación realizado de forma manual, la Unidad Productiva de Acuicultura realizó la adquisición de equipos dosificadores de alimento con la finalidad de minimizar la intervención humana en el proceso, sin embargo esto acarreó un sinnúmero de dificultades posteriores a la compra de las mismas que se citan a continuación:

- El equipo dosificador no entrega la cantidad adecuada de alimento, siendo imposible programar cuanto alimento balanceado se entregará a la piscina y siendo este siempre en exceso por las características propias del diseño de dicho equipo.
- Se produce desperdicio de alimento debido a la geometría del sistema de almacenamiento.
- La programación del tiempo de alimentación se la realiza individualmente.
- El encargado de realizar el proceso de alimentación no está capacitado para manejar el equipo.

Por todos los inconvenientes antes mencionados la Unidad Productiva de Acuicultura tomó la decisión de suspender el uso de los equipos dispensadores de alimento para evitar mayores inconvenientes y se volvió a realizar todo el proceso de forma manual mediante el empleado encargado, con todos los problemas que esto conlleva, mencionados con anterioridad.



Figura 4. Piscina con dispensador fuera de funcionamiento.

El área de producción de truchas está conformada por 5 piscinas cuyas dimensiones son:

Diámetro externo: 387 cm

Diámetro interno: 380 cm

Profundidad: 105 cm

Separación entre piscinas: 70 cm



Figura 5. Área de producción de truchas.

Por todos los inconvenientes antes citados y con la finalidad de realizar un proceso automático con la menor intervención del ser humano, es necesaria la construcción de un equipo que permita dosificar las cantidades de alimento balanceado requeridas, a las horas adecuadas durante el día, además de llevar un monitoreo de la temperatura y las cantidades de oxígeno y amonio presentes en el agua para disminuir la mortalidad de especies y además garantizar un mejor producto final tanto en peso como en tamaño, reducir el tiempo de producción de los mismos y las pérdidas por desperdicio en el proceso de alimentación.

1.4. FACTORES LIMITANTES DE PRODUCCIÓN

En base a los datos encontrados en el libro La trucha: Cría Industrial de M. Carmen Blanco Cachafeiro del año 1995, se cita a continuación los factores limitantes de producción de truchas.

1.4.1. TEMPERATURA

El consumo de oxígeno es directamente proporcional a la temperatura del agua. Albretch observó este fenómeno en la trucha arco iris a partir de los 20°C. La explicación a la que llega este investigador es que, a partir de esta temperatura, el agua no tiene capacidad de aportar el oxígeno suficiente para satisfacer las necesidades de las truchas durante un largo periodo de tiempo.

Este es un factor a tomar en cuenta debido a que cuando el agua alcance las temperaturas indicadas la cantidad de alimento a distribuir y que teóricamente le corresponda por su peso debe ser sustancialmente rebajada y en algunos casos suprimida.

La cantidad de alimento compuesto que es necesario suministrar diariamente a una población de peces se encuentra en íntima relación con la temperatura del agua. (Cachafeiro, Temperatura, 1995)

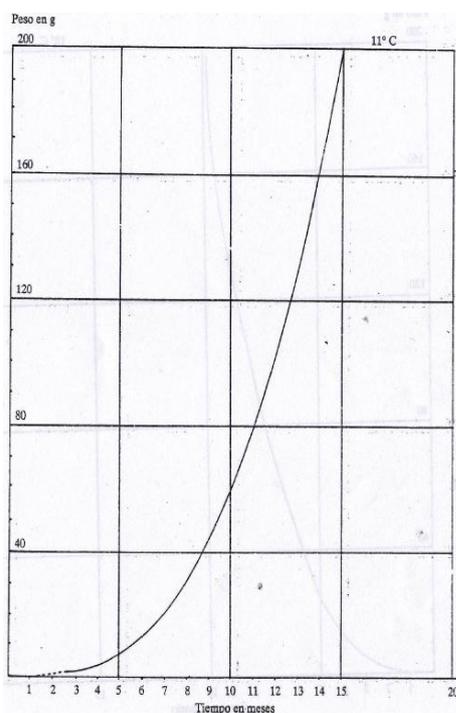


Figura 6. Curva correspondiente a la ganancia de peso a una temperatura de 18°C.

Fuente: (Cachafeiro, La Trucha: Cría Industrial, 1995, pág. 249)

1.4.2. OXIGENO

Cuando la concentración de oxígeno disuelto es escasa, lo primero que se afecta es precisamente la asimilación del alimento, con repercusiones importantes sobre el índice de transformación de los alimentos y, por tanto, sobre el crecimiento.

Contenido en oxígeno del agua.- Albretch y Varn Darn demostraron ya en 1938 que en el momento en el que se produzca una disminución del oxígeno del agua, el metabolismo de la trucha arcoíris aumenta un 70% y el volumen de ventilación se cuadruplica. Si el contenido en oxígeno se

encuentra por debajo del 60% el consumo de oxígeno también disminuye pero con importantes trastornos de crecimiento (Albretch y Varn Darn 1938).

Las bajas concentraciones de oxígeno colocan a los peces en situaciones de estrés, lo cual se ve reflejado en movimientos desordenados y por tanto los peces aparecen excesivamente agitados lo cual conlleva al agotamiento y debilidad, que secundariamente los hace sensibles a los gérmenes de las aguas con los que conviven en el medio. (Cachafeiro, Oxígeno, 1995)

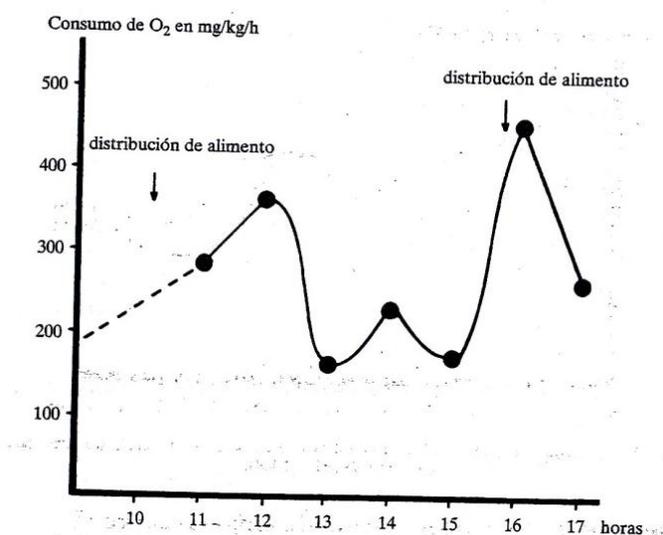


Figura 7. Influencia de la alimentación sobre el consumo de oxígeno.

Fuente: (Cachafeiro, Oxígeno, 1995, pág. 238)

1.4.3. AMONÍACO

La concentración del amoníaco en el agua no es constante a lo largo del día, pues el ritmo de producción horaria está en relación con la distribución del alimento como se observa en la Figura 8.

El cálculo de los límites de producción, debidos a la presencia de amoníaco total en las aguas de cultivo, ha sido estudiado en los últimos años

con especial interés como consecuencia de la necesidad de conocer, con anterioridad la posibilidad de reciclaje como un esfuerzo más para racionalizar las producciones. (Cachafeiro, Amoníaco, 1995)

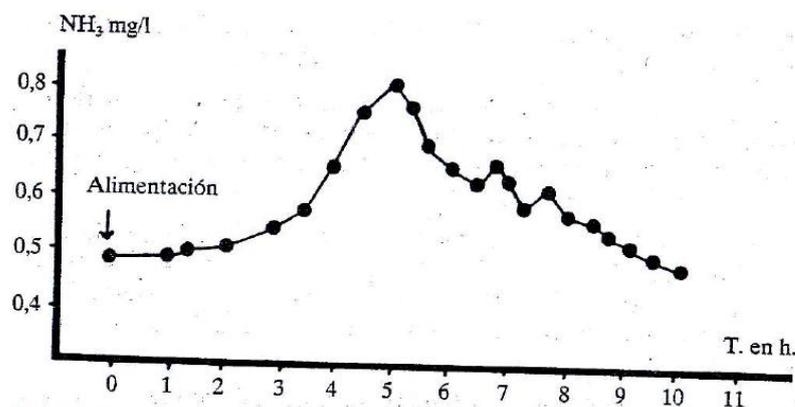


Figura 8. Evolución en la producción de amoníaco en un estanque.

Fuente: (Cachafeiro, Amoníaco, 1995, pág. 292)

1.4.4. LA ALIMENTACIÓN

Las truchas en las instalaciones industriales, se encuentran sometidas a un régimen intensivo de cría, en donde la ganancia de peso y la rapidez de crecimiento son un aspecto primordial propio de esta actividad. Por lo tanto, la alimentación de los peces en estas condiciones debe ser dirigida a la utilización de alimentos en cantidad y calidad suficientes como para conseguir los mejores resultados con el mínimo costo y máximo rendimiento.

Tradicionalmente el piscicultor distribuye el alimento en los estanques de forma manual, desplazándose ágilmente por el borde del estanque al mismo tiempo que esparce el balanceado.

Esta forma de distribución conlleva un grave inconveniente que es el esfuerzo físico y sobre todo el exceso de mano de obra, especialmente en instalaciones muy industrializadas donde se debe repartir el alimento en varias tomas al día. Las pérdidas de gránulos por exceso de manipulación se estiman que son alrededor del 1,5% del total distribuido siendo muy considerable el desperdicio ocasionado. (Cachafeiro, Alimentación, 1995)

Tabla 1**Pérdidas por suministro manual de alimento.**

Pérdidas por suministro manual de alimento por piscina en 80 kg de Producción.
3.60 USD

Los aparatos fijos de distribución del alimento de manera automática colocados en los estanques, son un medio eficaz para obtener máximos rendimientos económicos. La ración diaria se reparte en períodos automáticamente regulables a voluntad del piscicultor. La dispersión o esparcimiento del alimento correspondiente a una cantidad pequeña permite que todos los peces tenga oportunidad de captación del alimento y los consumos máximos se minimizan puesto que la ingestión es pequeña pero frecuente.

1.5. BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPENSADOR AUTOMÁTICO PARA PECES.

Es muy importante construir una máquina dosificadora de alimento, para la crianza de peces, con el fin de reducir los notablemente los costos y tiempo de producción de los mismos, así como también el tiempo que dedica el encargado al proceso de alimentación diariamente. Además de obtener los resultados deseados tanto en tamaño y peso de las truchas.

De acuerdo a los datos proporcionados por el Ing. Juan Ortiz Jefe de la Unidad Productiva de Acuicultura:

Tabla 2**Costo de producción.**

Costo de Producción Kg/Trucha
3,75 USD

Tabla 3

Peso promedio de trucha.

Peso promedio de la trucha por ejemplar
3,5 kg

Tabla 4

Costo operativo anual.

Costos Operativos Anual
Materia Prima (Alimento Balanceado)
5 000 USD

Tabla 5

Ventas anuales.

Ventas Anuales (Cosecha)
8 050 USD

Tabla 6

Costos de alimentación por trucha.

Costo de Alimentación por Trucha		
Alimento Suministrado (Kg)	Costo de Alimento (USD/kg)	Costo Total (USD)
0.25	3	0.75

Tabla 7

Pérdidas por producción.

Comparación entre alimento suministrado y peso final de producción				
Condiciones Optimas				
Producción (kg)	FCA	Eficiencia (%)	Alimento Balanceado Suministrado (kg)	Pérdidas Por Alimentación (USD)
80	1	100	80	0
Condiciones Reales				
Producción (kg)	FCA	Eficiencia (%)	Alimento Balanceado Suministrado (kg)	Pérdidas Por Alimentación (USD)
80	1.3	70	104	72
80	1.5	50	120	120

En base a los datos anteriormente tabulados y una vez concluido el proyecto se estima, disminuir las pérdidas ocasionadas por concepto de alimentación y el tiempo que el empleado ocupa al realizar este proceso durante un día. En la actualidad el empleado ocupa 4 horas diarias para el proceso de alimentación, se valora reducir este tiempo al 50% es decir, 2 horas diarias.

Tabla 8

Condiciones finales con la implementación del proyecto.

Comparación entre alimento suministrado y peso final de producción				
Condiciones Optimas				
Producción (kg)	F CA	Eficiencia (%)	Alimento Balanceado Suministrado (kg)	Pérdidas Por Alimentación (USD)
80	1	100	80	0
Condiciones Finales con la implementación del Proyecto				
Producción (kg)	F CA	Eficiencia (%)	Alimento Balanceado Suministrado (kg)	Pérdidas Por Alimentación (USD)
80	1.1	80	88	24
80	1.2	75	96	48

Tabla 9

Estimación de la reducción de las pérdidas.

ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS				
Producción	Pérdidas Actuales	Pérdidas Estimadas	Ahorro	
(kg)	(USD)	(USD)	(USD)	(%)
80	72	24	48	33.33
80	120	48	72	40.00

1.6. ÁREA DE INFLUENCIA

El beneficiario directo es el IASA Sangolquí como institución en la cual se desarrollará el presente proyecto, y por medio de ésta los estudiantes de la Unidad productiva de acuicultura, mismos que podrán enriquecer su conocimiento, verificando en sus respectivas prácticas de laboratorio en lo referente a la crianza de truchas el desarrollo y producción de esta especie en condiciones óptimas. Además las comunidades cercanas a la institución que reciben capacitación en la producción de truchas, quienes tendrán la oportunidad de conocer el funcionamiento de un sistema automático para realizar las acciones de alimentación durante el proceso de cría de peces.

1.7. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

País: Ecuador

Región: Sierra

Provincia: Pichincha

Cantón: Rumiñahui

Ciudad: Sangolquí

Parroquia: San Fernando

Barrio: IASA – Hacienda El Prado

Coordenadas Geográficas: Tomando como punto de referencia la Universidad de las Fuerzas Armadas – “ESPE” campus Sangolquí las coordenadas son:

Distancia: 13 Km

Latitud: 00°25'23.14''

Longitud: 78°24'43.22''

Altura: 2940 metros sobre el nivel del mar

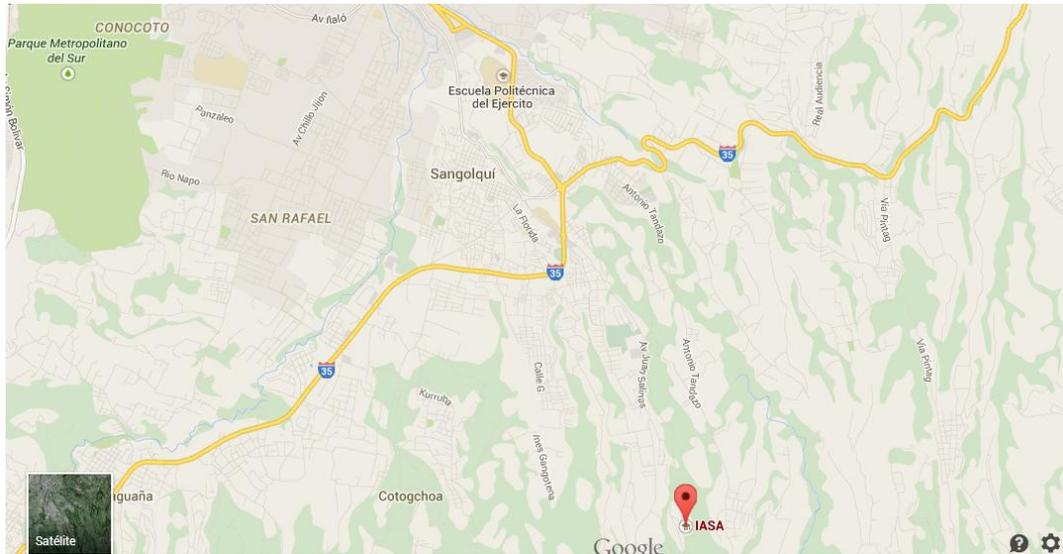


Figura 9. Ubicación Geográfica del Proyecto.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar, construir e implementar un dispensador automático móvil de alimento balanceado para peces.

1.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la geometría y el material adecuados de cada uno de los elementos que integran el dispensador.
- Construir un mecanismo para movilizar el sistema dispensador de alimento de manera fácil y segura.
- Realizar el montaje del dispensador automático móvil.

- Diseñar un programa y una interfaz humana máquina (HMI) capaz de realizar las acciones de control necesarias de manera autónoma en la máquina, utilizando los datos de tiempo y peso ingresados por el operador.
- Realizar el montaje del sistema Mecatrónico para la puesta en marcha del proyecto.
- Probar y entregar la máquina dispensadora de alimento operativa y funcional.

1.9. ALCANCE

- Máquina dispensadora móvil y programable para dos piscinas de truchas en estado juvenil.
- Interfaz HMI para la lectura de las variables con adquisición de datos.
- Capacitación en cuanto al mantenimiento y utilización de la máquina dispensadora.
- Manuales de operación y mantenimiento de la máquina.
- Planos de conexiones eléctricas y electrónicas.
- Planos de instalación y sistema móvil.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. MÁQUINAS DOSIFICADORAS O DISPENSADORAS.

Una máquina dispensadora o dosificadora es un equipo diseñado para suministrar dosis exactas de algún tipo de producto o sustancia. Es así que su uso evita desperdicios y agiliza el proceso de expendio de dicho producto.

Los dispensadores en general están constituidos por 3 partes que pueden variar en su diseño de acuerdo al producto a dosificar y a la forma como se determina la cantidad a dosificar del mismo, sea esta por peso o volumen, es así que dichas partes son:

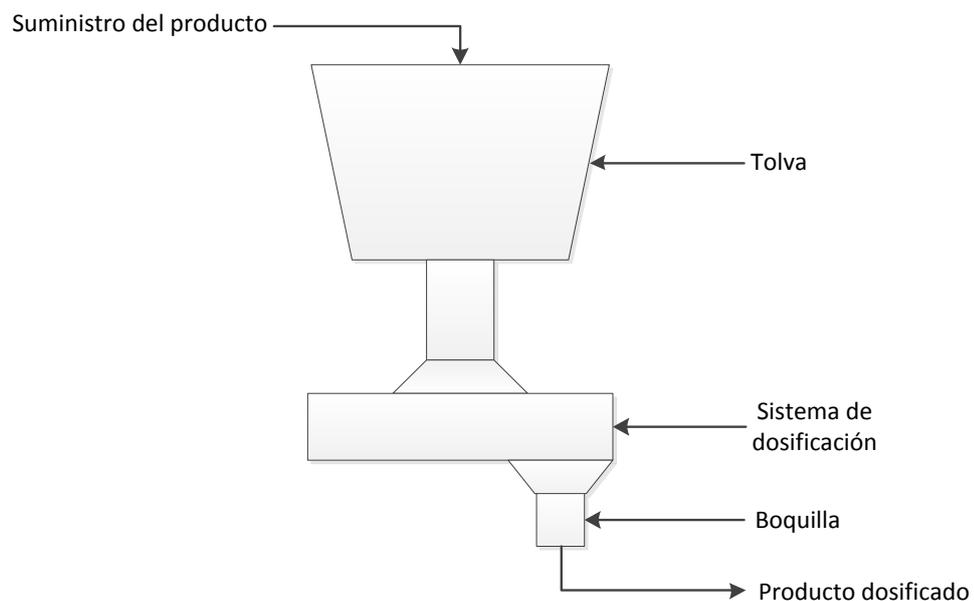


Figura 10. Partes de un dosificador.

- **Tolva de almacenamiento.-** Recibe el material de la línea de producción ya sea de forma automática o manual, su función principal es la de almacenar en su interior el producto que se va a dosificar.

- **Sistema dosificador.-** Es sin lugar a duda la parte más importante de la máquina dispensadora en conjunto ya que su función es medir la cantidad exacta del producto que se va a extraer de la tolva. La medición se la puede realizar por peso o volumen dependiendo de las características del producto a dosificar y el grado de exactitud.
- **Boquilla o tubo de descarga.-** se encarga de impedir que el producto dosificado se riegue y lo direcciona correctamente al lugar donde debe ser expendido. (Fajardo & Sánchez, 2006)

2.2. CLASES DE DOSIFICADORES.



Figura 11. Clasificación de métodos de dosificación.

De acuerdo a las características del producto y del proceso que se va a emplear para obtener la medida del mismo existen principalmente dos tipos de dosificadores, volumétricos y por peso, los mismos que a su vez se subdividen en otros dependiendo del método de dosificación. Siendo así:

2.2.1. DOSIFICADORES VOLUMÉTRICOS.

Se los utiliza principalmente para dosificar productos de una constitución física homogénea.

Dosificador de líquidos.- Únicamente se los utiliza para dosificar líquidos con un bajo grado de viscosidad y están constituidos principalmente por una válvula de bola y una bomba.

