

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA:

"CONTROL DE UNA ESTACIÓN DE MEZCLA PARA LA DOSIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE BEBIDAS, APLICABLE AL SISTEMA DE ENVASADO Y EMBOTELLADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA"

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENÍERO MECÁNICO

AUTOR: Néstor Fabián Medina Villegas

Ambato – Ecuador

Enero, 2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **"**CONTROL DE UNA ESTACIÓN DE MEZCLA PARA LA DOSIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE BEBIDAS, APLICABLE AL SISTEMA DE ENVASADO Y EMBOTELLADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**"**; elaborado por la Sr. Néstor Fabián Medina Villegas, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Octubre 2014

……

Ing. Mauricio Carrillo

Director de Tesis

AUTORÍA DE TRABAJO

Declaro que los criterios emitidos en este trabajo de investigación, así como las ideas, análisis, conclusiones, recomendaciones, propuestas y demás en el tema "CONTROL DE UNA ESTACIÓN DE MEZCLA PARA LA DOSIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE BEBIDAS, APLICABLE AL SISTEMA DE ENVASADO Y EMBOTELLADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA" son de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor del presente proyecto, con la tutoría del Ingeniero Mauricio Carrillo.

……

Egdo. Néstor Fabián Medina

AUTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado primero a Dios por darme fuerza para continuar en las metas que me he forjado, a mis padres Néstor Medina y Gladys Villegas quienes me dieron la vida y son el motor que me impulsa día a día para continuar en el trayecto de mis objetivos, a mi esposa Janina Ponce, mis adoradas hijas Tammya Medina y Camila Medina quienes con su alegría y sencillez me dan siempre fuerzas para luchar por las metas que me impuesto , a mis hermanas Gioconda, Mónica, y Fernanda que con sus palabras de apoyo iluminaron mi mente para la terminación de este proyecto y poderme superar personalmente

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que con su sacrificio realizado me apoyaron siempre para que continúe con mis estudios y poder culminar con mi carrera.

A mis hermanas que con sus palabras sabias me impulsaron a realizar una de las metas más importantes de mi vida.

A mi esposa y mis hermosas hijas por el apoyo incondicional para el desarrollo de esta tesis de graduación.

El agradecimiento especial al Ingeniero Mauricio Carrillo que más que tutor es un amigo, quien con su conocimiento, paciencia y apoyo incondicional durante todo este tiempo de estudiante supo brindarme todas las bases para culminar con este proyecto.

A mis amigos y compañeros, en especial a Ladislao Cuesta que me brindo su colaboración en los momentos que más difíciles de este trabajo.

A todos los ingenieros que con esfuerzo y dedicación impartieron sus conocimientos los cuales me llenaron de sabiduría e inteligencia en toda mi vida universitaria.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN II
AUTORÍA DE TRABAJO..... III
DEDICATORIA..... IV
AGRADECIMIENTO..... V
RESUMEN EJECUTIVO XIV

CAPÍTULO I

1. Problema de Investigación 1
1.1. Tema 1
1.2. Planteamiento del Problema 1
1.2.1. Contextualización..... 1
1.2.2. Análisis Crítico 2
1.2.3. Prognosis. 3
1.2.4. Formulación del Problema. 3
1.2.5. Interrogantes del problema. 4
1.2.6. Delimitación del Problema. 4
1.2.7. Delimitación Espacial. 4
1.3. Justificación. 5
1.4. Objetivos. 5
1.4.1. Objetivo General. 5
1.4.2. Objetivos Específicos. 5

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico 7
2.1. Antecedentes Investigativos. 7
2.2. Fundamentación Filosófica. 8
2.3. Fundamentación Legal. 8
2.4. Red de Categorías Fundamentales. 10
2.4.1. Gráficos de Inclusión Interrelacionados..... 10

2.4.2. Fundamentación Filosófica. 11
2.4.3. Diseño de Elementos Mecánicos. 12
2.4.4. Diseño Mecánico. 13
2.4.5. Preparación y Dosificación de Bebidas 17
2.4.6. Ingeniería Mecánica 24
2.4.7. Automatización. 25
2.4.8. Estaciones de Mezcla. 36
2.5. Hipótesis 41
2.6. Señalamiento de Variables 41
2.6.1. Variable Independiente 41
2.6.2. Variable Dependiente 41
2.6.3. Términos De Relación 41

CAPÍTULO III

3. Metodología 42
3.1. Modalidad básica de la investigación. 42
3.1.1. Enfoque. 42
3.1.2. Modalidad de la Investigación. 42
3.2. Tipo de Investigación. 43
3.3. Población y Muestra 43
3.4. Operación de Variables 44
3.4.1. Variable Independiente 44
3.4.2. Variable Dependiente 45
3.5. Técnicas de Recolección de La Investigación 46
3.6. Procesamiento y Análisis de la Información 46
3.6.1. Plan De Procesamiento de la Información 46

CAPÍTULO IV

4. Análisis e Interpretación de Resultados 47
4.1. Análisis de Resultados. 47
4.1.1. Parámetros de Funcionamiento 47
4.1.2. Conformación de Alternativas. 48
4.1.3. Selección del Método Adecuado de Control Lógico Programable. 53
4.1.4. Parámetros de Evaluación: 53
4.1.5. Clasificación de Estaciones de Mezcla 59
4.1.6. Modelo C.- Tanque de Mezclado de Alta Calidad Anticorrosiva... 62
4.1.7. Parámetros de Evaluación: 64
4.2. Interpretación de datos. 69
4.3. Verificación de Hipótesis 69

CAPÍTULO V

5. Conclusiones Recomendaciones 71
5.1. Conclusiones 71
5.2. Recomendaciones 71

CAPÍTULO V I

6. Propuesta 73
6.1. Datos Informativos 73
6.1.1. Título 73
6.2. Antecedentes de la Propuesta 74
6.3. Justificación 74
6.4. Objetivos 75
6.4.1. Objetivo General 75
6.4.2. Objetivos Específicos 75
6.5. Análisis de Factibilidad 75
6.5.1. Prueba de Mezcla 76

6.5.2. Comprobación de Resultados 88
6.6. Fundamentación 89
6.6.1. Parámetros de la Estación de Mezcla 89
6.6.2. Sistemas que Constituyen la Estación de Mezcla 89
6.6.3. Sistema Hidráulico 89
6.6.4. Selección de la bomba 89
6.6.5. Reguladores de presión 91
6.6.6. Tanques de 5 Galones de Presurizado y Envasado. 92
6.6.7. Tanques de CO_2 93
6.6.8. Conectores para Tanques de Envasado 94
6.6.9. Sistema Eléctrico y Control 95
6.6.10. Sistema eléctrico 95
6.6.11. Fuente de Poder 95
6.6.12. Caja de Revisión y Cableado 96
6.6.13. PLC (Controlador Lógico Programable) 97
6.6.14. Funcionamiento de la estación de mezcla 100
6.6.15. Diagrama de Potencia 103
6.6.16. Sistema neumático 104
6.6.17. Selección del tanque de cristal 104
6.6.18. Cálculo de la densidad del fluido a mezclar 106
6.6.19. Selección de la hélice 108
6.6.20. Cálculo de la vorticidad generada por el egitador 120
6.6.21. Imágenes de la repotenciación de la estación de mezcla. 125
6.6.22. Pruebas de funcionamiento de la Estación de Mezcla. 128
6.7. Metodología 129
6.8. Administración 130
6.8.1. Costo de materiales 130

6.8.2. Costos Indirectos 131
6.8.3. Costos totales de Inversión 132
6.8.4. Financiamiento 132
6.9. Previsión de la investigación 132
7.- BIBLIOGRAFÍA 145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Mescladora de Chocolate 7
Figura 2.2: Red de Categorías Fundamentales 10
Figura 2.3: Definición de Producción 12
Figura 2.4: Manipulador industrial Yasukawa Motoman L-3 13
Figura 2.5: Dosificación y Mezcla 18
Figura 2.6: Agitadores de hélice 21
Figura 2.7: Agitadores de paletas 23
Figura 2.8: Agitadores de turbina 24
Figura 2.9: Sensor de reflexión directa definida 28
Figura 2.10: Controladores Lógicos Programables 31
Figura 2.11: Sistema de control por retroalimentación 33
Figura 2.12: Sistema de control de lazo abierto (Calefacción de una habitación) 34
Figura 2.13: Elementos de un sistema de control de lazo cerrado 34
Figura 2.14: Elementos de un sistema de medición 35
Figura 2.15: Mezclador-dosificador para bebidas 37
Figura 2.16: Sistema en línea de mezclado continúo 38
Figura 2.17: Mezclador dinámico para bebidas gaseosas CARBOJET 39
Figura 2.18: Tanque mezclador hbp 40003 para bebidas de línea de producción. 40
Figura 2.19: Mezclador Dinámico para bebidas Contiflow 41
Figura 4.1: Control por Computadoras 48
Figura 4.2: Micro Controladores 50