Dosificador de bomba.- Son utilizados para dosificar sustancias viscosas que no fluyen fácilmente por ductos, tuberías, etc.

Dosificador por tornillo sin-fin.- Se los utiliza para evacuar el producto en cantidad y tiempo de acuerdo al número de revoluciones y la velocidad a la que gira el tornillo sin-fin, el mecanismo que acciona al tornillo es generalmente un motor reductor. (Fajardo & Sánchez, 2006)

2.2.2. DOSIFICADORES POR PESO.

Son utilizados cuando los productos a ser dosificados presentan constitución física muy heterogénea. Este tipo de dosificadores permiten expender el producto con menor porcentaje de error.

La cantidad de producto es censada por medio de sistemas electrónicos donde el elemento principal es una celda de carga, la que se encarga de convertir la fuerza o presión aplicada a la misma en una señal eléctrica que se envía al sistema de control para realizar el control de la dosificación del producto.

En la industria generalmente se utilizan dos métodos de control por peso que son:

Método de aproximaciones.- Las acciones de control se las efectúan en el sistema que lleva al producto hacia la balanza, realizando una verificación de la diferencia entre el peso referencial y la cantidad de producto en la celda de carga.

Un control típico que aplica este método es el denominado de aproximación gruesa y fina, los cuales consisten en descargar alrededor del 90% de la cantidad que se desea dosificar a una alta velocidad y la cantidad restante a menor velocidad hasta completar la cantidad requerida.

Método estadístico.- Al contrario que el anterior método las acciones de control se las realiza directamente sobre la cantidad de producto que se dispensará finalmente.

Está constituido por un grupo de 4 a 16 celdas de carga que reciben el producto durante un determinado tiempo y se procede a dividir el peso total a dosificar para el número de celdas de carga disponibles, teniendo así una media de cuanto producto se requiere en cada celda en un tiempo determinado. (Fajardo & Sánchez, 2006)

2.3. SISTEMAS DE CONTROL.

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos conectados entre sí con la finalidad de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento del sistema que lo conforman.

Existen comúnmente dos clases de sistemas de control, sistemas de lazo abierto y sistemas de lazo cerrado.

2.3.1. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO.

Este sistema tiene como característica que el proceso en si actúa únicamente dependiendo de la señal de entrada y generando como resultado una señal de salida.

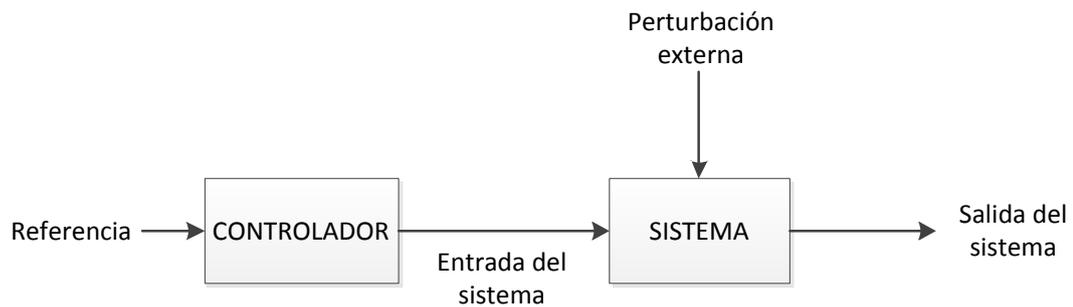


Figura 12. Sistema de control en lazo abierto.

Este tipo de sistemas de control no tienen retroalimentación hacia el controlador por lo cual no se puede ajustar las acciones de control.

Las características principales de estos sistemas son las siguientes:

- Sencillos y de fácil concepto
- No existe retroalimentación
- La precisión depende de una calibración previa del controlador.
- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.
- En presencia de perturbaciones estos sistemas no cumplen su función adecuadamente.

El control en lazo abierto se encuentra presente en dispositivos de control secuencial, en los cuales no existe una regulación de variables sino que más bien se realiza una serie de operaciones de una manera previamente determinada.

2.3.2. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO.

Estos sistemas presentan como principal característica que la acción de control está en función de la señal de salida.

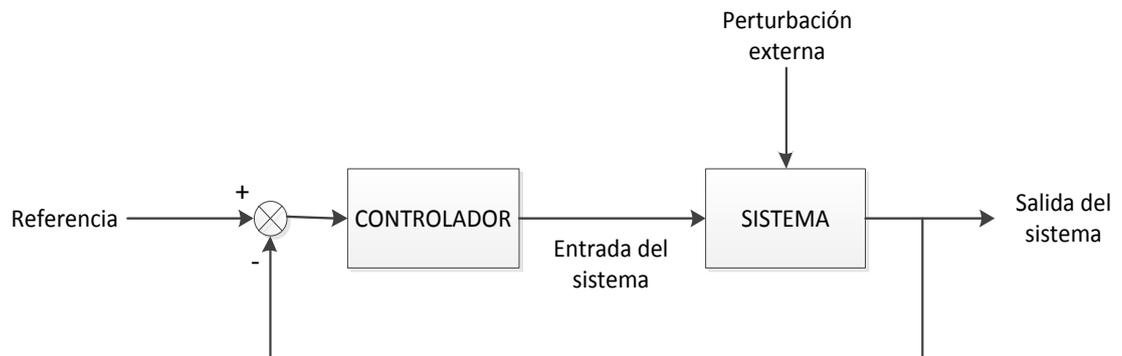


Figura 13. Sistema de control en lazo cerrado.

El control en lazo cerrado se convierte en imprescindible bajo las siguientes circunstancias:

- Cuando el proceso es imposible de regular por el hombre.
- Si existe una producción a gran escala que exige grandes instalaciones imposibles de regular por el hombre.
- Se desea llevar a cabo un proceso exacto y rápido.

A continuación se mencionan las principales características de este tipo de sistemas de control:

- Son complejos.
- Presentan una retroalimentación para realizar las acciones de control.
- Son estables ante perturbaciones.

VENTAJA:

La principal ventaja del control en lazo cerrado frente al control en lazo abierto es que la respuesta del sistema se hace casi insensible a perturbaciones externas y a variaciones de los parámetros internos del sistema.

DESVENTAJA:

Una desventaja significativa es el problema de la estabilidad, ya que si el controlador no se encuentra bien ajustado o programado puede existir la tendencia a sobre corregir errores que provoquen oscilaciones a la salida del sistema lo cual evidentemente desestabilizara el sistema.

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES.

Los materiales son sustancias que componen o constituyen a cualquier cosa o producto. Históricamente la humanidad ha utilizado tanto a los materiales como a la energía con la finalidad de mejorar notablemente el nivel de vida de las civilizaciones. La búsqueda de nuevos y mejores materiales progresa continuamente, debido al desarrollo industrial y a la exigencia de los procesos de fabricación actuales, los cuales requieren materiales con propiedades muy específicas dependiendo de su uso final.

Existen muchas maneras de realizar la clasificación de los materiales, ya sea está por su composición, su origen, de acuerdo a sus propiedades químico – físicas, por su fabricación, etc.

Según su origen los materiales pueden clasificarse en naturales y artificiales en función de que estos se encuentren en la naturaleza o sean resultado de algún tipo de fabricación, por ejemplo el acero es un material artificial mientras el granito es un material natural.

Por su composición los materiales se clasifican en compuestos, homogéneos y heterogéneos, metálicos y no metálicos, orgánicos e inorgánicos, etc.

De acuerdo a las propiedades químico – físicas se pueden clasificar en flexibles y rígidos, tenaces y frágiles, conductores y aislantes, reciclables y no reciclables, etc.

Basados en el libro “Ciencia e Ingeniería de los Materiales” de Donal R. Askeland los materiales se clasifican en cinco grupos: metales, cerámicos, polímeros, semiconductores y materiales compuestos. Los materiales que conforman cada uno de estos grupos poseen propiedades y estructuras atómicas diferentes lo cual los hace distintos entre sí y por lo tanto adecuados para ciertas funciones e inconvenientes para otras.



Figura 14. Clasificación de los Materiales.

Metales.- Poseen una buena conductividad térmica y eléctrica, alta ductilidad, resistencia y rigidez. Son principalmente utilizados en aplicaciones de carga o estructurales. Al realizarse aleaciones entre ellos se potencian algunas propiedades en específico y también se combinan sus propiedades.

Cerámicos.- Presentan una baja conductividad térmica y eléctrica además son fuertes y duros aunque frágiles y quebradizos, generalmente se los utiliza como aislantes. Algunas técnicas nuevas de procesos logran hacer que estos materiales sean resistentes a la fractura para ser utilizados en aplicaciones de carga.

Polímeros.- Están creados a partir de moléculas orgánicas, tienen una baja conductividad térmica y eléctrica, reducida resistencia y se debe evitar su uso en altas temperaturas. Los polímeros termoplásticos tienen buena ductibilidad y conformabilidad en cambio los polímeros termoestables son más resistentes

Semiconductores.- Son muy frágiles y su conductividad eléctrica, se puede controlar para su utilización en dispositivos electrónicos.

Materiales compuestos.- Están formados a partir de dos o más materiales de distintos grupos, consiguiendo así propiedades que no se encuentran en ningún otro de los materiales de forma individual. (Askeland, 1998)

CAPITULO 3

DISEÑO MECÁNICO DE LA MÁQUINA

3.1. CÁLCULO DE LA DENSIDAD DEL ALIMENTO BALANCEADO.

En primera instancia se debe calcular el volumen que debe tener la tolva para almacenar los 15 kg de alimento balanceado.

El procedimiento para determinar que volumen ocuparán los 15 kg de balanceado es el siguiente:

1. Disponer de un recipiente de cualquier material y dimensiones fijas, del mismo se medirá su masa y se calculará su volumen interno a partir de sus medidas de largo, alto y ancho.



Figura 15. Clasificación de los Materiales.

Medidas del recipiente de volumen fijo:

Largo: 11,1 cm.

Alto: 7,8 cm.

Ancho: 7,5 cm.

Volumen interno del recipiente:

$$V = l \cdot h \cdot a$$

$$V = (11,1) \cdot (7,8) \cdot (7,5)$$

$$V = 649,35 \text{ cm}^3$$

Masa del recipiente:

$$m = 10 \text{ g}$$



Figura 16. Clasificación de los Materiales.

2. Llenar el recipiente con el alimento balanceado enrasando con el borde del mismo, y medir la masa. Repetir este procedimiento diez veces para obtener un valor con criterio estadístico.



Figura 17. Clasificación de los Materiales.

3. Una vez realizadas las diez tomas de datos, se tabulan los mismos y se calcula únicamente la masa del alimento balanceado, para ello se resta la masa del recipiente de cada uno de los datos medidos.

Tabla 10

Mediciones de la masa del alimento balanceado.

MEDICIONES		
Mediciones	Medida con recipiente (g)	Medida sin recipiente (g)
1	430	420
2	440	430
3	445	435
4	445	435
5	465	455
6	430	420
7	445	435
8	440	430
9	443	433
10	442	432
RESULTADOS		
Suma Total (sin recipiente)		3460 (g)
Total de datos		10
Dato mínimo		420 (g)
Dato máximo		455 (g)
Media aritmética		432,5 (g)

De acuerdo con los datos tabulados en la Tabla 1. Se tiene que:

$$m = 432,5 \text{ g}$$

- Calcular la media aritmética de los datos correspondientes a la masa del alimento balanceado sin tomar en cuenta la del recipiente.
- Cálculo de la densidad del alimento balanceado.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{432,5 \text{ g}}{649,35 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0,67 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Por lo tanto la densidad del producto es $0,67 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

3.2. VOLUMEN DE LA TOLVA.

Una vez obtenida la densidad del alimento balanceado que se va a almacenar en la tolva, se determina el volumen necesario de la tolva, de tal manera que ésta tenga una capacidad de almacenamiento de 15 Kg de alimento balanceado para peces.

Densidad del alimento balanceado: $\rho = 0,67 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 0,00067 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}$

Masa total de almacenamiento: $m = 15 \text{ Kg}$.

Siendo así:

$$V_T = \frac{m}{\rho}$$

$$V_T = \frac{15 \text{ Kg}}{0,00067 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^3}}$$

$$V_T = 22388,05 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto la tolva debe estar diseñada de tal manera que posea un volumen total de almacenamiento de $22388,05 \text{ cm}^3$ suficientes para almacenar 15 kg de alimento balanceado para peces.

3.3. GEOMETRÍA DE LA TOLVA

El tamaño y la geometría de la tolva dependen principalmente de los requerimientos funcionales tales como el volumen de almacenamiento, el sistema y forma de descarga, las propiedades del material almacenado, el espacio disponible y consideraciones de carácter económico.

Generalmente se construyen de forma vertical con un fondo de paredes inclinadas para que el contenido sea entregado por gravedad. Las tolvas por lo general suelen tener una sección transversal cuadrada poligonal o circular.

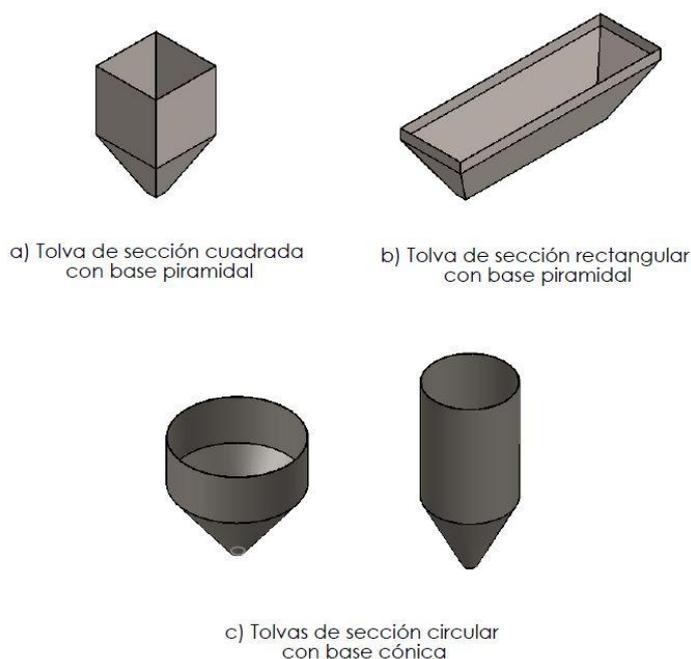


Figura 18. Tipos de tolvas.

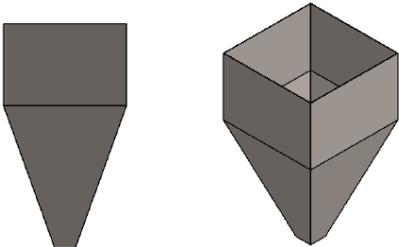
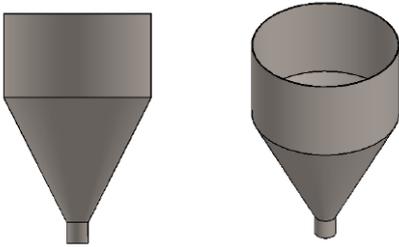
A continuación se realizará el análisis para determinar que geometría es la más adecuada para la construcción del dispensador así como del material del cual debe ser construida.

Para determinar la forma más adecuada de construcción se elabora a continuación una matriz morfológica, en la cual se establece claramente las

dos posibles formas que tendrá la tolva, así como sus ventajas y desventajas principales, para de acuerdo a su análisis escoger la forma más conveniente de su construcción.

Cuadro 1

Matriz Morfológica para la selección de la tolva.

ITEM: Tolva	Cuadrada – Piramidal	Cilíndrica - Cónica
Gráfico		
Ventajas	Más capacidad de almacenamiento tomando en cuenta su la altura total.	No presenta aristas ni puntas las cuales pueden potencialmente causar daños a las personas involucradas en su entorno de trabajo.
Desventajas	<p>Al estar formada por secciones rectangulares presenta aristas y puntas lo cual es un peligro inminente para las personas que laboran directamente con esta máquina.</p> <p>Complejidad en su fabricación debido a su forma ya que requiere de muchas uniones para ensamblarla.</p>	Menor capacidad de almacenamiento tomando en cuenta su la altura total.

Analizando las ventajas y desventajas presentadas en la matriz morfológica y desde el punto de vista de seguridad de acuerdo a su forma, se concluye sin lugar a dudas que la geometría de construcción más segura es la Cilindro – Cónica por no presentar aristas ni filos que representen peligros potenciales al personal que trabaje entorno al dispensador.

3.4. CALCULOS DE LA TOLVA CILÍNDRICO - CÓNICA:

Se debe considerar que el cálculo de la geometría debe siempre satisfacer el volumen de $22388,05\text{cm}^3$ suficientes para almacenar 15 kg de alimento balanceado para peces.

3.4.1. VOLUMEN Y DIMENSIONES DE LA SECCIÓN CILÍNDRICA.

Para el desarrollo de la sección cilíndrica se parte por asumir un radio y una altura para esta sección.

Dónde:

$h = 20\text{ cm}$: Altura.

$r = 15\text{ cm}$: Radio.

A partir de estos parámetros se calculará el volumen de la sección cilíndrica.

3.4.2. VOLUMEN DE UN CILINDRO:

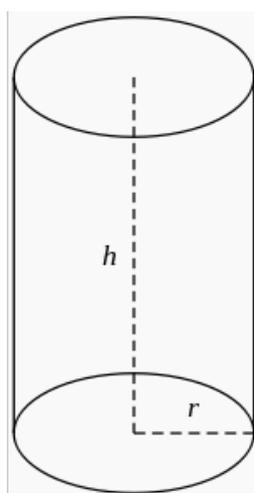


Figura 19. Cilindro.

$$V_C = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_C = \pi \cdot (15)^2 \cdot (20)$$

$$V_C = 14137,17 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto el volumen faltante para completar los **22388,05cm³** necesarios deberá estar contenido en la sección cónica.

3.4.3. VOLUMEN DE LA SECCIÓN CÓNICA

Para determinar las medidas de la sección cónica, formada a su vez por un cono truncado, hay que determinar primero el volumen faltante, realizando la diferencia entre el volumen total de la tolva y el volumen de la sección cilíndrica.

$$V_T = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_{cono} = V_T - V_{cilindro}$$

$$V_{cono} = 22388,05 - 14137,17$$

$$V_{cono} = 8250,88 \text{ cm}^3$$

A partir de este volumen se encontrarán las dimensiones de la sección cónica truncada.

3.4.4. VOLUMEN DE UN CONO TRUNCADO:

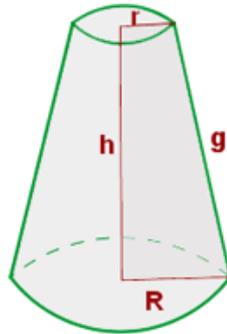


Figura 20. Cono truncado.

$$V_{cono} = \frac{1}{3}\pi h[R^2 + r^2 + (R \cdot r)]$$

Dónde:

- h : Altura
 r : Radio menor.
 R : Radio mayor.
 g : Generatriz.

Para determinar la altura del cono se tiene que el radio mayor R es el mismo radio del cilindro antes calculado, para de esta manera se puedan ensamblar, y a su vez se debe asumir un radio menor r , el cual determina la apertura para salida del alimento balanceado.

Siendo así:

$$R = 15 \text{ cm}$$

$$r = 2,5 \text{ cm}$$

Con los datos anteriormente calculados, se determina la altura de la pirámide a partir de su volumen.

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi h [R^2 + r^2 + (R \cdot r)]$$

Entonces:

$$h = \frac{3 \cdot V_{cono}}{\pi [R^2 + r^2 + (R \cdot r)]}$$

$$h = \frac{3 \cdot (8250,88) \text{ cm}^3}{\pi [15^2 + 2,5^2 + (15 \cdot 2,5)] \text{ cm}^2}$$

$$h = 29,3 \approx 30 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

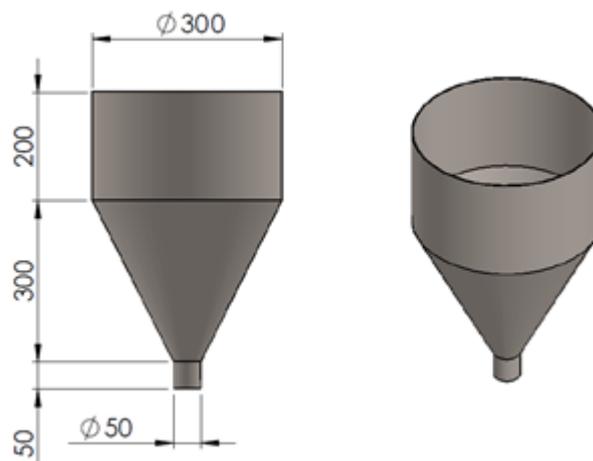


Figura 21. Dimensiones y Forma de la Tolva cilíndrica.