Figura 4.3: Controlador Autómata Programable 51
Figura 4.4: Mezclador Centrífugo MCD Turmix 60
Figura 4.5: Estación de mezcla IPA 61
Figura 4.6: Tanque de mezcla de alta calidad Anticorrosivo 63
Figura 6.1: Refractómetro 77
Figura 6.2: Medición de los grados Brix del jarabe concentrado y el agua purificada 78
Figura 6.3: Prueba de mezcla con medición de presión 79
Figura 6.4: Viscosímetro de Cannon-Fenske 82
Figura 6.5: Proceso de utilización del viscosímetro 83
Figura 6.6: Prueba de Funcionamiento Automática 87
Figura 6.7: Bomba de Jarabe y Agua Procon 90
Figura 6.8: Reguladores de Presión 92
Figura 6.9: Tanques de Presurizado y Envasado 93
Figura 6.10: Cilindro de Co2 94
Figura 6.11: Conectores para Tanques de Envasado 95
Figura 6.12: Fuente de Poder 96
Figura 6.13: Caja de Revisión y Cableado 96
Figura 6.14: Control lógico programable 98
Figura 6.15: Control Lógico programable (circuito de conexión) 99
Figura 6.16: Control Lógico programable (circuito de conexión) 100
Figura 6.17: Control Lógico Programable (Programación) 101
Figura 6.18: Control Lógico Programable (Programación Ciclico) 103
Figura 6.19: Diagrama de conexión Neumática 104
Figura 6.20: Vitrolero barril de cristal Con Tapa De Vidrio 20 Lts cristal 105
Figura 6.21: Calculo de la densidad del jarabe 106
Figura 6.22: Hélice Marina de 4 Palas 108
Figura 6.23: Correlación del número de Reynolds con el número potencia 110
Figura 6.24: Diagrama de cuerpo libre 117
Figura 6.25: Perfil de vórtice forzado 121
Figura 6.26: Perfil de vórtice forzado 122
Figura 6.27: Medición del vórtice producido por la estación de mezcla 122

Figura 6.28: Vórtice Forzado generado por la estación de mezcla 124
Figura 6.29: Repotenciación de la estación de mezcla 126
Figura 6.30: Estación de mezcla repotenciada 127
Figura 6.31: Metodología de la Estación de Mezcla 129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Sensores Opto electrónicos más comunes 29
Tabla 3.1: Control de una estación de mezcla 44
Tabla 3.2: Preparación y dosificación de bebidas 45
Tabla 3.3: Técnicas de recolección de la Información 46
Tabla 4.1: Valores asignados para la tabulación de ponderaciones 53
Tabla 4.2: Valoración de parámetros para selección de alternativas 54
Tabla 4.3: Evaluación del peso específico del criterio Costo 55
Tabla 4.4: Evaluación del peso específico del criterio Espacio 56
Tabla 4.5: Evaluación del peso específico del criterio Espacio 57
Tabla 4.6: Evaluación del peso específico del criterio Montaje 58
Tabla 4.7: Evaluación del peso específico del criterio Tecnología 59
Tabla 4.8: Conclusiones 59
Tabla 4.9 Valoración de parámetros para selección de alternativas 64
Tabla 4.10: Evaluación del peso específico del criterio Costo 65
Tabla 4.11: Evaluación del peso específico del criterio Montaje 66
Tabla 4.12: Evaluación del peso específico del criterio Manejo 67
Tabla 4.13: Evaluación del peso específico del criterio Medición 68
Tabla 4.14: Evaluación del peso específico del criterio Control 68
Tabla 4.15: Conclusiones 69
Tabla 6.1: Grados Brix obtenidos por medición en el Refractómetro 77
Tabla 6.2: Valores de grados Brix obtenidos 78
Tabla 6.3: Medición de la Densidad de la muestra Coca Cola 80
Tabla 6.4: Medición de la Densidad de la muestra Pepsi 80