3.5. MATERIAL DE LA TOLVA

A principios de este capítulo se mencionaba dentro de los requisitos que debe tener la máquina para su elaboración son su capacidad de almacenaje, seguridad, materiales amigables con el ambiente, peso y su costo, es así que una vez determinado su volumen de almacenamiento y su forma, el siguiente paso es realizar la correcta selección del material del cual será fabricada la tolva, para de esta manera garantizar que la misma cumpla con los otros tres parámetros restantes que son el peso, costo y el entorno ambiental.

“Cuando se diseña un material para una aplicación dada, deberán tomarse en consideración varios factores. El material debe adquirir las propiedades físicas y mecánicas deseadas, debe ser procesado o manufacturado a la forma deseada, y debe ser una solución económica al problema de diseño. También es esencial la satisfacción de estos requisitos de forma que el entorno quede protegido, quizás fomentando el reciclaje de materiales. Al cumplir con estas necesidades de diseño, el ingeniero pudiera tener que llegar a algunos compromisos, a fin de obtener un producto de buen desempeño y que al mismo tiempo sea vendible.” (Askeland, 1998, pág. 15)

Para determinar el material del cual estará construida la tolva, se realizará un análisis entre dos tipos de materiales, el acero inoxidable y acrílico, calculando la relación peso - costo para la fabricación de la tolva Cilindro – Cónica entre las dos opciones.

Normalmente se calcula el costo del material en base al precio que este tiene por libra. En el presente diseño y selección se tomará en consideración la densidad del material, es decir su peso por unidad de volumen para determinar así su costo de fabricación. Quizás el acero inoxidable cueste más por libra que el acrílico y aunque los componentes que se fabriquen a partir de acrílico pudieran ser más gruesos, los mismos componentes en

acero inoxidable en cambio pudieran resultar más costosos, en relación a la diferencia en peso.

Para despejar las interrogantes anteriormente planteadas se procede a realizar el análisis y selección del material más adecuado tomando en cuenta como se mencionó su relación peso – costo.

Con la finalidad de calcular la masa de la tolva una vez construida es necesario calcular el volumen del material del cual está fabricada, para a continuación mediante la densidad del mismo calcular la masa final que tendrá la tolva.

3.6. CALCULO DE LA MASA DE LA TOLVA

Para determinar la masa de la tolva es necesario encontrar el volumen que tiene el material del que se va a construir la tolva, en este caso acrílico y acero inoxidable, a partir de este dato y con la densidad del material, se obtiene la masa de la tolva.

Para calcular el volumen de la tolva se dividirá la misma en dos partes, una sección cilíndrica y la otra sección cónica de acuerdo con la forma seleccionada de la tolva.

3.6.1. ACRÍLICO
 VOLUMEN DE LA SECCIÓN CILÍNDRICA.

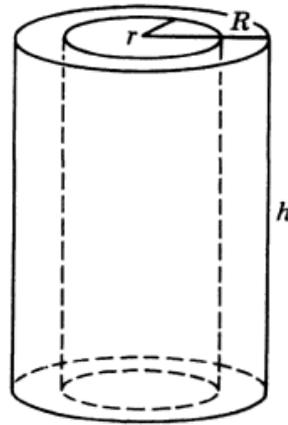


Figura 22. Volumen de un cilindro hueco.

$$V = \pi h[R^2 - r^2]$$

Dónde:

- h***: Altura.
R: Radio exterior.
r: Radio interno.

Para determinar el volumen de la sección cilíndrica se debe considerar que el radio interno r y la altura h son los mismos que se calcularon anteriormente para determinar el volumen que ocuparán los 20kg de alimento balanceado, el radio externo R se determina sumando 6 mm al radio r , correspondientes al espesor del acrílico que se va a utilizar.

Es decir:

$$r = 15 \text{ cm.}$$

$$R = 15,6 \text{ cm.}$$

$$h = 20 \text{ cm.}$$

Con los datos anteriormente calculados se obtiene el volumen del cilindro hueco.

$$V_{a1} = \pi h [R^2 - r^2]$$

$$V_{a1} = \pi(20)[15,3^2 - 15^2]$$

$$V_{a1} = 571,14 \text{ cm}^3$$

VOLUMEN DE LA SECCIÓN CÓNICA HUECA

CONO INTERIOR

$$V_i = \frac{1}{3} \pi h [R^2 + r^2 + (R \cdot r)]$$

$$V_i = \frac{1}{3} \pi(30)[15^2 + 2,5^2 + (15 \cdot 2,5)]$$

$$V_i = 8443,03 \text{ cm}^3$$

CONO EXTERIOR

$$V_e = \frac{1}{3} \pi h [R^2 + r^2 + (R \cdot r)]$$

$$V_e = \frac{1}{3} \pi(30)[15,3^2 + 2,8^2 + (15,3 \cdot 2,8)]$$

$$V_e = 8946,31 \text{ cm}^3$$

A partir de los dos volúmenes obtenidos anteriormente, se resta el volumen interior del volumen exterior para de esta manera obtener el volumen de acrílico de la sección cónica.

$$V_{a2} = 8946,31 - 8443,03$$

$$V_{a2} = 503,28 \text{ cm}^3$$

A continuación para obtener el volumen total de acrílico del cual está compuesta la tolva, se suma el volumen de la sección cilíndrica más el volumen de la sección cónica.

$$V_a = V_{a1} + V_{a2}$$

$$V_a = 571,14 + 503,28$$

$$V_a = 1074,42 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido el volumen total de acrílico se calcula la masa de la tolva, teniendo en cuenta que la densidad del acrílico que se va a utilizar en la fabricación de la misma es de $1,21 \frac{g}{cm^3}$ obtenida del catálogo de la empresa EVONIK INDUSTRIES del Anexo 6.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = (1,21) \cdot (1074,42)$$

$$m = 1300,04 \text{ g}$$

$$m \approx 1,5 \text{ Kg.}$$

3.6.2. ACERO INOXIDABLE
VOLUMEN DE LA SECCIÓN CILÍNDRICA.

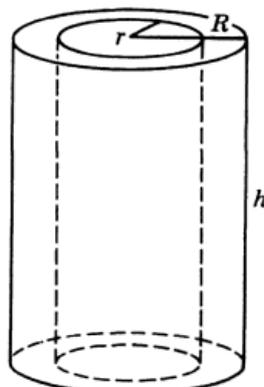


Figura 23. Volumen de un cilindro hueco

$$V = \pi h [R^2 - r^2]$$

Dónde:

- h***: Altura.
R: Radio exterior.
r: Radio interno.

Para determinar el volumen de la sección cilíndrica se debe considerar que el radio interno r y la altura h son los mismos que se calcularon anteriormente para determinar el volumen que ocuparán los 20kg de alimento balanceado, el radio externo R se determina sumando 2 mm al radio r , correspondientes al espesor del acero inoxidable que se va a utilizar.

Es decir:

$$\begin{aligned} r &= 15 \text{ cm.} \\ R &= 15,075 \text{ cm.} \\ h &= 20 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Con los datos anteriormente calculados se obtiene el volumen del cilindro hueco.

$$V_{a1} = \pi h [R^2 - r^2]$$

$$V_{a1} = \pi(20)[15,075^2 - 15^2]$$

$$V_{a1} = 141,73 \text{ cm}^3$$

VOLUMEN DE LA SECCIÓN CÓNICA HUECA

CONO INTERIOR

$$V_i = \frac{1}{3} \pi h [R^2 + r^2 + (R \cdot r)]$$

$$V_i = \frac{1}{3} \pi(30)[15^2 + 2,5^2 + (15 \cdot 2,5)]$$

$$V_i = 8443,03 \text{ cm}^3$$

CONO EXTERIOR

$$V_e = \frac{1}{3} \pi h [R^2 + r^2 + (R \cdot r)]$$

$$V_e = \frac{1}{3} \pi(30)[15,075^2 + 2,575^2 + (15,075 \cdot 2,575)]$$

$$V_e = 8567,26 \text{ cm}^3$$

A partir de los dos volúmenes obtenidos anteriormente, se resta el volumen interior del volumen exterior para de esta manera obtener el volumen de acero inoxidable de la sección cónica.

$$V_{a2} = 8567,26 - 8443,03$$

$$V_{a2} = 124,23 \text{ cm}^3$$

A continuación para obtener el volumen total de acero inoxidable del cual está compuesta la tolva, se suma el volumen de la sección cilíndrica más el volumen de la sección cónica.

$$V_a = V_{a1} + V_{a2}$$

$$V_a = 141,73 + 124,23$$

$$V_a = 265,96 \text{ cm}^3$$

Una vez obtenido el volumen total del acero inoxidable, se calcula la masa de la tolva, teniendo en cuenta que la densidad del acero que se va a utilizar en la fabricación de la misma es de $7,9 \frac{g}{cm^3}$ obtenida del catálogo de aceros inoxidables de LA EMPRESA ASTINIK, S.A. del Anexo 11.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = (7,9) \cdot (265,96)$$

$$m = 2101,08 \text{ g}$$

$$m \approx 2,2 \text{ Kg.}$$

A continuación se detallan tabulados ventajas, desventajas, costo de fabricación y la masa que tendrá la tolva una vez construida con cualquiera de las alternativas de materiales propuesto, es decir ya sea está elaborada con acrílico o acero inoxidable. Para a continuación realizar el análisis en base a los datos tabulados y decidir la mejor opción de material para la fabricación de la tolva en el presente diseño.

Cuadro 2**Matriz Morfológica para la selección del material de la tolva.**

ITEM: Material	Acrílico Industrial	Acero Inoxidable	Botellón
Gráfico			
Ventajas	Liviano, apto para el contacto con alimentos sólidos y líquidos, ideal para trabajos en la intemperie y además es 100% reciclable.	Durabilidad, apto para el contacto con alimentos sólidos y líquidos, no se oxida en contacto de ambientes húmedos	Liviano, apto para el contacto con alimentos sólidos y líquidos, es 100% reciclable.
Desventajas	En comparación con el acero inoxidable es menos resistente a impactos.	Alto costo y mayor peso.	No existen en el mercado recipientes con mayor variedad de volumen.
Costo de Fabricación	\$ 160,00	\$ 290,00	\$ 6,00
Peso	3 kg	6,5 kg	0,5 kg

Del análisis de Cuadro 2 anteriormente presentado y tomando en cuenta que la máquina debe ser lo más liviana posible y el material del cual este fabricada debe ser lo más amigable con el ambiente, lo más conveniente será utilizar el botellón o bidón de agua, el cual es apto para trabajar con alimentos ya que no reacciona químicamente con los mismos, es mucho más liviano y sobre todo es reciclable en su totalidad, además que al ser un producto existente en el mercado se obtiene un ahorro al evitar su fabricación.

3.7. DISEÑO DE LA VIGA DE SOPORTE DEL DISPENSADOR

Para el diseñar la viga de soporte del dispensador, esta debe ser analizada como una viga con apoyos simples, y en estado de equilibrio, debido a que esta se desplazará lentamente y con una velocidad constante de una piscina a otra.

Al tratarse de una viga con apoyos simples y soportar cargas de manera simétrica y de igual magnitud a lo largo de la misma, las reacciones en los puntos A y B (R_1 y R_2 respectivamente) son iguales, es decir:

$$R_1 = R_2$$

De esta manera se tiene:

$$\sum Fy = 0$$

$$R_1 + R_2 - \frac{W}{8} - \frac{W}{4} - \frac{W}{8} = 0$$

$$R_1 + R_1 = \frac{W}{8} + \frac{W}{4} + \frac{W}{8}$$

$$2R_1 = \frac{W}{2}$$

$$R_1 = \frac{W}{4}$$

Como $R_1 = R_2$ se tiene;

$$R_1 = R_2 = \frac{W}{4}$$

Para determinar el peso W , y sabiendo que la masa total que va a soportar la viga es de 25 kg, al multiplicar este valor de masa por la gravedad se obtiene el peso W .

$$W = m \cdot g$$

$$W = (25 \text{ Kg}) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$W = 245,25 \text{ N}$$

Y las reacciones serán:

$$R_1 = R_2 = \frac{245,25 \text{ N}}{4}$$

$$R_1 = R_2 = 61,3 \text{ N}$$

A continuación se determina el momento máximo de la viga, para lo cual se realiza un gráfico de fuerza cortante y momento flector.

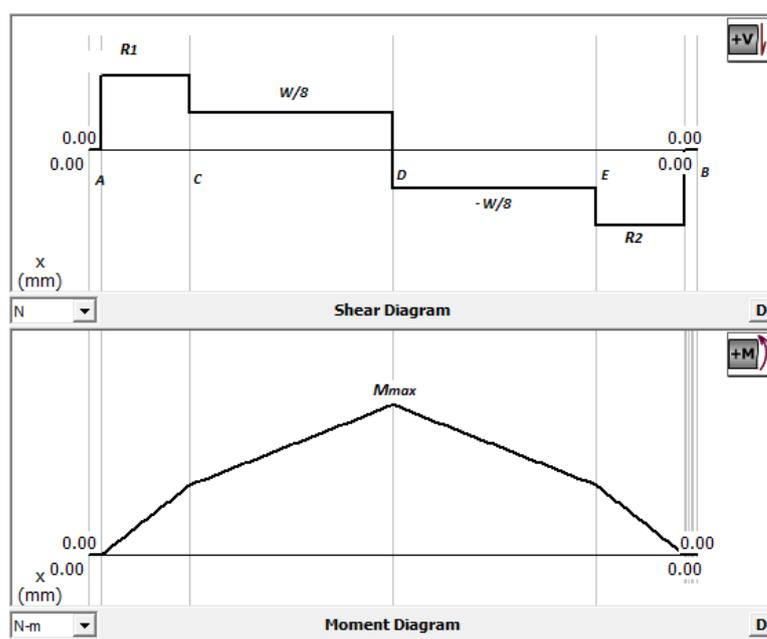


Figura 26. Diagrama de fuerza cortante y momento flector de la viga soporte del dispensador.

Como se muestra en la figura 26 el momento máximo se localiza en el punto D, y por lo tanto se debe calcular el momento máximo en este punto.

$$M_{max} = M_{AC} + M_{CD}$$

$$M_{max} = \frac{WL_{AC}}{4} + \frac{WL_{CD}}{8}$$

$$M_{max} = \frac{(245,25) \cdot (0,125)}{4} + \frac{(245,25) \cdot (0,25 - 0,125)}{8}$$

$$M_{max} = 7,66 + 3,83$$

$$M_{max} = 11,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para la selección de la viga se determinará el módulo de sección, teniendo como datos el momento máximo, y el esfuerzo admisible del material, además de utilizar la siguiente fórmula:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{max}}{S}$$

Dónde:

- σ_{adm} : Esfuerzo admisible.
- M_{max} : Momento máximo.
- S : Módulo de sección.

Para determinar el esfuerzo admisible, se tiene que el material de la viga es un acero AISI 1018 HR que posee una $S_u = 400 \text{ MPa}$ (Anexo 2), y con un factor de seguridad de 1.5 (Mott, Factor de Seguridad, 2006)

$$\sigma_{adm} = \frac{S_u}{F.S.}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{400 \text{ MPa}}{1.5}$$

$$\sigma_{adm} = 266,67 \text{ MPa}$$

A partir de este resultado se calcula el módulo de sección (BEER & JOHNSTON, 2010).

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S = \left| \frac{11,5 N \cdot m}{266,67 MPa} \right| \cdot \left| \frac{1000mm}{1 m} \right|$$

$$S = |43,12 mm^3| \cdot \left| \left(\frac{1 cm}{10 mm} \right)^3 \right|$$

$$S = 0,04312 cm^3$$

Por disponibilidad en el mercado, se escoge un tubo estructural cuadrado de acero con un módulo de selección $S = 0,97 cm^3$ de acuerdo con el Anexo 7.

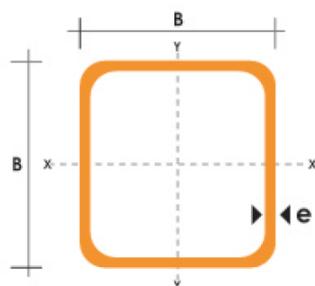


Figura 27. Esquema de la viga de soporte del dispensador.

Fuente: (DIPAC, 2011)

Tabla 11

Característica del Perfil Estructural rectangular.

DIMENSIONES			AREA	EJES X-X E Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	i
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95

Fuente: (DIPAC, 2011)

Para determinar la masa del tubo estructural cuadrado, y tomarla en cuenta para cálculos posteriores, se debe tomar en cuenta que 1 metro de tubo tiene una masa de 1,12 kg de acuerdo con el Anexo 7, con este dato se aplica una regla de tres simple para encontrar la masa en 1,42 metros de tubo cuadrado que es la medida que se va a utilizar.

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m} \rightarrow 1,12 \text{ kg} \\ 1,42 \text{ m} \rightarrow \textit{masa} \end{array}$$

$$m = \frac{(1,42) \cdot (1,12)}{1}$$

$$m = 1,6 \text{ kg}$$

Con el valor de la masa del tubo se determina el peso del mismo multiplicándolo por la gravedad.

$$P = (1,6) \cdot 9,81$$

$$P = 15,7 \text{ N}$$

3.8. SELECCIÓN DE CORREDERA PARA MOVILIZACION DEL DISPENSADOR.

El tipo de corredera que se va a utilizar para movilizar el dispensador, dependerá principalmente de la carga que va a soportar, y las condiciones del lugar donde se va a desarrollar el proyecto.

Para determinar la corredera más adecuada, se elabora a continuación una matriz morfológica, en la cual se establece claramente las dos posibles opciones, así como sus ventajas y desventajas principales.

Cuadro 3

Matriz Morfológica para la selección de corredera.

ITEM: Tolva	Corredera con ruedas de Nylon	Corredera con ruedas de Acero
Gráfico		
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No necesita de lubricación. • Evita el ruido con el movimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta mayor carga. • Mayor tiempo de vida útil.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de vida útil es menor que la del carro con ruedas de acero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita lubricación, y como el proyecto implica trabajar con truchas en piscinas, al utilizar lubricante este podría contaminar las piscinas e incluso matar a las truchas. • Al movilizarse produce más ruido que el carro con ruedas de Nylon.

Del análisis de las ventajas y desventajas presentadas en la matriz morfológica y desde el punto de vista de las condiciones del proyecto, se concluye que corredera más adecuada para movilizar el dispensador es la que está fabricada con ruedas de Nylon.

Para seleccionar la opción más adecuada dentro de las correderas de nylon se utiliza el catálogo para puertas corredizas de la Empresa DUCASSE (Anexo 8), tomando en cuenta como factor de selección la masa que va a ser soportada sobre dicho elemento, y así se lo detalla a continuación.

Masa del alimento balanceado: 15 kg.

Masa de la tolva y componentes del dispensador: 10 kg.

Masa del tubo cuadrado: 1,6 kg.

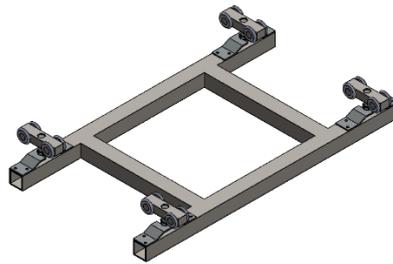


Figura 28. Esquema de distribución de corredera para movilizar el Dispensador.

La masa total que estará sobre la corredera es de 26,6 kg, pero esta masa se distribuirá en cuatro elementos como se muestra en la Figura 28, es decir que cada corredera soportará **6,65 kg**.

Por disponibilidad en el mercado, se selecciona la corredera **DN 80 SR** de la línea segmentada de la Empresa DUCASSE, que soporta una carga de 80 kg por cada corredera.

3.9. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL RIEL DE SOPORTE.

Para el dimensionamiento del riel, se realizará su análisis como una viga con apoyos simples y cuya carga se ubicara en medio del riel, ya que en este punto existirá una deformación máxima.

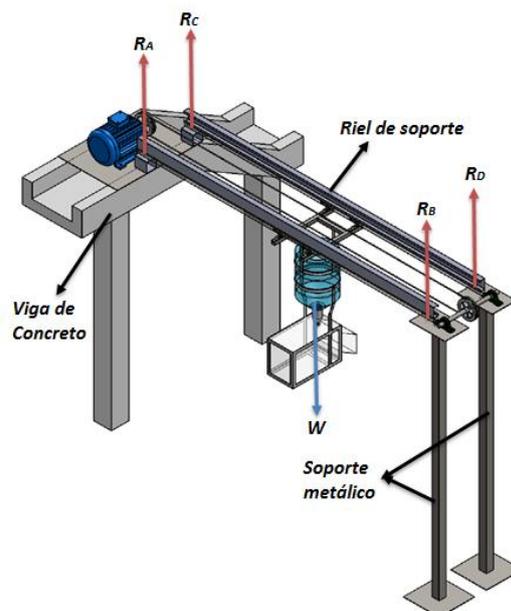


Figura 29. Esquema de distribución de fuerzas y reacciones en el riel de soporte.

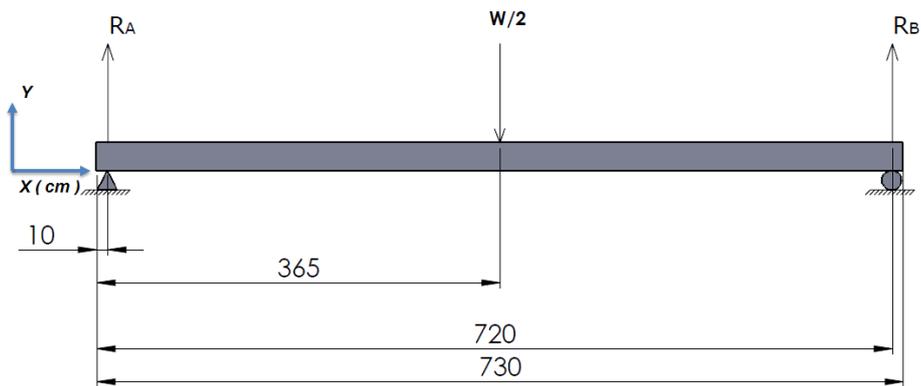


Figura 30. Diagrama de cuerpo libre del riel de soporte.

Al tratarse de una viga con apoyos simples y soportar una carga puntual en el centro, las reacciones en los puntos A y B (R_A y R_B respectivamente) son iguales, es decir:

$$R_A = R_B$$

De esta manera se tiene:

$$\sum Fy = 0$$

$$R_A + R_B - \frac{W}{2} = 0$$

$$R_A + R_A = \frac{W}{2}$$

$$2R_A = \frac{W}{2}$$

$$R_A = \frac{W}{4}$$

Como $R_A = R_B$ se tiene;

$$R_A = R_B = \frac{W}{4}$$

Para determinar el peso W , se sabe que la masa total que va a soportar la viga es de **26,6 kg**, que incluye la masa del mecanismo de movilización, alimento balanceado y la tolva de almacenamiento, con este dato multiplicado por la gravedad se obtiene el valor de W .

$$W = m \cdot g$$

$$W = (26,6 \text{ Kg}) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$W = 260,9 \text{ N}$$

Y las reacciones serán:

$$R_A = R_B = \frac{260,9 \text{ N}}{4}$$

$$R_A = R_B = 65,2 \text{ N}$$

A continuación se determina el momento máximo de la viga, para lo cual se realiza los gráficos de fuerza cortante y momento flector.

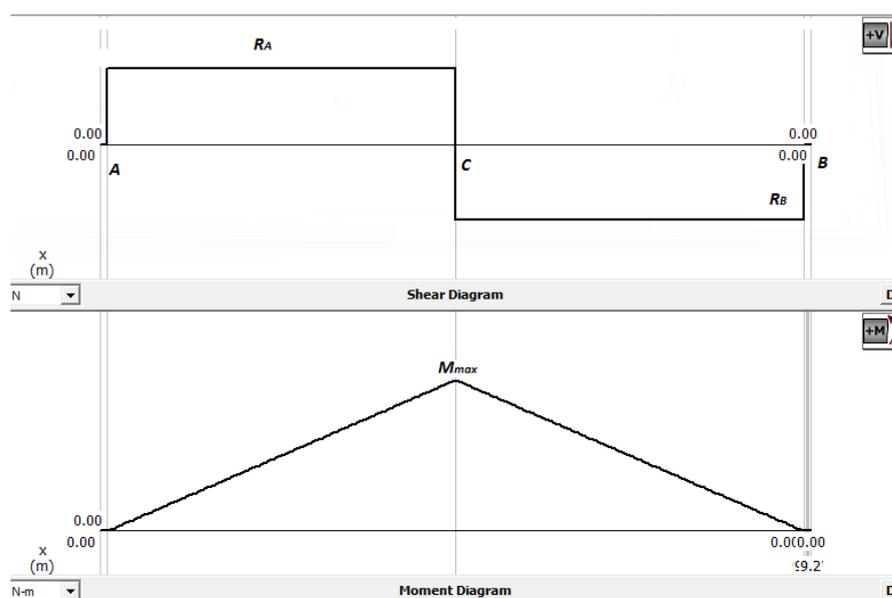


Figura 31. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del riel de soporte.

Como se muestra en la figura 31, el momento máximo se localiza en el punto C y con base en la Tabla del Anexo 1, el momento máximo de una viga simplemente apoyada con la carga en el centro es:

$$M_{max} = \frac{W \cdot L}{2}$$

$$M_{max} = \frac{W \cdot L}{8}$$

$$M_{max} = \frac{(260,9) \cdot (7,3)}{8}$$

$$M_{max} = 238,1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para la selección del riel se determinará el módulo de sección (BEER & JOHNSTON, 2010), teniendo como datos el momento máximo, y el esfuerzo admisible del material, además de utilizar la siguiente fórmula:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_{max}}{S}$$

Dónde:

σ_{adm} : Esfuerzo admisible.

M_{max} : Momento máximo.

S : Módulo de sección.

Para determinar el esfuerzo admisible y considerando que el material de la viga es un acero AISI 1018 HR que posee una $S_u = 400 \text{ MPa}$ (Anexo 2), además de un factor de seguridad de 1.5 (Mott, Factor de Seguridad, 2006), valor utilizado para el diseño de estructuras bajo cargas estáticas para materiales dúctiles.

$$\sigma_{adm} = \frac{S_u}{F.S.}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{400 \text{ MPa}}{1.5}$$

$$\sigma_{adm} = 266,67 \text{ MPa}$$

A partir de este resultado se calcula el módulo de selección.

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

$$S = \left| \frac{238,1 \text{ N} \cdot \text{m}}{266,67 \text{ MPa}} \right| \cdot \left| \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \right|$$

$$S = |892,89 \text{ mm}^3| \cdot \left| \left(\frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \right)^3 \right|$$

$$S = 0,89 \text{ cm}^3$$

Del catálogo de la Empresa DIPAC (Anexo 3), se selecciona un perfil estructural Correa "G" con un módulo de sección de $2,53 \text{ cm}^3$, que tiene las siguientes características:

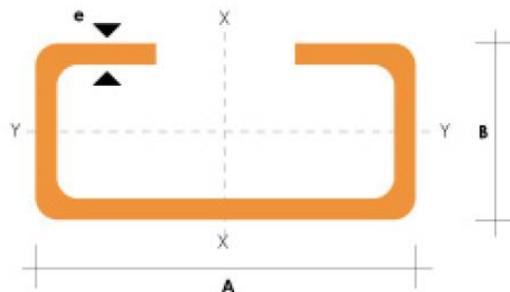


Figura 32. Esquema de dimensiones del riel de soporte.

Fuente: (DIPAC, 2011)

Tabla 12

Característica del Perfil Estructural Correa "G"

DIMENSIONES				PESOS		PROPIEDADES						
A	B	C	E	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y		
Mm	mm	Mm	Mm	Kg	Kg	cm ²	I	W	I	I	W	I
							cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51

Fuente: (DIPAC, 2011)

Para determinar la masa de los rieles y tomarlos en cuenta para cálculos posteriores, se toma en consideración que 1 metro de tubo tiene una masa de 2,20 kg (Anexo 3), con dicho dato se aplica una regla de tres simple para determinar la masa en 14,6 metros de riel que es la cantidad que se va a utilizar.

$$\begin{aligned}
 1m &\rightarrow 2,20 \text{ kg} \\
 14,6m &\rightarrow \textit{masa} \\
 m &= \frac{(14,6) \cdot (2,20)}{1}
 \end{aligned}$$

$$m = 32,12 \text{ kg}$$

3.10. DEFORMACIÓN DE LA CORREA "G"

Para determinar la deformación que tendrá la correa de soporte del dispensador, se toma en cuenta la masa total del sistema móvil, dispensador y la correa.

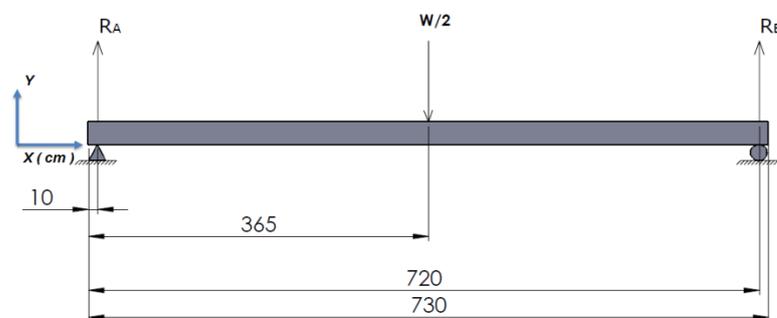


Figura 33. Diagrama de cuerpo libre del riel de soporte.

$$F = m \cdot g$$

$$F = (29,36 \text{ Kg}) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$F = 288,02 \text{ N}$$

Se utiliza la fórmula de deflexión de una viga simplemente apoyada.

$$\delta = \frac{FL^3}{48 EI}$$

De dónde:

- F:** Carga.
- L:** Longitud de la viga.
- E:** Módulo de Elasticidad.
- I:** Momento de Inercia.

Del Anexo 3 se determina que el momento de Inercia con respecto al eje y-y es igual a **6,39 cm⁴**, del Anexo 12 se obtiene el módulo de elasticidad del acero igual a **207 GPa**.

$$\delta = \frac{288,02 \text{ N} (730\text{cm})^3}{48 (207 \times 10^6 \text{ KPa})(6,39 \text{ cm}^4)}$$

$$\delta = 1,76 \text{ cm}$$

Al tratarse de una deformación de **1,76 cm**, se debe colocar elementos de soporte para disminuir dicho valor. A continuación se calcula la deformación en el centro de la viga al colocar elementos de soporte a una distancia de 1,5 m de cada lado debido a que los soportes se pueden sujetar

a la estructura de la cubierta de las piscinas y están ubicados a las distancias que se indican en la figura 34.

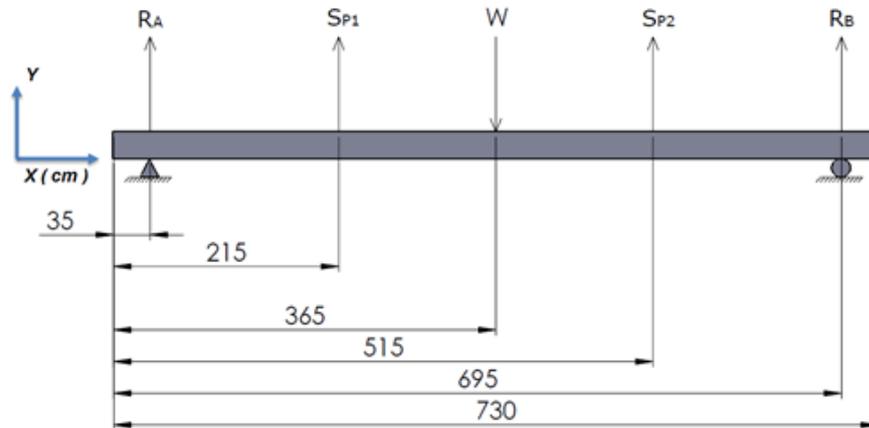


Figura 34. Diagrama de cuerpo libre del riel con soportes anexados.

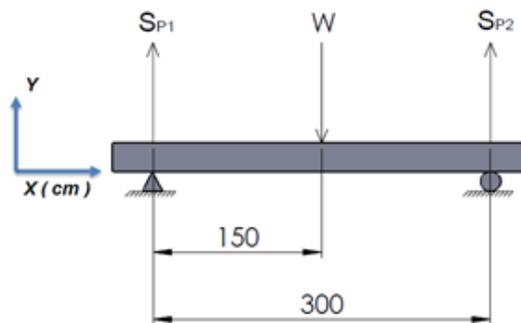


Figura 35. Diagrama de cuerpo libre de la parte central del riel de soporte.

$$\delta = \frac{FL^3}{48 EI}$$

$$\delta = \frac{288,02N (300cm)^3}{48 (207 \times 10^6 KPa)(6,39 cm^4)}$$

$$\delta = 0,12 cm$$

$$\delta = 1,2mm$$

Al colocar elementos de soporte sujetos a la estructura de la cubierta de la piscina se observa que este valor se redujo de 1,76 cm a 1,2 mm.

3.11. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN DE VELOCIDADES Y CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LAS POLEAS.

Debido a que el sistema no requiere un aumento o disminución de velocidad del motor, ya que únicamente movilizará el dispensador utilizando un sistema de poleas, la relación de transmisión es igual a 1.

Por lo tanto se tiene que:

$$n_1 = n_2$$

Dónde:

n_1 : Velocidad nominal de giro del motor

n_2 : Velocidad de giro del eje.

Para comprobar que la relación de transmisión es 1, se aplica la siguiente fórmula:

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Dónde:

i : Relación de transmisión.

Y como $n_1 = n_2$, entonces

$$i = \frac{n_1}{n_1}$$

$$i = 1$$

Por la disponibilidad de poleas en el mercado, se elige el diámetro d_1 de la polea acoplada al motor de 5 in, y a partir de este valor se calcula el diámetro de la segunda polea.

$$d_2 = i \cdot d_1$$

$$d_2 = 1 \cdot (5)$$

$$d_2 = 5 \text{ in}$$

Como se observa, debido a la relación de transmisión unitaria los diámetros de las poleas son iguales.

3.12. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO DEL DISPENSADOR.

Para determinar la velocidad del desplazamiento de la tolva, se debe considerar que se trata de un movimiento rectilíneo uniforme, es decir que se va a desplazar a velocidad constante, la distancia y el tiempo que tarda en recorrer la tolva son indicados a continuación.

Distancia de recorrido: 6 metros.

Tiempo de recorrido: 20 segundos.

$$d = v \cdot t$$

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{6 \text{ m}}{20 \text{ s}}$$

$$v = 0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.13. CÁLCULO DE TORQUE TOTAL DEL SISTEMA.

Para determinar el torque necesario para movilizar el sistema, se debe hallar la fuerza necesaria para mover el dispensador, en este caso dicha fuerza es la Tensión en el cable, para lo cual se detallan las fuerzas que actúan en el sistema mediante un diagrama de cuerpo libre.

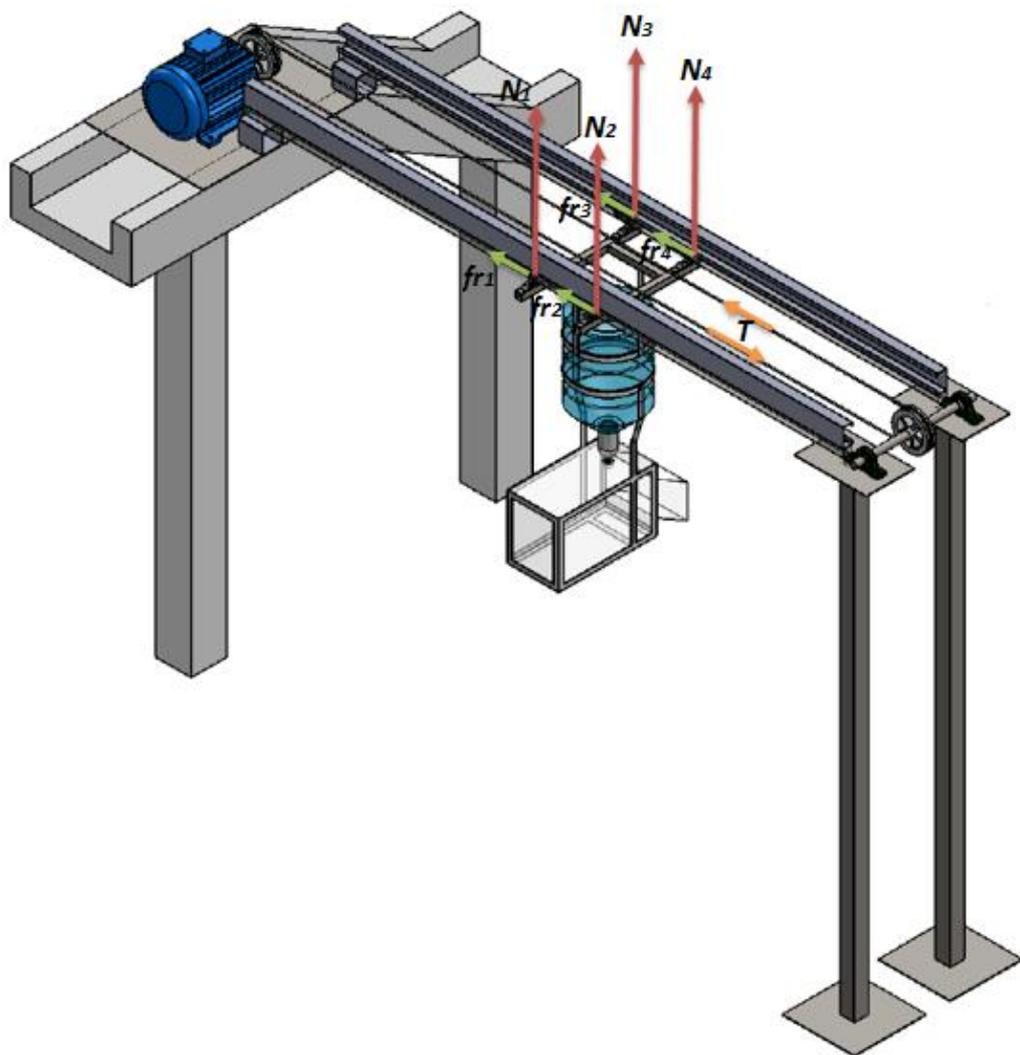


Figura 36. Esquema de distribución de fuerzas.

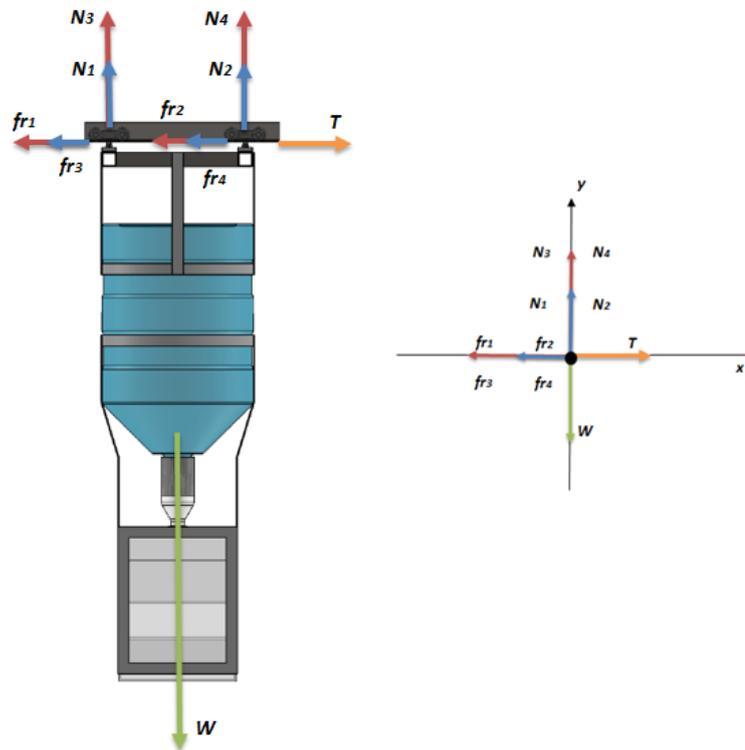


Figura 37. Diagrama de cuerpo libre del sistema.

$$\sum F_x = 0$$

$$T - fr_1 - fr_2 - fr_3 - fr_4 = 0$$

$$T = fr_1 + fr_2 + fr_3 + fr_4$$

$$\sum F_y = 0$$

$$N_1 + N_2 + N_3 + N_4 - W = 0$$

$$W = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

Debido a que el peso total del dispensador está distribuido de manera equitativa en los cuatro soportes se tiene que.

$$N_1 = N_2 = N_3 = N_4$$

$$Fr_1 = Fr_2 = Fr_3 = Fr_4$$

Reemplazando estas igualdades en las ecuaciones anteriores:

$$W = 4N_1$$

$$T = 4 fr_1$$

Se encuentra el valor de la fuerza normal.

$$N_1 = \frac{W}{4}$$

$$N_1 = \frac{260,9 \text{ N}}{4}$$

$$N_1 = 65,23 \text{ N}$$

Para calcular la fricción en las correderas se utilizará el coeficiente de rozamiento de nylon sobre acero, que es $\mu = 0,3$ (Anexo 9).

$$fr = \mu \cdot N$$

$$T = 4 \cdot \mu \cdot N$$

$$T = (4)(0,3)(65,23)$$

$$T = 78,3 \text{ N}$$

Con el valor de la tensión (T) que representa la fuerza necesaria para mover el dispensador, se encuentra el valor del torque total del sistema teniendo en cuenta que el radio de la polea es 2,5 in equivalente a 0,0635 m.

$$\tau = T \cdot d$$

$$\tau = (78,3) \cdot (0,0635)$$

$$\tau = 4,97 \text{ N.m}$$

$$\tau = 5 \text{ N.m}$$

3.14. CÁLCULO DE LA POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA.

Una vez encontrado el torque total del sistema, mediante la ecuación citada a continuación, se calculará la potencia necesaria para movilizar el sistema, esta potencia será necesaria para la selección del motor.

$$Pot = \tau \cdot \omega$$

Dónde:

Pot: Potencia.