Tabla 6.5: Medición de la Densidad de la muestra Tropical..... 81
Tabla 6.6: Toma del tiempo generado en el viscosímetro 84
Tabla 6.7: Toma del tiempo generado en las diferentes mezclas..... 85
Tabla 6.8: Prueba de Funcionamiento Automática..... 87
Tabla 6.9: Tabla de promedios 88
Tabla 6.10: Especificaciones de la bomba 90
Tabla 6.11: Especificaciones de la caja de revisión..... 97
Tabla 6.12: Especificaciones del PLC FL010..... 97
Tabla 6.13: Medición de la densidad 107
Tabla 6.14: Descripción de la hélice..... 109
Tabla 6.15: Valores de la constante KL y KT..... 114
Tabla 6.16: Recomendaciones generales para la ubicación de impulsores..... 115
Tabla 6.17: Datos obtenidos mediante la medición del vórtice 123
Tabla 6.18: Datos obtenidos mediante las pruebas 128
Tabla 6.19: Costo de Materiales..... 130
Tabla 6.20: Costos Indirectos..... 131
Tabla 6.21: Costos Indirectos..... 132
Tabla 6.22: Costos Totales de Inversión..... 132

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo “Control de una Estación de Mezcla para la Dosificación y Preparación de bebidas, aplicable al sistema de Envasado y Embotellado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica” está orientado al estudio de un sistema de mezcla por agitación de hélice, el cual mejore tiempos de producción el dosificado y envasado en el proceso de embotellado de los laboratorios de Automatización.

En sus inicios se recopila información básica acerca del proceso de mezclado de bebidas, los tipos de estaciones de mezcla existentes y las bases teóricas que ayuda a la comprensión del funcionamiento, comportamiento y tipos de mezcla en un determinado tiempo.

Para seleccionar del sistema de control y la máquina adecuada se realizó las ponderaciones tomando en cuenta las siguientes características: costo, espacio, manejo, tecnología, y control de la mezcla, la facilidad de manejo, montaje y medición. Finalmente al haber obtenido la opción acorde a nuestras necesidades se procede a diseñar y seleccionar los elementos que conforman la estación de mezcla por agitación de hélice

La selección de los componentes que conforman la estación, se realizó un esquema del proceso de funcionamiento de cada uno de los elementos de la misma, también se presenta documentación que facilita el procedimiento y selección de los accesorios y elementos eléctricos etc.

EXECUTIVE SUMMARY

This paper "Controlling a station Mix Dosage and Preparation of drinks, applicable to system Packaging and Bottling of the Faculty of Civil Engineering and Mechanics" is oriented to the study of a system of mixture by stirring propeller, which improve production times the dosing and packaging in the bottling process automation labs.

At its inception basic information about the process of mixing drinks is collected, the types of stations existing mix and theoretical bases that helps understanding the functioning, behavior and types of mixture at a given time.

To select the control system and the right machine weights was performed taking into account the following: cost, space, management, technology, and mixture control, ease of handling, assembly and measurement. Finally having obtained the option according to our needs proceeds to design and select the elements of the station mixture by stirring propeller

The selection of the components that make up the station, an outline of process operation of each of the elements thereof are made, information that facilitates the procedure and selection of accessories and electrical elements is also presented etc
|

CAPÍTULO I

Problema de Investigación

1.1.Tema

CONTROL DE UNA ESTACIÓN DE MEZCLA PARA LA DOSIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE BEBIDAS, APLICABLE AL SISTEMA DE ENVASADO Y EMBOTELLADO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Contextualización

El desarrollo del presente proyecto surge debido a la necesidad de implementar elementos propicios y prácticos en el Laboratorio de Automatización y a la vez mejorar los conocimientos teóricos de los estudiantes con la implementación de un métodos práctico que beneficie tanto a estudiantes como a la facultad, proporcionando así la educación de calidad que todos buscamos en conjunto para formar parte del desarrollo humano de las personas en el diario vivir.

La creciente demanda de bebidas saborizadas a nivel mundial, ha desarrollado la implementación de nuevas y modernas fábricas constituidas por estaciones de mezcla automatizadas a gran escala que sirven para la producción de este líquido, ya que conforme a las necesidades, en las grandes industrias han adoptado las formas más novedosas de tratar a las bebidas como el sustento diario para las mesas de los hogares, visto estas necesidades y el mundo globalizado de hoy en día, se han levantado empresas líderes tales como Pepsi cola, Sab Miller, entre otras y la más conocida a nivel mundial, Coca Cola, empresa que comercializa más de 500 marcas Registradas entre aguas, jugos, te listo para beber y bebidas deportivas asiendo de este producto el más vendido en todo el mundo.