τ : Torque

ω : Velocidad Angular

Calculo de ω :

$$\omega = \frac{V}{r}$$

Dónde:

V: Velocidad tangencial del sistema.

r : Radio de la polea 2,5 in equivalente a 0,0635 m.

$$\omega = \frac{0.3 \frac{m}{s}}{0,0635 m}$$

$$\omega = \left| 4,72 \frac{rad}{s} \right| \cdot \left| \frac{1 rev}{2\pi rad} \right| \cdot \left| \frac{60 s}{1 min} \right|$$

$$\omega = 45 RPM$$

Con este resultado se calcula la potencia.

$$Pot = (5) \cdot (45)$$

$$Pot = 225 W$$

$$Pot = |225 W| \cdot \left| \frac{1 HP}{745,69 W} \right|$$

$$Pot = 0,302 HP$$

Tomando en cuenta la eficiencia del motor $\eta = 0,95$ la potencia requerida será.

$$Pot_{req} = \frac{Pot}{\eta}$$

$$Pot_{req} = \frac{0,302 HP}{0,95}$$

$$Pot_{req} = 0,32 HP$$

3.15. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL CABLE DE ACERO.

Para determinar el diámetro del cable de acero que se tensionará entre las dos poleas, se tiene los siguientes parámetros:

Resistencia a la rotura $\sigma = 1570 \text{ MPa}$ de acuerdo al catálogo de SERCABLES del Anexo 4.

Tensión del cable $T = 78,3 \text{ N}$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{T}{\frac{\pi}{4}d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{T}{\frac{\pi}{4} \cdot \sigma}}$$

$$d = \sqrt{\frac{(78,3N)}{\frac{\pi}{4} \cdot (1570 \text{ MPa})}}$$

$$d = 0,25 \text{ mm}$$

Por la disponibilidad en el mercado se selecciona un cable de acero recubierto de clasificación 7x7 de diámetro 4,8 mm (3/16 in) del catálogo de la Empresa FIERO (Anexo 5), que tiene una carga de trabajo de 1360 kg.

3.16. DISEÑO DEL EJE

3.16.1. FUERZA QUE ACTÚA EN EL EJE EN LA POSICIÓN DE LA POLEA

Se realiza el análisis de las fuerzas que actúan en la polea de acuerdo al libro de Diseño de Elementos de Máquinas de Robert L. Mott cuarta edición, para lo cual se debe considerar que tanto la fuerza del lado tenso y la del lado flojo son paralelas y sin inclinación alguna.

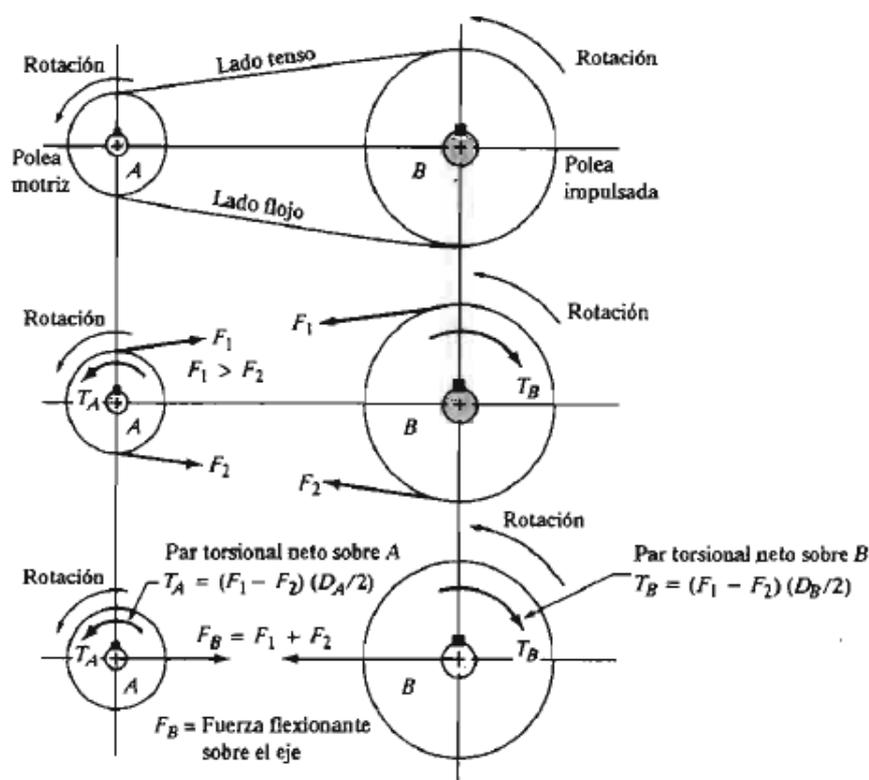


Figura 38. Fuerzas sobre poleas.

Fuente: (Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, 2006)

Se debe tener en cuenta que para realizar este análisis es necesario asumir que la fuerza del lado tenso (F_1) es 5 veces el valor que la fuerza del lado flojo (F_2), y que la fuerza (F_B) que va actuar sobre el eje es igual a la suma de las fuerzas (F_1) y (F_2) (Mott, Fuerza sobre poleas, 2006). En la figura 38 se dan a conocer las ecuaciones para el cálculo de las fuerzas antes mencionadas que actúan sobre el eje.

Para calcular las fuerzas en el eje, se tiene los siguientes datos.

$$T_B = 5 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

$$d_2 = 5 \text{ in} = 0,127 \text{ m}.$$

$$F2 = \frac{T_B}{2 \cdot d_2}$$

$$F2 = \frac{5 \text{ N} \cdot \text{m}}{2 \cdot (0,127 \text{ m})}$$

$$\mathbf{F2 = 19,7 \text{ N}}$$

$$F1 = 5 \cdot F2$$

$$F1 = 5 \cdot (19,7)$$

$$\mathbf{F1 = 98,5 \text{ N}}$$

$$FB = F1 + F2$$

$$FB = 19,7 + 98,5$$

$$\mathbf{FB = 118,2 \text{ N} \approx 120 \text{ N}}$$

Donde **FB** es la fuerza flexionante sobre el eje.

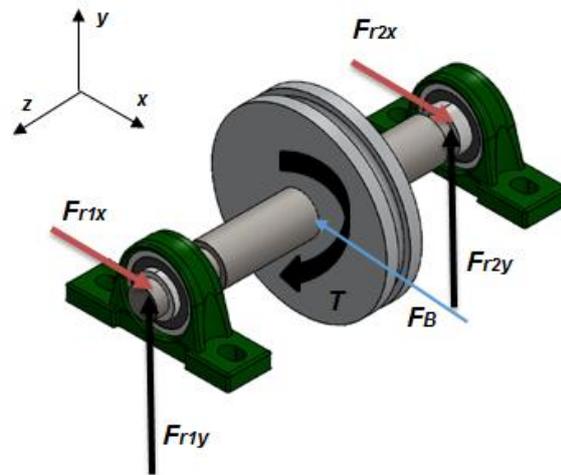


Figura 39. Esquema de distribución de fuerzas sobre el eje.

Para el análisis de diseño del eje, se tomarán en consideración las fuerzas que actúan en el Plano X-Z, ya que en este plano es donde actúa la fuerza flexionante FB .

Las fuerzas se detallan en el diagrama de cuerpo libre de la figura 40.

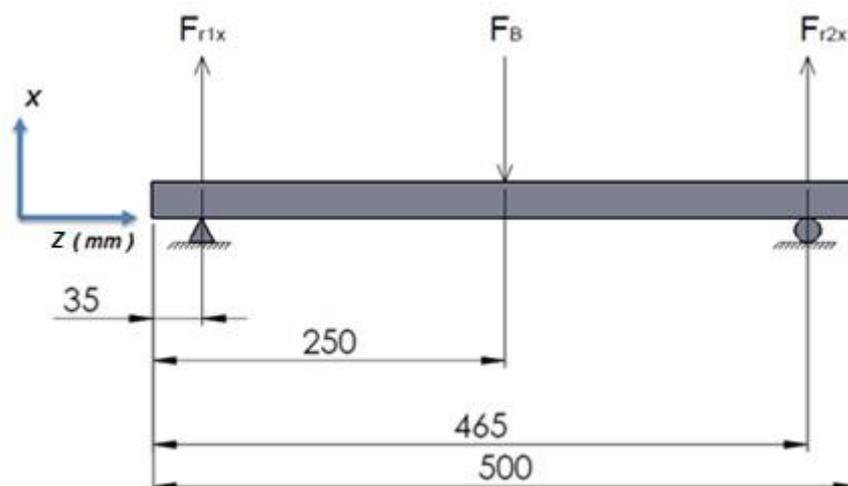


Figura 40. Diagrama de cuerpo libre del eje en el plano X-Z.

Del diagrama de cuerpo libre se tiene:

F_{r1x} : Reacción del rodamiento 1 en la dirección del eje x.

F_{r2x} : Reacción del rodamiento 2 en la dirección del eje x.

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{r1x} - F_B + F_{r2x} = 0$$

$$F_{r1x} + F_{r2x} = F_B$$

$$F_{r1x} + F_{r2x} = 120$$

$$\sum M_A = 0 \quad \curvearrowright$$

$$F_B(0,215) - F_{r2x}(0,43) = 0$$

$$F_{r2x} = \frac{120(0,215)}{0,43}$$

$$F_{r2x} = 60 \text{ N.}$$

$$F_{r1x} = 120 - F_{r2x}$$

$$F_{r1x} = 120 - 60$$

$$F_{r1x} = 60 \text{ N.}$$

A continuación se determina el momento máximo en el eje, para lo cual se realizarán los gráficos de fuerza cortante y momento flector.

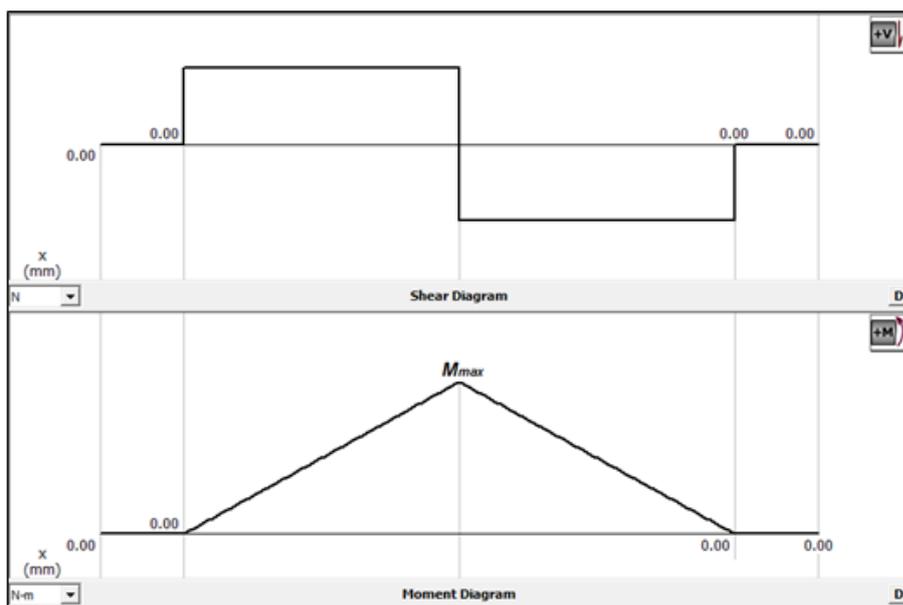


Figura 41. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del riel de soporte.

El momento máximo está dado por

$$M_{max} = \frac{F_B (0,215)}{2}$$

$$M_{max} = \frac{120 (0,215)}{2}$$

$$M_{max} = 12,9 \text{ N} \cdot \text{m} \approx \mathbf{13 \text{ N} \cdot \text{m}}.$$

En la ubicación de la polea, es donde se produce el mayor esfuerzo flector de tracción teniendo como resultado las siguientes fuerzas y momentos internos.

$$M_{max} = \mathbf{13 \text{ N} \cdot \text{m}}.$$

$$V = \mathbf{60 \text{ N}}.$$

$$T = \mathbf{5 \text{ N} \cdot \text{m}}.$$

Para diseñar el eje se utiliza la teoría del esfuerzo cortante máximo, para lo cual se calcula los esfuerzos en el eje y se asume un diámetro de 19,05 mm del catálogo de rodamientos de la FAG (ANEXO 11), debido a que este es el diámetro mínimo de los rodamientos con su respectivo soporte de pie existente en el mercado.

3.16.2. CALCULO DEL ESFUERZO FLECTOR

$$\sigma_x = \frac{M \cdot r}{\frac{\pi \cdot r^4}{4}}$$

$$\sigma_x = \frac{13 \cdot (0,009525)}{\frac{\pi \cdot (0,009525)^4}{4}}$$

$$\sigma_x = 19,15 \text{ MPa}$$

3.16.3. CALCULO DEL ESFUERZO CORTANTE

$$\tau_{xz} = \frac{T \cdot \rho}{J}$$

$$\tau_{xz} = \frac{T \cdot \rho}{\frac{\pi \cdot r^4}{2}}$$

$$\tau_{xz} = \frac{5 \cdot (0,009525)}{\frac{\pi \cdot (0,009525)^4}{2}}$$

$$\tau_{xz} = 3,68 \text{ MPa.}$$

3.16.4. CALCULO DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2}\right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

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

$$\sigma_1 = \frac{19,15}{2} + \sqrt{\left(\frac{19,15}{2}\right)^2 + (3,68)^2}$$

$$\sigma_1 = 20,008 \text{ MPa.}$$

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

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

$$\sigma_2 = \frac{19,15}{2} - \sqrt{\left(\frac{19,15}{2}\right)^2 + (3,68)^2}$$

$$\sigma_2 = -0,508 \text{ MPa.}$$

A partir de los esfuerzos principales se calcula el esfuerzo cortante máximo de la siguiente forma:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

$$\tau_{max} = \frac{20,008 - (-0,508)}{2}$$

$$\tau_{max} = 20,516 \text{ MPa.}$$

Se ha calculado el esfuerzo cortante máximo ya que el material del eje es de acero dúctil y este fallará por cortante. A partir de este valor se calculará el factor de seguridad con la teoría del esfuerzo cortante máximo.

El eje será construido de acero AISI 1018 HR, de resistencia a la tracción de 400 MPa, y resistencia a la fluencia de 220 MPa, valores obtenidos del Anexo 2.

$$\tau_{max} = \frac{\tau_{fl}}{n}$$

$$n = \frac{\tau_{fl}}{\tau_{max}}$$

$$\tau_{fl} = 0,5 \cdot \sigma_{fl}$$

$$\tau_{fl} = 0,5 \cdot (220)$$

$$\tau_{fl} = 110 \text{ MPa.}$$

$$n = \frac{110 \text{ MPa}}{20,516 \text{ MPa}}$$

$$n = 5,36$$

Como se puede observar el factor de seguridad obtenido es alto, lo que quiere decir que el eje no fallará y debido a que no se puede disminuir el

diámetro del eje por motivos de fabricación de los rodamientos, no se puede reducir este factor.

3.17. DISEÑO DE COLUMNAS

$$P_{cr} = \eta_d \cdot P$$

El factor de diseño η_d , para vigas de soporte ancladas al piso es de 1,1 de acuerdo con el libro de Diseño de Elementos de Máquinas de Shigley.

$$P = m \cdot g$$

$$P = \left(\frac{29,36 \text{ Kg}}{2} \right) \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$P = 144.01 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 1,1 \cdot (144.01 \text{ N})$$

$$P_{cr} = 158.41 \text{ N}$$

Por lo tanto la carga crítica P_{cr} que soporta cada columna es de 158.41 N. A continuación se realiza el análisis para determinar si las columnas que se colocaron previamente soportarán dicha carga.

Es necesario calcular la esbeltez de la columna para determinar si se trata de una columna larga o una columna corta.

$$\text{Esbeltez} = \frac{K \cdot L}{r} = \frac{Le}{r} \qquad Le = K \cdot L$$

Dónde;

K: Constante que depende del extremo fijo.

L: Longitud real de la columna.

Le: Longitud efectiva.

r: Radio de giro.

Para determinar el valor de K es necesario consultar la tabla mostrada a continuación del libro de Diseño de Elementos de Máquinas de Mott.

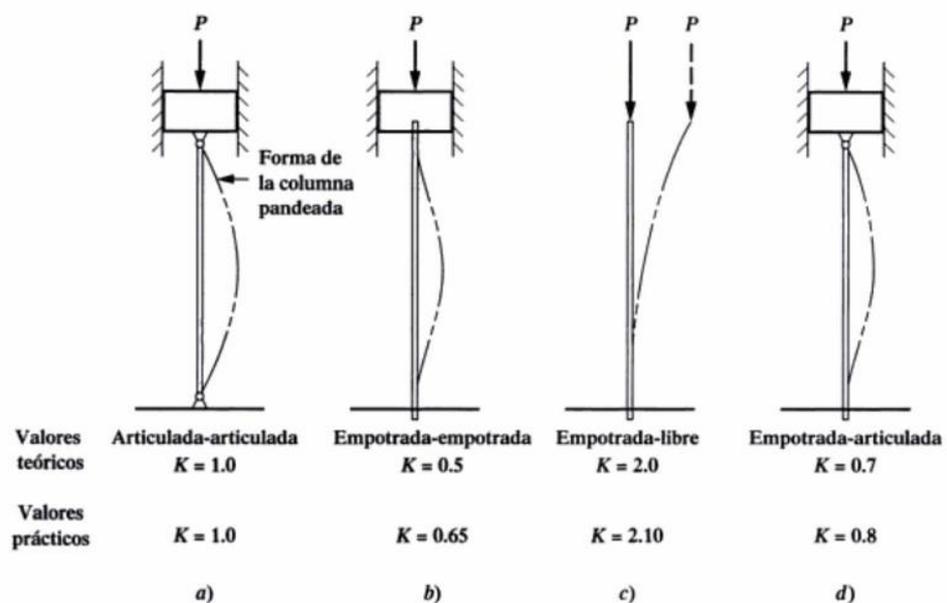


Figura 42. Valores de la constante K para obtener la longitud efectiva.

Fuente: (Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, 2006)

En este caso el valor de K será igual a 2 debido a que el un extremo de la columna esta empotrado, el otro extremo es libre y la carga es céntrica. Con dicho valor de K se determina la longitud efectiva L_e teniendo en cuenta que la longitud real $L = 2,10 \text{ m}$.

$$L_e = K \cdot L$$

$$L_e = (2) \cdot (210 \text{ cm})$$

$$L_e = 410 \text{ cm.}$$

Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Dónde:

r: Radio de giro

I: Momento de inercia de la sección transversal.

A: Área de la sección transversal.

Para determinar el momento de inercia y el área de la sección transversal, se considera que el lado de la sección cuadrada es de $t = 75 \text{ mm}$, y $h = 2100 \text{ mm}$.

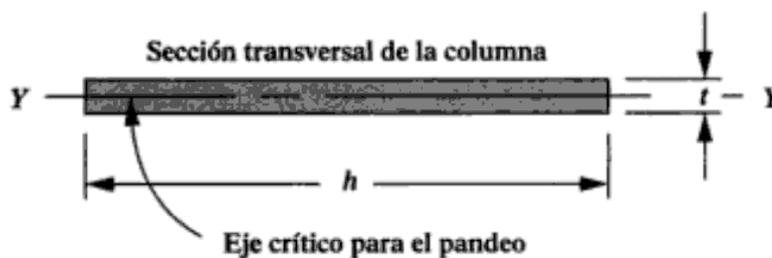


Figura 43. Momento de Inercia de la sección transversal respecto al eje Y-Y.

Fuente: (Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, 2006)

$$I = \frac{h \cdot t^3}{12} \quad A = h \cdot t$$

$$r = \sqrt{\frac{\frac{h \cdot t^3}{12}}{h \cdot t}}$$

$$r = \sqrt{\frac{t^2}{12}}$$

$$r = \sqrt{\frac{7.5^2}{12}}$$

$$r = 2.17 \text{ cm.}$$

Una vez obtenida la longitud efectiva y el radio de giro se calcula la esbeltez de la columna.

$$\textit{Esbeltez} = \frac{Le}{r}$$

$$\textit{Esbeltez} = \frac{410 \text{ cm}}{2.17 \text{ cm}}$$

$$\textit{Esbeltez} = 188.94$$

El valor de esbeltez se compara con la relación de esbeltez de transición o constante de columna C_c , con lo cual se determinará si se trata de una columna larga o corta y además el método apropiado para encontrar la carga crítica.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(207000 \text{ MPa})}{220 \text{ MPa}}}$$

$$C_c = 136.28$$

Como $\frac{K \cdot L}{r} > C_c$, se trata de una columna larga y se emplea la ecuación de Euler.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (207000 \text{ MPa}) \left(\frac{2100 \text{ mm} \cdot (75 \text{ mm})^3}{12} \right)}{[(2.1)(2100 \text{ mm})]^2}$$

$$P_{cr} = 7755588.37 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 7,76 \text{ MN}$$

Debido a que la carga crítica (P_{cr}) que soporta la columna de tubo cuadrado colocada previamente es mayor a la carga crítica requerida por el sistema, la columna no fallará por compresión, es decir no se pandea.

CAPITULO 4

DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA MÁQUINA

4.1. SISTEMA DE CONTROL

Para realizar el diseño electrónico del dispensador es necesario cumplir con los siguientes requerimientos:

- El sistema debe ser robusto para evitar el mal funcionamiento.
- No debe utilizarse elementos que químicamente reaccionen con el alimento aun cuando estos no estén en contacto directo con el mismo.
- Se debe realizar eficientemente las acciones de control programadas.
- Debe ser seguro y de fácil mantenimiento.

A continuación se describe el graficet del funcionamiento del sistema, en el cual se detalla el proceso de dosificación del alimento balanceado desde la puesta en marcha del sistema hasta culminar con su expendio a la piscina respectiva.

Las variables utilizadas en el diagrama son las siguientes:

S = Interruptor de encendido del dispensador

X1 = Final de carrera en Home

X2 = Final de carrera piscina 1

X3 = Final de carrera piscina 2

PARÁMETRO m = Cantidad de alimento en gramos requerida

PARÁMETRO t = Cada cuanto tiempo se debe dispensar

PARÁMETRO c = Cuantas veces al día se quiere dispensar

MEDIDA _DSF = Cantidad requerida de dosificación.

C.AMONIO 1 = Cantidad de amonio presente en la piscina 1

C.AMONIO 2 = Cantidad de amonio presente en la piscina 2

C. OXÍGENO 1 = Cantidad de oxígeno presente en la piscina 1

C. OXÍGENO 2 = Cantidad de oxígeno presente en la piscina 2

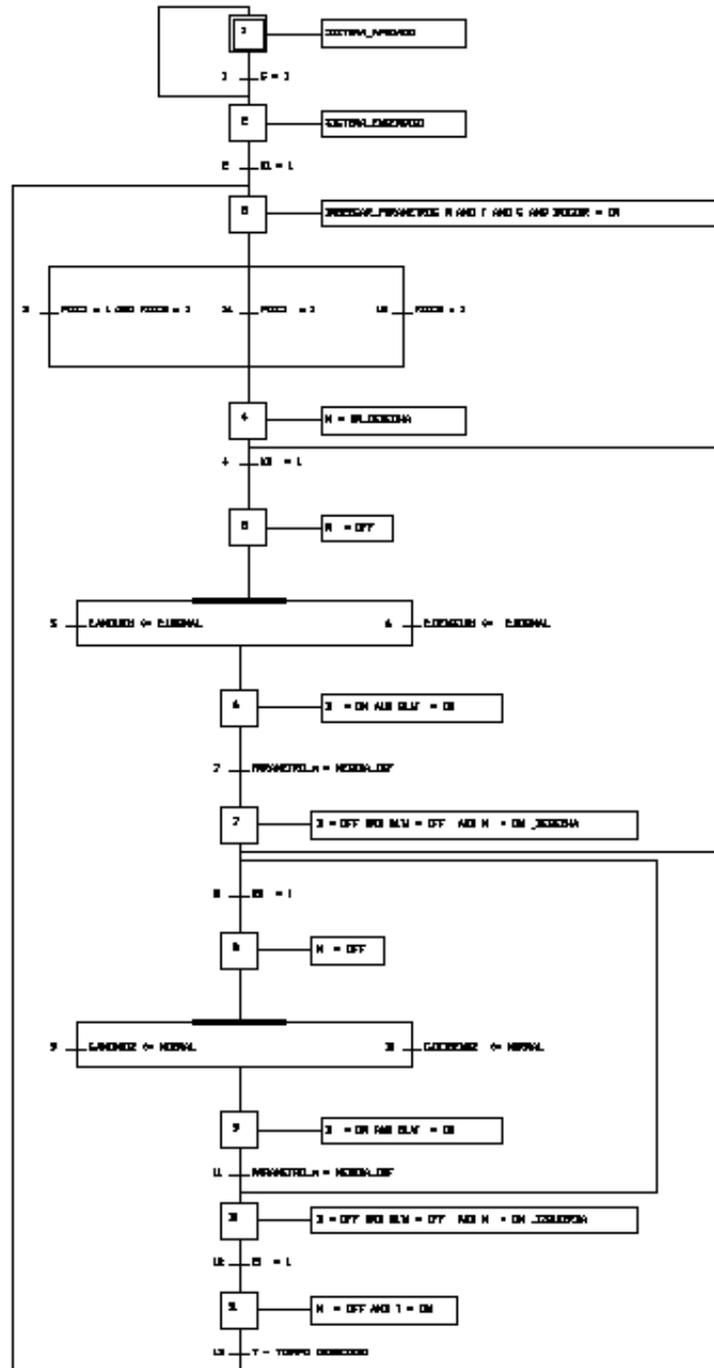
M = Motor monofásico para el movimiento del dispensador

M ON_DERECHA = Giro en sentido horario del motor

M ON_IZQUIERDA = Giro en sentido anti horario del motor

BLW = Blower o aspersor

D = Depósito para la salida de alimento



4.2. DISEÑO DE LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE LA MÁQUINA

4.2.1. INVERSIÓN DE GIRO MOTOR DC

Para controlar el movimiento horario y anti horario de todos los motores DC que se utilizarán para la implementación de la máquina dispensadora se elaborarán placas de circuitos impresos (PCB), de las cuales se detallan a continuación su diagrama de conexión y sus componentes.

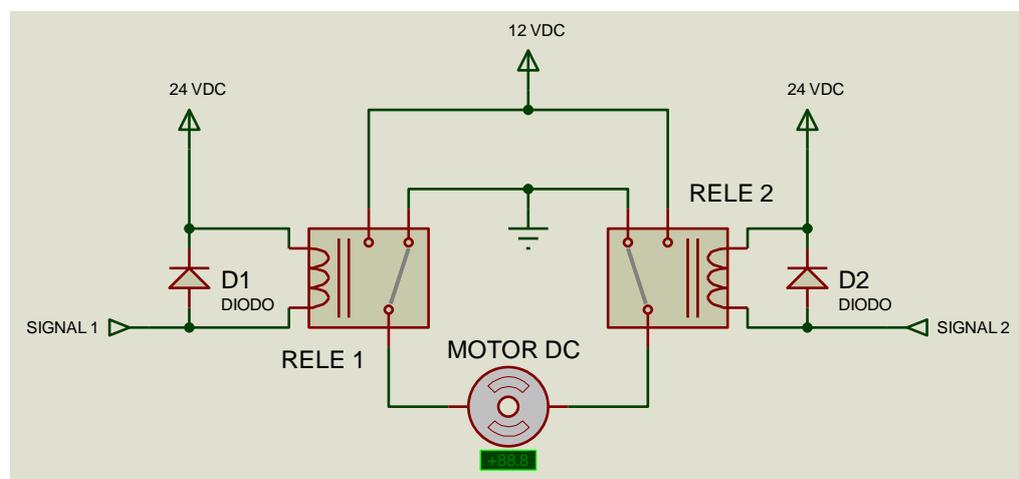


Figura 44. Circuito de inversión de giro para un motor DC.

Diodos: Elemento de protección que permite el paso de corriente en un solo sentido, es decir evita el contraflujo de corriente, y así prevenir posibles daños por corto circuitos.

Relé: Elemento de control que al activarse permite el paso de una señal. Los relés utilizados en el circuito son de 24 VDC, que se activan con las salidas del PLC.

Motor DC: Actuador que realizará una función de acuerdo a los requerimientos del sistema, estos elementos funcionarán a 12 VDC y a 5VDC.

4.2.2. CIRCUITO DE CONTROL DE UN MOTOR AC

El circuito de control para un motor de 110 VAC y de 3 hilos se detalla a continuación.

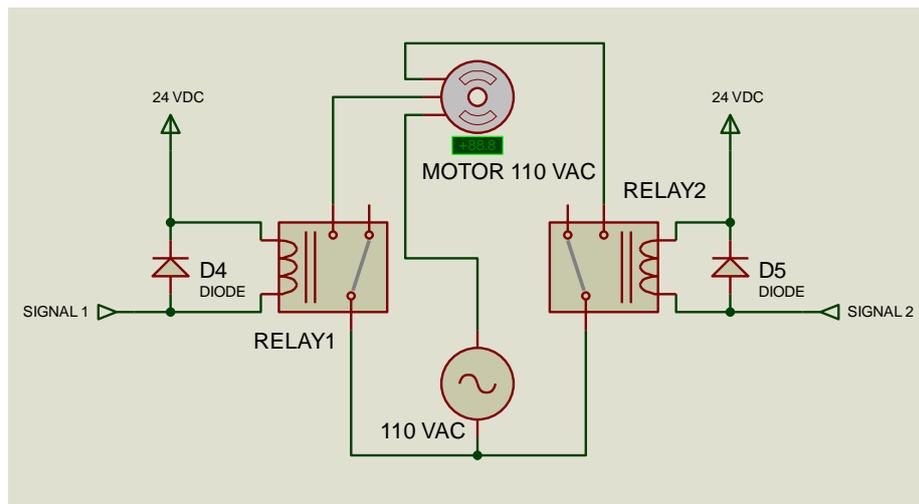


Figura 45. Circuito de control para el motor AC de 3 hilos.

Motor AC: Actuador que desplaza el dispensador en sentido horario y anti horario a la posición requerida. Este elemento funciona a 110 VAC.

4.2.3. CIRCUITO DE ACTIVACIÓN DE BLOWER O SOPLADOR

Para la activación del blower o soplador se realizará el siguiente circuito.

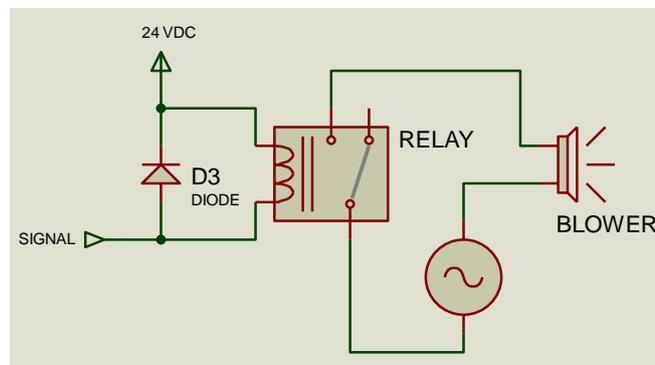


Figura 46. Circuito de conexión blower.

Blower: Actuador con el que se realiza la dispersión del alimento balanceado hacia las piscinas. Este elemento funciona a 110 VAC.

NOTA: Algunos componentes de los diagramas descritos anteriormente no están detallados debido a que fueron citados con anterioridad en otros diagramas.

4.3. SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes químicas o físicas, también conocidas como variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas como voltaje y corriente.

4.3.1. SENSOR DE OXÍGENO

Se utilizará la sonda para medir el oxígeno disuelto en el agua DO-BTA de Vernier debido a que la misma trabaja dentro de los estándares normalizados de corriente y voltaje para controladores lógicos programables (PLC), siendo así su conexión sencilla y directa al PLC.



Figura 47. Sensor de oxígeno Vernier.

Especificaciones técnicas:

Rango: 0 a 15 mg/L o ppm

Precisión: $\pm 0,2$ mg/L

Resolución: 0,007 mg/L

4.3.2. SENSOR DE AMONIO

La sonda utilizada es la NH4-BTA Vernier, misma que es capaz de medir la concentración de amonio en el agua, este tipo de sensores de membrana brindan la facilidad de no necesitar calibración previa siendo únicamente necesario conectarlo directamente al PLC para obtener los datos medidos en tiempo real.



Figura 48. Sensor de amonio Vernier.

Especificaciones técnicas:

Rango: 1 a 18,000 mg/L o ppm

Precisión: $\pm 10\%$ mg/L

Tamaño mínimo de la muestra: 1,1 pulgadas

4.3.3. SENSOR DE TEMPERATURA PT100

Un PT100 es un sensor termo resistivo, es decir que al variar la temperatura se produce un cambio en su valor de resistencia, obteniendo así diferentes valores de resistencia a diferentes temperaturas. Son ideales para trabajar en bajas temperaturas, comprendidas estas entre -100°C a 500°C con una precisión de $0,1^{\circ}\text{C}$.

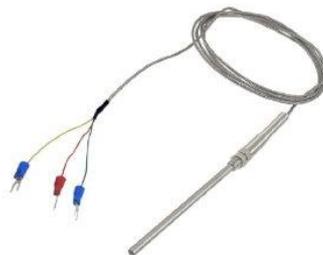


Figura 49. Sensor de temperatura PT100

4.3.4. FINES DE CARRERA

Son sensores de contacto o también conocidos como “interruptor de límite” son dispositivos neumáticos o mecánicos ubicados al final o en el intermedio (abatibles) del recorrido de un elemento móvil, para enviar una señal que indica la posición de dicho móvil. Son robustos y fáciles de instalar



Figura 50. Final de carrera de brazo.



Figura 51. Final de carrera abatible.

4.4. PLC

El controlador lógico programable (PLC) a utilizar para programar las acciones de control del proceso es el PLC Xinje XC3-RT-E, es un PLC modular y consta de 14 entradas y 10 salidas digitales.



Figura 52. PLC Xinje XC3-RT-E.

4.4.1. MÓDULO DE TEMPERATURA PT100 XC-E6PT-P

El módulo XC-E6PT-P recolecta los datos de temperatura medidos por el sensor PT100 con una resolución de 0,1°C y su lectura en el PLC es de forma directa, es decir el dato mostrado en su registro ID100 corresponde al valor de temperatura medido.

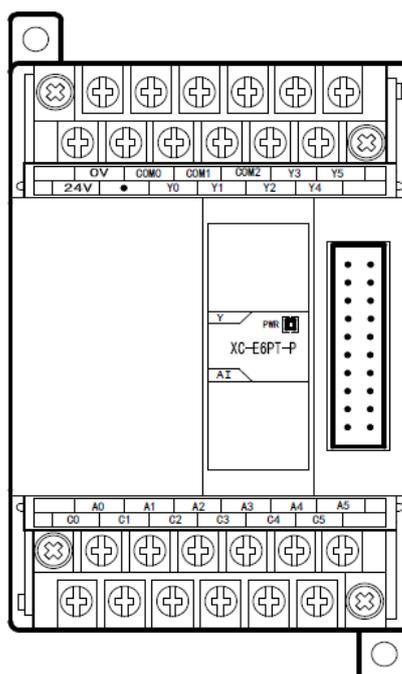


Figura 53. Módulo de temperatura XC-E6PT-P.

Especificaciones:

Señal análoga de entrada: 6 termo resistencias PT100

Rango de medición de temperatura: -100°C a 500°C

Precisión: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Resolución: 0,1°C

4.4.2. MÓDULO DE ENTRADAS ANÁLOGAS

Para la obtención de los parámetros medidos por los sensores de oxígeno y amonio es necesario conectarlos a estos a un módulo de entradas

análogas para el PLC Xinje XC3, siendo el módulo de entradas análogas utilizado el XC-E2DA.

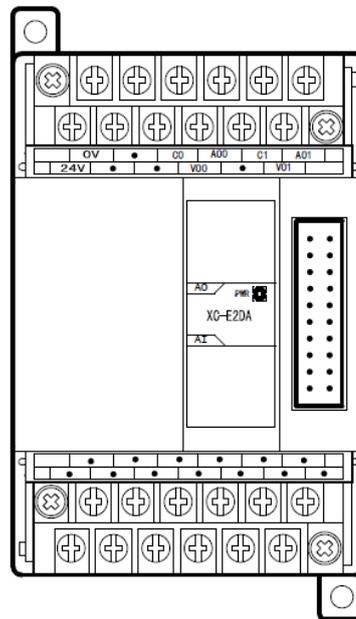


Figura 54. Módulo de entradas análogas PLC Xinje.

Especificaciones:

Señal análoga de entrada: 12 bits

Rango de voltaje de salidas análogas: 0 a 5 V, 0 a 10 V

Rango de voltaje de salidas análogas: 0 a 20 mA, 4 a 20 mA

Precisión: 1%

4.5. HMI

Para el desarrollo de la interfaz humana máquina (HMI) se utilizó la pantalla TouchWin TH765-Mt, junto con el programa TouchWin Edit Tool para diseñar la presentación en pantalla de los datos recolectados así como los gráficos requeridos y el ingreso de la cantidad de alimento balanceado a dispensar, número de veces al día y cada cuanto tiempo realizar el expendio.



Figura 55. Pantalla táctil TouchWin TH-765

En el manual de usuario se detallará las pantallas de las cuales está constituida la interfaz HMI así como su funcionamiento.

4.6. DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN

El proceso de dosificación se lo realizará mediante un embace contenedor de 10 gramos de alimento balanceado, este proceso se lo realiza automáticamente mediante un motor de 12V cuyo accionamiento produce un movimiento del depósito para llenarlo y para dejar caer el alimento a dispensar, es así que si se necesitan 100 gramos de alimento se debe realizar 10 cargas para obtener el valor solicitado, el sistema se considera adecuado siempre y cuando el error de expendio del alimento no sea mayor a ± 5 gramos.

Tabla 13

Dosificación de acuerdo a las cargas de alimento balanceado.

Gramos Requeridos	Gramos Dosificados	Cargas Teóricas	Cargas Reales
10	10	1	1
70	67	7	7
90	89	9	9
100	98	10	10
130	131	13	13
190	190	19	19
200	199	20	20
240	240	24	24
270	271	27	27
300	302	30	30

Gramos de alimento balanceado - Número de cargas

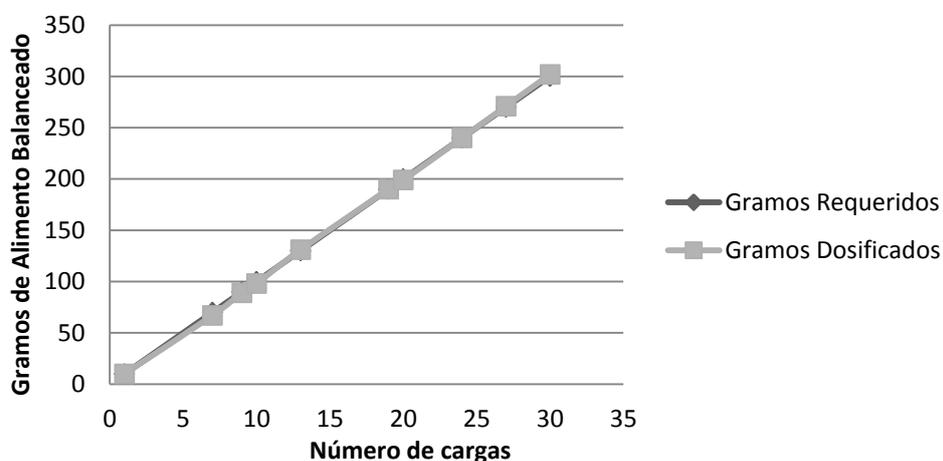
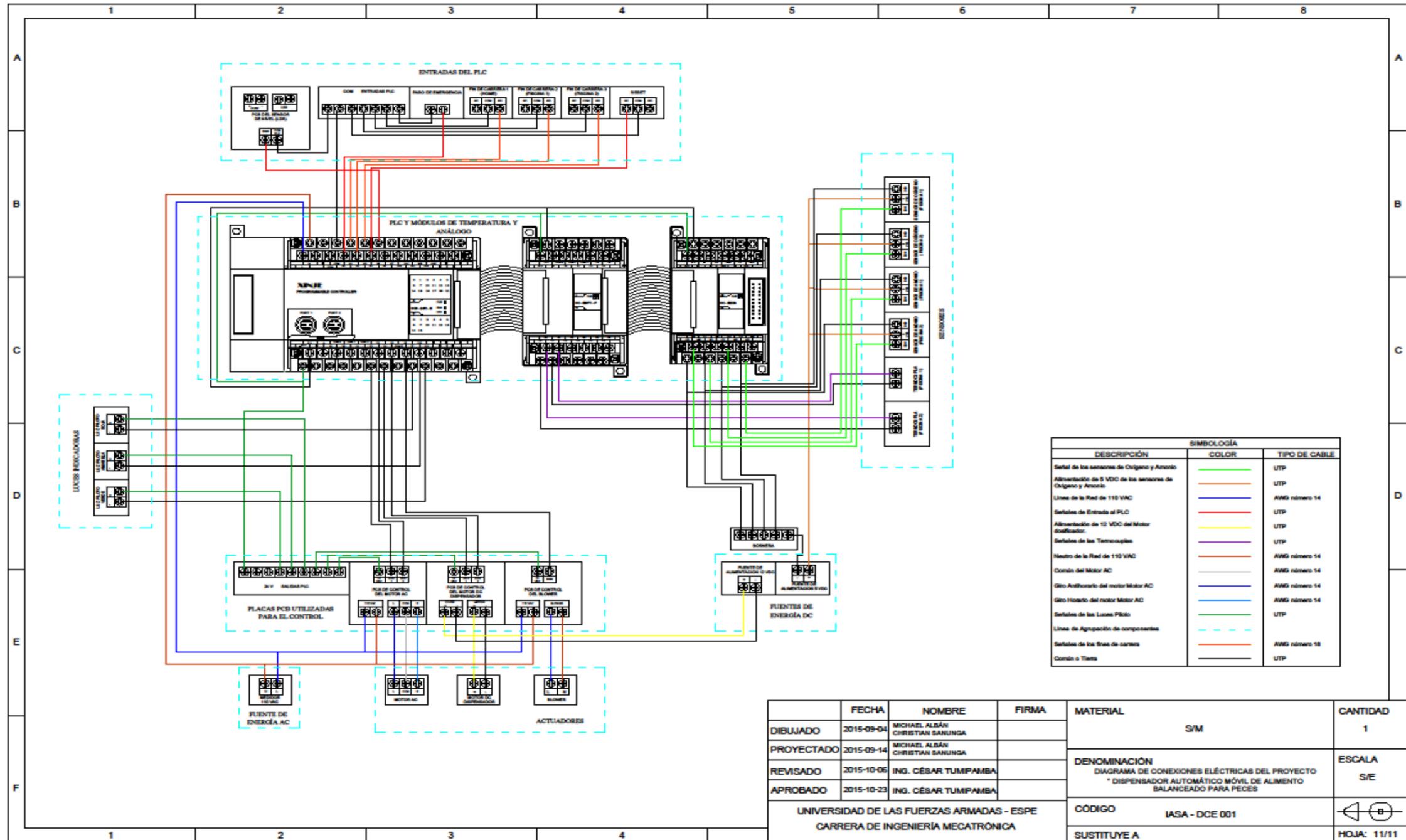


Figura 56. Curva de expendio de alimento por cargas.

De la tabla13 anteriormente mostrada y al graficar los valores de gramos de alimento requerido versus el número de cargas necesarias para obtener dicha cantidad, se puede constatar que el comportamiento del expendio de comida es lineal y que el error entre las distintas cantidades requeridas de alimento balanceado no sobrepasa los ± 5 gramos, es decir el sistema de dosificación cumple con el requisito para ser adecuado y funcional.

4.7. DIAGRAMAS DE CONEXIÓN



CAPITULO 5

MANUAL DE USUARIO

El presente manual tiene como finalidad el proporcionar una herramienta de consulta para la correcta utilización, mantenimiento, detección de fallas y posibles soluciones de la máquina dispensadora de alimento balanceado para peces en estado juvenil.

5.1. DIRIGIDO A:

Estudiantes, docentes, personal técnico y demás individuos que tengan la necesidad de manipular la máquina dispensadora de alimento balanceado para peces con fines tanto de uso como de mantenimiento.

5.2. FUNCIONAMIENTO DEL ARMARIO DE CONTROL

A continuación se detallan cada uno de los componentes del armario de control:

Cuadro 4
Elementos y funciones de los elementos del armario de control.

N°	DENOMINACIÓN	GRÁFICO	DESCRIPCIÓN
1	Encendido (Luz Piloto Verde)		Al energizar el sistema se enciende la luz.
2	Precaución (Luz Piloto Amarilla)		La luz se enciende cuando el dispensador se encuentra en movimiento, en condiciones normales permanece apagada.
3	Paro (Luz Piloto Roja)		La luz se enciende cuando está presionado el paro de emergencia, impidiendo realizar cualquier acción.

CONTINÚA



4	Resetear (Pulsador)		Se debe accionar únicamente cuando el sistema se encuentra en su posición inicial y se lo utiliza para dejar los Parámetros ingresados en cero.
5	Encendido – Apagado (Swich)		Enciende o apaga el sistema de acuerdo a la posición en que se encuentre.
6	Pantalla Táctil (Touch Panel)		Se llevan a cabo las acciones de monitoreo e ingreso de Parámetros para el proceso de alimentación..
7	Paro de Emergencia (Botón de paro de emergencia)		Se presiona en caso de emergencia, es decir, si el sistema funciona de manera incorrecta, pausando al mismo.

5.3.COMO UTILIZAR EL DISPENSADOR DE ALIMENTO BALANCEADO

Es fundamental que la máquina dispensadora de alimento balanceado para peces no se encuentre en contacto directo con el agua, debido a que esto ocasionaría fallos en su sistema.

5.3.1. INICIO DEL SISTEMA

1. Activar el breaker ubicado en la caja de alimentación eléctrica de tal manera que este se encuentre en posición ON.



Figura 57. Energizar sistema.

2. Girar el switch de ENCENDIDO del armario de control a la posición ON y verificar que después de 5 segundos se encienda la luz verde del armario lo cual indica que el sistema está en marcha.



Figura 58. Energizar el equipo.

5.4. USO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

1. Al iniciar el sistema correctamente se despliega una ventana de inicio en la pantalla táctil, la misma que es la portada de la interfaz HMI.



Figura 59. Portada del sistema HMI.

2. Presionar el botón Entrar para acceder a la ventana de menú o Home.



Figura 60. Botón Entrar de la pantalla táctil.

3. En dicha ventana encontramos un menú con tres botones.



Figura 61. Menú de opciones en la interfaz de usuario.

4. Parámetros.- Al presionar este botón se despliega un teclado táctil en el cual se debe ingresar una clave de 6 dígitos (CLAVE: 1975) y enter.



Figura 62. Botón de parámetros y teclado de ingreso de clave.

5. A continuación se despliega una nueva ventana en la cual se debe ingresar los parámetros solicitados tocando la pantalla táctil sobre el recuadro del cual se desplegará un teclado numérico para el ingreso de los valores deseados de cada cuanto tiempo dispensar (en minutos), cantidad de alimento balanceado (en gramos) y número de veces que se va a realizar el expendio de alimento balanceado y el número de veces faltantes durante el día respectivamente.

DISPENSADOR DE ALIMENTO BALANCEADO PARA PECES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



ESPE
INGENIERÍA
MECATRÓNICA

DATOS A INGRESAR:

	PISCINA 1:	PISCINA 2:	
Número de veces al día	000000		Número de veces faltantes: 000000
Intervalo de tiempo	000000	horas	
Cantidad de alimento	000000	gramos	000000
		gramos	

INICIAR




Figura 63. Ventana de ingreso de parámetros.

6. Verificar que los tres valores antes mencionados sean los deseados, caso contrario corregirlos de la misma manera como fueron ingresados.
7. Tomar en cuenta que si solo se desea realizar el expendio en una de las piscinas, únicamente se debe ingresar los tres parámetros correspondientes a dicha piscina, si por el contrario se requiere realizar el expendio en ambas piscinas, deben ingresarse el parámetro de cantidad de alimento en ambas piscinas, los datos

de número de veces al día y el intervalo de tiempo son generales para las dos piscinas.

8. Una vez ingresados y verificados los valores correspondientes para cada piscina y al presionar el botón INICIAR, el sistema comenzará a realizar el proceso de expendio de comida de acuerdo a los parámetros ingresados.



Figura 64. Botón de inicio del proceso de expendio de alimento.

9. Home o menú.- Está ubicado en la parte inferior derecha en todas las ventanas a excepción de la portada tiene un dibujo de una casa, mismo que al presionarlo nos direcciona a la ventana de menú.
10. Tomar en consideración que una vez iniciado el expendio se debe presionar el botón home para de esta manera cerrar la ventana de parámetros y nadie pueda manipular los parámetros ingresados, siendo necesario que el usuario ingrese nuevamente la clave si se requiere modificar dichos valores.



Figura 65. Botón Home.

11. Gráficos.- Al presionar este botón se ingresará a una ventana donde se observan los valores numéricos correspondientes a la temperatura del agua, cantidad de oxígeno y cantidad de amonio

disueltos en el agua, así como de sus gráficos en tiempo real correspondientes para cada una de las dos piscinas.



Figura 66. Botón de acceso a gráficos del proceso.

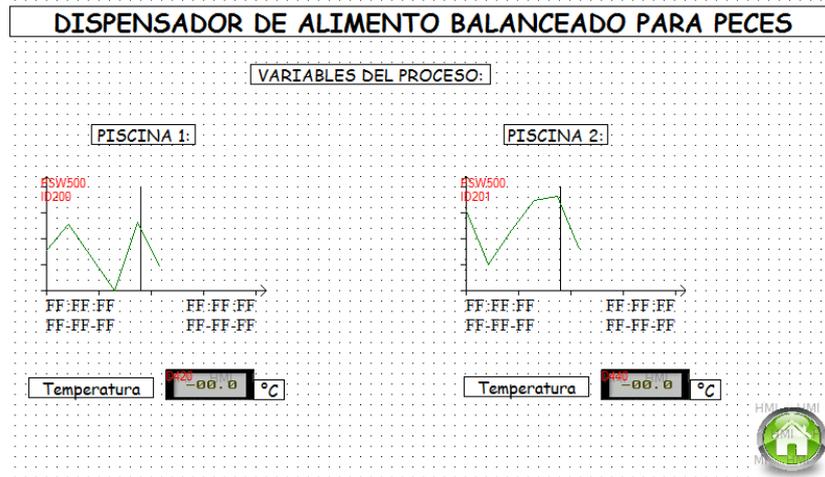


Figura 67. Ventana de gráficos del proceso.

12. Mantenimiento.- Al presionar este botón y después de ingresar la clave de seguridad del sistema, se despliega una ventana donde se puede manipular el movimiento del motor en cualquier dirección de forma manual, siempre y cuando este presionado el botón de PARO DE EMERGENCIA (Luz roja encendida).



Figura 68. Ventana de mantenimiento.

13. El botón DESCARGAR se lo presiona una vez que el dispensador se ubique en la posición adecuada para vaciarlo, al ser accionado el operador dispondrá de 30 segundos para acudir al dosificador y colocar un contenedor para recibir el alimento expulsado. Al concluir este proceso debe acercarse al armario de control y tener aplastado el botón RESETEAR durante 10 segundos para finalizar este proceso.



Figura 69. Botón descargar.

5.5. MANTENIMIENTO

La limpieza como la revisión de las conexiones para un perfecto funcionamiento se lo debe realizar una vez cada mes desde la primera puesta en marcha del equipo.

5.5.1. LIMPIEZA EXTERIOR DEL DISPENSADOR

1. Quitar la energía del sistema.
2. Emplear una tela húmeda y suave de algodón para no dañar la superficie, y de esta manera conservar su estética.

5.5.2. LIMPIEZA INTERIOR DEL DISPENSADOR

1. Quitar la energía del sistema.

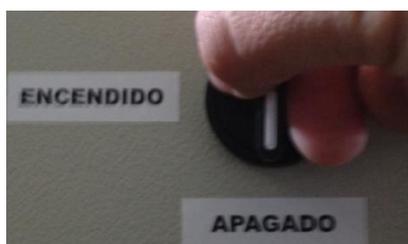


Figura 70. Apagar el sistema.

2. Desconectar los cables del sistema.



Figura 71. Desconexión de cables del sistema.

3. Desmontar el embace contenedor de alimento balanceado, aflojando el tornillo que lo sujeta por medio de la mariposa, y dirigirlo al área en la cual se va a realizar la limpieza, la misma que debe estar ubicada en un lugar seco.

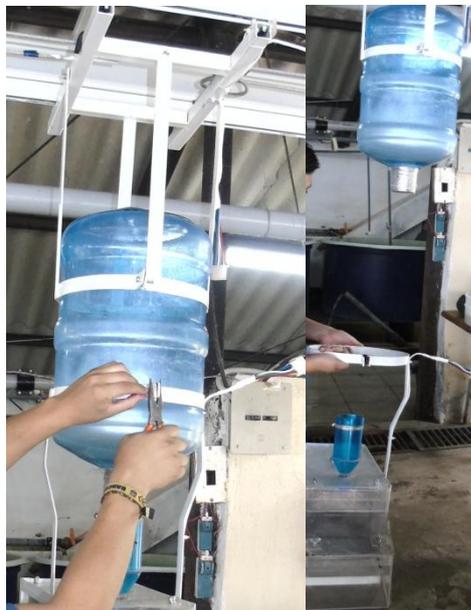


Figura 72. Desmontaje de embace contenedor.

4. Quitar las mariposas de la tapa superior del dispensador y con mucho cuidado desmontarla de los tornillos que la sujetan.



Figura 73. Desmontaje de la tapa superior del dispensador.

5. Retirar la tapa superior junto con el contenedor de alimento para tener acceso a la parte interna del dispensador.



Figura 74. Desmontaje de la tapa y acceso a la parte interna del dispensador.

6. Emplear una tela húmeda y suave de algodón para no dañar la superficie, y de esta manera conservar su estética.



Figura 75. Limpieza interna.

7. Una vez realizados los trabajos de limpieza tanto en el contenedor de alimento balanceado como en la máquina dispensadora se procede a su montaje y puesta en marcha.
8. Montar la tapa superior del dispensador a los tornillos que la sujetan y ajustar las mariposas con mucho cuidado.



Figura 76. Montaje de la tapa superior del dispensador.

9. Ubicar el embace contenedor de alimento balanceado, ajustando fuertemente el tornillo que lo sujeta por medio de la mariposa.



Figura 77. Montaje del dispensador

10. Conectar los cables y energizar el sistema.

5.6. PROBLEMAS Y POSIBLES SOLUCIONES

En caso de presentarse inconvenientes en el normal funcionamiento de la máquina dispensadora de alimento balanceado consultar la tabla presentada a continuación.

Tabla 14

Problemas y posibles soluciones.

PROBLEMA	SOLUCIÓN	Cambiar Motor Dosificador.	Verificar que el botón de encendido del Blower este activo.	Desactivar el botón de paro de emergencia.	Revise la conexión de los cables del PLC a la pantalla Touch.	Revise que las conexiones de los socket del dispensador estén correctamente conectadas.	Revisar que todos los enchufes, que se encuentran dentro del armario de control estén conectados.	Revise que exista material sobre el nivel indicado en la tolva.	Revise si hay energía eléctrica.	Revise que breaker de alimentación este activo.
No hay luz de encendido. (luz verde)		●	●	●	●					
No muestra nada la pantalla		●	●		●					
El motor no Gira				●		●	●			
El aspersor no se activa.			●			●				
La luz roja del armario de control está encendida.				●						
No se acciona el motor dosificador.						●	●			●
Mensaje de error de comunicación en la Pantalla Touch.					●					
El sistema no empieza la dosificación, luego de ingresar los parámetros requeridos				●		●	●	●		

CAPITULO 6

PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se detalla todas las pruebas realizadas al equipo dispensador automático móvil de alimento balanceado para peces, correspondientes a la parte mecánica, electrónica y del sistema dosificador.

Es sumamente importante realizar las pruebas a continuación descritas, para verificar el correcto funcionamiento del sistema que se está implementando, con la finalidad de que este cumpla con los parámetros requeridos por el usuario y además sirva como una herramienta para realizar correcciones en caso de así requerirlas.

6.2. PLAN DE PRUEBAS

6.2.1. PRUEBAS DEL SISTEMA MECÁNICO

Corresponde a las pruebas de movimiento del carro móvil, que desplaza el dispensador de una piscina a otra para que este dosifique los gramos necesarios en cada una de ellas.

PRUEBAS DE DESPLAZAMIENTO DEL CARRO.

Al momento de energizar el sistema, y presionar el botón INICIAR, se acciona el motor que por medio del cable de acero recubierto y las poleas movilizará el carro al que está sujeto el dispensador y por medio de un fin de carrera abatible el dispensador se posiciona en la primera piscina por programación, una vez que el dispensador termina de dosificar se enciende el motor en el mismo sentido y se ubica en la segunda piscina por medio de un segundo fin de carrera, dispensa el alimento necesario y por programación nuevamente se enciende el motor en sentido contrario hasta

su posición de HOME dada por un fin de carrera ubicado antes de la primera piscina.

El parámetro para realizar las pruebas de desplazamiento es:

- El tiempo que se tarda el carro en llegar de una posición a otra, las posiciones se detallan en la hoja de pruebas mecánicas de la

A partir de este tiempo se calcula la velocidad de desplazamiento ya que se tiene las posiciones exactas a una determinada distancia.

Tabla 15

Resumen de hoja de pruebas.

N°	POSICIONES								
	Home – Piscina 1			Piscina 1 – Piscina 2			Piscina 2 - Home		
	D	T	V	D	T	V	D	T	V
	m	s	m/s	m	s	m/s	m	s	m/s
1	1	1.5	0.67	4	6.5	0.62	5	7.99	0.63
2	1	1.54	0.64	4	6.5	0.62	5	8.08	0.62
3	1	1.58	0.63	4	6.38	0.63	5	8.09	0.62
4	1	1.56	0.64	4	6.45	0.62	5	8.06	0.62
5	1	1.5	0.67	4	6.45	0.62	5	8.12	0.62
6	1	1.58	0.63	4	6.47	0.62	5	8.08	0.62
7	1	1.58	0.63	4	6.48	0.62	5	8.11	0.62
8	1	1.54	0.64	4	6.47	0.62	5	8.05	0.62
9	1	1.58	0.63	4	6.49	0.62	5	8.12	0.62
10	1	1.56	0.64	4	6.49	0.62	5	8.09	0.62

6.2.2. PRUEBAS DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Corresponde a la pruebas de dosificación del alimento en gramos, la cantidad de gramos esparcidos por el aspersor hacia la piscina, la cantidad

de gramos perdidos que no dispersa el aspersor y la distancia a la que cae el alimento balanceado para verificar si la comida cae dentro de la piscina.

PRUEBAS DE DOSIFICACIÓN

Para realizar estas pruebas se ingresa en la interfaz HMI, la cantidad de gramos que se requiere dispensar en cada piscina, a continuación se presiona el botón INICIAR, al iniciarse el sistema el dispensador se moviliza y se ubica en la primera piscina, una vez posicionado el dispensador, el motor DC activa y desactiva las descargas de alimento correspondientes al número de veces necesarias para dispensar los gramos requeridos, el aspersor permanece encendido durante todo el proceso para esparcir el balanceado hacia la piscina, este proceso se repite para la segunda piscina.

De acuerdo con el proceso de dosificación descrito anteriormente los parámetros que intervienen en las pruebas son:

- Cantidad de gramos dosificados.
- Cantidad de gramos esparcidos por el aspersor hacia la piscina.
- Cantidad de gramos perdidos que no esparció el aspersor.
- Distancia a la que cae el alimento.

A continuación se muestran las tablas 16 y 17 necesarias para llevar un adecuado control del funcionamiento de la máquina dispensadora de alimento balanceado.

Tabla 16

Control de funcionamiento de la máquina.

ITEM	CALIFICACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
Aspersor						
Contenedor de masa (10g)					X	
Dosificador					X	
Armario de Control					X	
Contenedor de alimento balanceado					X	
Contenedor de Accesorios					X	
Estructura de Soporte					X	
Cámara de Dosificación					X	
Conexiones					X	
Conjunto (Presentación)					X	

Tabla 17

Control de funcionamiento de la máquina.

ITEM	CALIFICACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
DISEÑO MECÁNICO						
Estructura					X	
Mecanismo móvil					X	
Facilidad de Montaje				X		Capacitación al personal.
Seguridad					X	
DISEÑO ELECTRÓNICO						
Interfaz de usuario					X	
Conexiones					X	
Panel de Control					X	
OPERATIVIDAD						
Ruido de desplazamiento					X	
Desplazamiento del Cable				X		Verificar el enredo de cable.
Obstáculos al desplazamiento					X	
Velocidad de desplazamiento					X	
Distancia del Panel al Equipo					X	
Facilidad de Uso					X	
FUNCIONALIDAD						
Ubicación o Posicionamiento					X	
Dosificación adecuada					X	
Intervalos de Tiempo.					X	
ESTÉTICA						
Ergonómico				X		Para limpieza y mantenimiento.
Acabado					X	
Esbelto					X	
Agradable a la Vista					X	
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA						
Planos Mecánicos					X	
Diagrama de Conexiones Eléctricas					X	
Manual de Usuario					X	

CAPITULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

7.1. ANÁLISIS FINANCIERO.

7.1.1. INVERSIÓN

Para realizar el estudio financiero de la construcción del dispensador automático móvil de alimento balanceado para peces, se ha considerado los costos directos e indirectos que han intervenido en el desarrollo del mismo. Los costos directos que se han generado son: materiales mecánicos, materiales eléctricos y la mano de obra, y en los costos indirectos se ha considerado todos los costos que se han generado en conjunto con el proyecto.

Tabla 18

Costo de materiales mecánicos

MATERIALES MECÁNICOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
Correa G 80x40x15x1.5 mm	8.77	3	26.31
Tubo Cuadrado 75x2 mm	21.70	1	21.70
Corredera DUCASSE DN 80 SR	9.11	2	18.21
Riel aérea 3m	19.20	5	95.98
Ángulo 3/4x1/8 pulg.	5.45	1	5.45
Platina 1x1/8 pulg.	3.93	2	7.86
Tubo Cuadrado 25x1.5 mm	6.65	1	6.65
Polea 5 pulg.	3.27	2	6.54
Cable de Acero recubierto 7x7, diámetro 3/16 pulg.	0.72	20	14.29
Grillete de acero 3/16 pulg.	0.67	1	0.67
Rodamiento y chumacera 3/4 pulg.	6.25	2	12.50
Eje de acero AISI 1018 HR 3/4 pulg.	5.00	1	5.00
Placa de acero 25x30x3	5.00	2	10.00
Placa de acero 20x30x3	6.00	2	12.00
Placa de acero 60x50x3	13.00	1	13.00
Pintura	30.00	1	30.00
Varios	17.00	1	17.00
SUBTOTAL			303.16

Tabla 19

Costo de materiales eléctricos y electrónicos.

MATERIALES ELÉCTRICOS	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL
PLC XINJE XC3-24RT, 14IN 24VDC, 10OUT (8RY-2TRANS)	240.00	1	240.00
Touch Panel XINJE TH765, 7"	600.00	1	600.00
Modulo 6 Entradas a Termocuplas	296.00	1	296.00
Modulo Análogo XINJE, 4 entradas y 2 salidas	322.50	1	322.50
Termocuplas PT-100	38.25	2	76.50
Cable PLC-PC	28.00	1	28.00
Cable TH-PLC	28.00	1	28.00
Motor Monofasico 110 VAC, 1/8 HP	180.00	1	180.00
Motor DC 12V	12.00	1	12.00
Blower 110 VAC, ½ HP	22.00	1	22.00
Sensor de Oxigeno Vernier ODO-BTA	940.00	2	1 880.00
Sensor de Amonio Vernier NH4-BTA	433.00	2	866.00
Adaptador Analógico BTA-ELV	25.00	4	100.00
Armario de Control 40x40x20	41.95	1	41.95
Swich de 2 posiciones	1.61	1	1.61
Pulsador de Emergencia	2.36	1	2.36
Luz piloto 24 VDC, roja, amarilla y verde	1.41	3	4.23
Pulsador	2.75	1	2.75
Fin de carrera abatible	26.75	1	26.75
Micro swich	4.50	2	9.00
Riel ranurada	2.20	1	2.20
Materiales varios de electrónica	20.00	1	20.00
SUBTOTAL			4 761.85

Tabla 20

Costo de Mano de Obra.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Mano de obra técnico.	140.00
TOTAL	140.00

Tabla 21**Costos indirectos.**

DESCRIPCIÓN	VALOR
Internet, computadoras	50.00
Copias, anillados y útiles de escritorio	70.00
Otros	50.00
TOTAL	170.00

Después de haber realizado el análisis de costos generados en la construcción del dispensador de alimento balanceado para peces, se calcular el costo total de fabricación, mostrado en la Tabla 22.

Tabla 22**Costo total de fabricación del sistema dispensador.**

DESCRIPCIÓN	Valor en USD
Costo de materiales (mecánicos)	303.16
Costo de materiales (eléctricos y electrónicos)	4 761.85
Costos Indirectos	170.00
Inversión	5 235.01

7.1.2. RENTABILIDAD DEL PROYECTO.

Una vez calculada la inversión necesaria para la implementación del dispensador móvil y de acuerdo a los datos obtenidos en la pruebas, se calcula los ingresos de manera anual para posteriormente obtener la tasa interna de retorno y de esta manera saber en qué tiempo se estima que se recuperará la inversión.

De acuerdo con los datos proporcionados por el Ing. Juan Ortiz Jefe de la Unidad Productiva de Acuicultura en la Tabla 23 se detalla la producción actual de truchas por año.

Tabla 23

Datos de Producción anual por piscina

Producción Anual		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES
En 3 piscinas	9500,00	USD
Por piscina	3166,67	USD
En dos piscinas	6333,33	USD

Al implementarse el sistema de dosificación automática y al estar conformado por partes eléctricas y electrónicas, las mismas que demandan un consumo de energía eléctrica el cual afectará directamente al gasto asignado a los servicios básicos, siendo necesario calcular dicha demanda y su valor monetario, siendo así a continuación:

Tabla 24

Costo del consumo de energía eléctrica del dispensador.

Costo del consumo de energía eléctrica del dispensador				
DESCRIPCIÓN	KW	Uso Anual (horas)	Costo KWH (USD)	Costo Anual
Motor AC	230,00	9	0,1133	0,23
Blower	110,00	18	0,1133	0,22
Armario de control	110,00	2880	0,1133	35,89
TOTAL				36,35

A continuación se realiza una tabla de comparación de los gastos operativos que involucra la crianza y producción de truchas, entre los valores

actuales y posteriores a la implementación del sistema dispensador automático.

Tabla 25

Comparación de costos operativos anuales entre valores.

COSTOS OPERATIVOS ACTUALES (ANUAL)			COSTOS OPERATIVOS CON EL SISTEMA IMPLEMENTADO (ANUAL)		
Salario Empleado			Salario Empleado		
DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDADES
Salario Mensual	750,00	USD	Salario Mensual	750,00	USD
Salario por día	34,09	USD	Salario por día	34,09	USD
Salario por hora	4,26	USD	Salario por hora	4,26	USD
Tiempo empleado al mes en las dos piscinas	33,00	HORAS	Tiempo empleado al mes en las dos piscinas	5,50	HORAS
Mano de obra en las dos piscinas mensual	140,63	USD	Mano de obra en las dos piscinas mensual	23,44	USD
Mano de obra en las dos piscinas anual	1687,50	USD	Mano de obra en las dos piscinas anual	281,25	USD
Servicios Básicos			Servicios Básicos		
Anual en 20 piscinas	750,00	USD	Anual en 20 piscinas	750,00	USD
Por piscina	37,50	USD	Por piscina	37,50	USD
En dos piscinas	75,00	USD	En dos piscinas	75,00	USD
			Energía del sistema	36,35	USD
Sal en Grano			Sal en Grano		
Anual en 10 piscinas	140,00	USD	Anual en 10 piscinas	140,00	USD
Por piscina	14,00	USD	Por piscina	14,00	USD
En dos piscinas	28,00	USD	En dos piscinas	28,00	USD
Alimento Balanceado			Alimento Balanceado		
Anual en 10	5000,00	USD	Anual en 10	5000,00	USD

piscinas			piscinas		
Por piscina	500,00	USD	Por piscina	500,00	USD
En dos piscinas	1000,00	USD	En dos piscinas	1000,00	USD
TOTAL	2790,50	USD	TOTAL	1420,60	USD

De acuerdo con los datos tabulados con la implementación del proyecto los gastos se reducen de 2790,50 USD a 1420,60 USD con un ahorro anual de 1369,90 USD en las dos piscinas.

FLUJO DE EFECTIVO

Para corroborar que la inversión en el sistema automatizado es recuperable, se realiza una tabla de flujo de efectivo con una proyección de cinco años, que se detalla a continuación.

Tabla 26

Flujo de efectivo actual

RUBROS	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
INVERSIONES						
Inversión Inicial	5235,01	-	-	-	-	-
TOTAL INVERSIONES	5235,01	-	-	-	-	-
INGRESOS						
Producción Anual	-	6333,33	6553,73	6781,80	7017,81	7262,03
TOTAL INGRESOS	-	6333,33	6553,73	6781,80	7017,81	7262,03
GASTOS						
Salario del Empleado	-	1687,50	1746,23	1806,99	1869,88	1934,95
Servicios básicos	-	75,00	77,61	80,31	83,11	86,00
Alimento Balanceado	-	1000,00	1034,80	1070,81	1108,08	1146,64
Sal en grano	-	28,00	28,97	29,98	31,03	32,11
TOTAL GASTOS	-	2790,50	2887,61	2988,10	3092,08	3199,69
FLUJO DE EFECTIVO	-5235,01	3542,83	3666,12	3793,71	3925,73	4062,34

Tabla 27

Flujo de efectivo con la implementación del sistema.

RUBROS	AÑO					
	0	1	2	3	4	5
INVERSIONES						
Inversión Inicial	5235,01	-	-	-	-	-
TOTAL INVERSIONES	5235,01	-	-	-	-	-
INGRESOS						
Producción Anual	-	6333,33	6553,73	6781,80	7017,81	7262,03
TOTAL INGRESOS	-	6333,33	6553,73	6781,80	7017,81	7262,03
GASTOS						
Salario del Empleado	-	281,25	291,04	301,17	311,65	322,49
Servicios básicos	-	111,35	115,23	119,24	123,39	127,68
Alimento Balanceado	-	1000,00	1034,80	1070,81	1108,08	1146,64
Sal en grano	-	28,00	28,97	29,98	31,03	32,11
TOTAL GASTOS	-	1420,60	1470,04	1521,20	1574,13	1628,91
FLUJO DE EFECTIVO	-5235,01	4912,73	5083,69	5260,61	5443,68	5633,12

Las tablas 26 y 27 muestran el flujo de efectivo actual y con la implementación del sistema respectivamente, con la finalidad de realizar una comparación del ahorro que genera la implementación del sistema, misma que se detalla a continuación.

Tabla 28

Ahorro anual con la implementación del sistema.

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO ACTUAL	FLUJO DE EFECTIVO CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	AHORRO
0	-5235,01	-5235,01	
1	3542,83	4912,73	1369,90
2	3666,12	5083,69	1417,57
3	3793,71	5260,61	1466,90

4	3925,73	5443,68	1517,95
5	4062,34	5633,12	1570,77

Como se puede observar la implementación del sistema produce un ahorro significativo en comparación con el costo de la inversión del mismo.

CALCULO DEL VAN Y TIR

A partir de la Tabla 29 se calcula el Valor actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) que determinará la factibilidad o no del proyecto.

Tabla 29

Resumen por años del flujo de efectivo.

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO
0	-5235,01
1	4912,73
2	5083,69
3	5260,61
4	5443,68
5	5633,12

$$VAN = -Inversión + \frac{FE_1}{(1+i)^1} + \frac{FE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FE_n}{(1+i)^n}$$

Dónde:

VAN: Valor actual neto

FE: Flujo de Efectivo

i: Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Para calcular i (TMAR) se tiene que

$$TMAR = i_1 + f + (i_1 \cdot f)$$

Dónde:

i_1 : Premio al riesgo

f : Inflación.

Para el proyecto se ha impuesto un premio al riesgo del 10%, y la inflación actual es de 3.78% por lo tanto el cálculo de la TMAR será.

$$TMAR = 0.1 + 0.0378 + ((0.1) \cdot (0.0378))$$

$$TMAR = 0.1416$$

$$TMAR = 14.16\%$$

Con este valor se calcula el VAN y el TIR:

$$VAN = -5235.01 + \frac{4912,73}{(1 + 0.1416)^1} + \frac{5083,69}{(1 + 0.1416)^2} + \frac{5260,61}{(1 + 0.1416)^3} + \frac{5443,68}{(1 + 0.1416)^4} + \frac{5633,12}{(1 + 0.1416)^5}$$

$$VAN = -5235.01 + 4303,37 + 3900,78 + 3535,85 + 3205,06 + 2905,22$$

$$VAN = 12615,28$$

La TIR se obtiene en Excel, con la expresión:

$$= TIR(L23:L28)$$

Donde L23:L28, son los valores de flujo de efectivo tomando en cuenta la inversión, este valor TIR es de 93%.

BENEFICIO – COSTO

La relación Beneficio-Costo (B/C) compara de forma directa los beneficios y los costos. Para calcular la relación (B/C), primero se halla la suma de los beneficios, y se divide sobre la suma de los costos traídos al presente, es decir se calcula el VAN en los dos casos.

La relación (B/C) puede tener los siguientes resultados:

- B/C > 1 quiere decir que los beneficios superan los costos, por consiguiente el proyecto debe ser considerado.
- B/C=1 en este caso no hay ganancias, pues los beneficios son iguales a los costos.
- B/C < 1, muestra que los costos superan los beneficios, y el proyecto no se debe considerar.

En la siguiente tabla se presentan los valores del VAN de los beneficios y costos

Tabla 30

Relación Beneficio – Costo.

Relación Beneficio – Costo		
AÑO	COSTOS	BENEFICIOS
0	5235,01	
1	1420,60	6333
2	1470,04	6554
3	1521,20	6782
4	1574,13	7018
5	1628,91	7262
	VAN	VAN
	10396,73	23012,01

$$Relación (B/C) = \frac{23012,01}{10396,73}$$

$$\text{Relación (B/C)} = 2,21$$

Como el VAN es positivo y el TIR es de 93%, y la relación (B/C) es mayor a 1 quiere decir que el proyecto es rentable y se puede implementar.

7.1.3. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSION

De los datos obtenidos anteriormente en el flujo de efectivo se analiza las ganancias por año y a partir de estas se determinará el tiempo estimado para recuperar la inversión.

La utilidad en el primer año es de 4912,73 USD, y la inversión es de 5235.01 USD, por lo tanto la diferencia entre la inversión y utilidad del primer año corresponde al valor faltante para cubrir la inversión, este valor se calcula a continuación.

$$\text{Inversión a recuperar} = 5235.01 - 4912,73$$

$$\text{Inversión a recuperar} = 322,28 \text{ USD}$$

$$\text{Tiempo de rentabilidad} = \frac{322,28 \text{ USD} \cdot 365 \text{ días}}{5083,69 \text{ USD}}$$

$$\text{Tiempo de rentabilidad} = 23,14 \text{ días} \approx 24 \text{ días del segundo año.}$$

Por lo tanto se estima que el dinero de la inversión se recuperará, en 1 año y 24 días.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la implementación del proyecto se reduce el tiempo que actualmente el operario emplea en el proceso de alimentación de 90 a 15 minutos lo que significa la reducción de los costos operativos de 2790,50 USD a 1420,60USD y esto representa un ahorro del 49,1% del total de gastos anuales en la actualidad.

Al realizar la dosificación del alimento balanceado en intervalos de tiempo, cantidad y número de veces al día de acuerdo a los parámetros normados en los manuales de crianza industrial de truchas, se estima la disminución del factor de conversión alimenticio (FCA) de 1,5 a 1,2, lo cual conlleva a que la crianza de truchas arco iris se desarrolle en óptimas condiciones y se consigan ejemplares de mejor calidad tanto en tamaño como en peso, en comparación con los peces cuyo proceso de alimentación se realizó en forma manual.

Debido a que la alimentación es constante y está en continuo monitoreo esto permite tomar decisiones adecuadas en el momento oportuno, disminuyendo de esta manera la mortalidad de los ejemplares y reduciendo el tiempo de producción de 8 a 6,5 meses.

De acuerdo al análisis económico realizado, el beneficio – costo calculado es mayor a 1 lo que significa que la implementación del proyecto es factible, genera ganancias de acuerdo con la proyección de flujo de

efectivo y la inversión es recuperable en 1 año y 24 días a partir de su puesta en marcha.

Para obtener una mejor producción global de truchas y disminuir aún más los costos de producción, se recomienda implementar el sistema dosificador en todas las piscinas del área de piscicultura encargadas a la crianza de truchas arco iris.

Se recomienda realizar un seguimiento del peso ganado de los peces de acuerdo a la cantidad de alimento balanceado suministrado, para determinar la eficiencia en la crianza y verificar la reducción del FCA.

REFERENCIAS

- (29 de 10 de 2015). Recuperado el 2015, de <http://tolvasautomaticas.es/tipos-de-tolvas-automaticas>
- Askeland, D. R. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. México: International Thomson Editores S.A.
- BEER, F. P., & JOHNSTON, E. R. (2010). Módulo de sección. En F. P. BEER, & E. R. JOHNSTON, *Mecánica de Materiales* (pág. 217). México: McGraw-Hill.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). En R. G. Budynas, & J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (pág. 984). México: McGraw-Hill.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). En R. G. Budynas, & J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (pág. 1004). México: McGraw-Hill.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). En R. G. Budynas, & J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (pág. II). México: Mc Graw Hill.
- Cachafeiro, M. C. (1995). Alimentación. En M. C. Cachafeiro, *La Trucha: Cría Industrial* (pág. 361). Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.
- Cachafeiro, M. C. (1995). Amoníaco. En M. C. Cachafeiro, *La Trucha: Cría Industrial* (pág. 292). Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.
- Cachafeiro, M. C. (1995). *La Trucha: Cría Industrial*. Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.
- Cachafeiro, M. C. (1995). Oxígeno. En M. C. Cachafeiro, *La Trucha: Cría Industrial* (pág. 235). Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.
- Cachafeiro, M. C. (1995). Temperatura. En M. C. Cachafeiro, *La Trucha: Cría Industrial* (pág. 234). Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.
- DIPAC. (2011). *Catálogo*. Manta.
- Fajardo, C. H., & Sánchez, H. D. (2006). *DISEÑO, MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE MÁQUINA DOSIFICADORA DE ALIMENTO GRANULADO PARA ANIMALES*. Bogota: Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero de Diseño & Automatización Electrónica.
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Pearson.

Mott, R. L. (2006). Factor de Seguridad. En R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas* (pág. 185). México: Pearson.

Mott, R. L. (2006). Fuerza sobre poleas. En R. L. Mott, *Diseño de Elementos de Máquinas* (pág. 539). México: Pearson.

Salvador Cardona Foix, D. C. (2001). *Teoría de Máquinas*. Ediciones UPC.

BIBLIOGRAFÍA

(29 de 10 de 2015). Recuperado el 2015, de <http://tolvasautomaticas.es/tipos-de-tolvas-automaticas>

Askeland, D. R. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. México: International Thomson Editores S.A.

BEER, F. P., & JOHNSTON, E. R. (2010). Módulo de sección. En F. P. BEER, & E. R. JOHNSTON, *Mecánica de Materiales*. México: McGraw-Hill.

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). En R. G. Budynas, & J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill.

Cachafeiro, M. C. (1995). Alimentación. En M. C. Cachafeiro, *La Trucha: Cría Industrial*. Madrid: Mundi Prensa Libros S.A.

Fajardo, C. H., & Sánchez, H. D. (2006). *DISEÑO, MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE MÁQUINA DOSIFICADORA DE ALIMENTO GRANULADO PARA ANIMALES*. Bogota: Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero de Diseño & Automatización Electrónica.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México: Pearson.

Salvador Cardona Foix, D. C. (2001). *Teoría de Máquinas*. Ediciones UPC.