En el Ecuador la demanda de bebidas, posee un importante mercado, ya que la existencia de diversas marcas y sabores, provoca un consumo masivo, influyendo directamente en el desarrollo de cada empresa, en el ámbito nacional existen un considerable número de empresas que contienen estaciones de mezcla dedicas a la fabricación de bebidas, sin embargo se registran marcas principales como tropical, manzana, crush, inca colas, fruit, coca cola, etc., las cuales poseen sus características principales que le permiten tener la preferencia del consumidor.

En los últimos años en la provincia de Tungurahua las empresas productoras de bebidas, han incrementado estaciones de mezcla que agilite la producción de estos líquidos y sean puestos en el mercado. Los diversos consumidores de productos de sabores y bajos en costos, han puesto en el liderazgo de nuestra provincia a fábricas como frukiss soda, empresa netamente ambateña que con su producto y sabor a piña es el líder provincial en ventas.

1.2.2. Análisis Crítico

La implementación de una estación de mezcla en los laboratorios de automatización será de gran aporte al sistema de envasado y embotellado, puesto que se tendrá la posibilidad de comprender el manejo y funcionamiento del sistema obteniendo conocimientos sólidos aplicables con las herramientas de trabajo. Se tendrá presente el estudio de componentes industriales en estaciones existentes en la actualidad y su incidencia en el montaje y mantenimiento de plantas industriales de mezcla. La parte principal de esta propuesta se detalla en el estudio de principios teóricos básicos de sensores de ingeniería de procesos, empleo de componentes industriales, la combinación a discreción de un sistema de control de bucle abierto y cerrado, y el desarrollo de un control lógico programable. Además se estudian algunos parámetros adicionales que deben ser tomados en cuenta al momento de seleccionar un tipo de bomba y el control programable, entre los cuales se incluyen un control de procesos con PLC industriales y sensores para control de nivel y caudal. También se enuncian los distintos tipos de pruebas que pueden ser efectuadas a las estaciones de mezcla, de manera que se pueda aprovechar la eficiencia de dicha máquina.

1.2.3. Prognosis.

La necesidad de contar con un sistema en envasado y embotellado que sirva con aporte al conocimiento de los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica es importante, ya que constara con diferentes máquinas que aportaran al aprendizaje, y si no se realiza el control de una estación de mezcla que permita la dosificación y preparación de bebidas refrescantes, se estaría negando la oportunidad de implementar elementos prácticos y propicios que aporten a un más al conocimientos. Dicha estación constituye es una de las faces importantes dentro de un sistema de envasado de bebidas, ya que en la actualidad es importante conocer el modo de trabajo de los principales equipos usados en la industria, por tal razón, el presente estudio de investigación constituye una herramienta muy útil en el proceso de aprendizaje del alumno

Dentro de empresa especialmente en aquellas que se dedican a la producción de bebidas se estaría disminuyendo la producción debido a que no cuentan con una operación de mezcla, provocando pérdidas económicas debido a un producto mal terminado y a su vez impidiendo el crecimiento en el mercado con nuevas dosis de ingredientes, con productos que no ofrecen una mayor estética al momento de ser vendidos. Hoy en día toda empresa para poder ser competitivos en el mercado se necesita a más de un producto de buena calidad, realizar un proceso de elaboración automatizado, donde los defectos en el producto terminado debido a la mano de obra sean mínimos o inexistentes

1.2.4. Formulación del Problema.

¿La dosificación permitirá obtener una mezcla homogénea de bebidas refrescantes sabor a fresa, aplicable al sistema de envasado y embotellado de los laboratorios de la facultad de ingeniería Civil y Mecánica?

1.2.5. Interrogantes del problema.

¿Qué control lógico programable será el adecuado para la estación de mezcla el cual nos permita realizar las pruebas necesarias de funcionamiento?
¿Qué prototipo de estación de mezcla permitirá una preparación y dosificación exacta de componentes utilizados en la elaboración de bebidas?
¿Mejorara al sistema de envasa do y embotellado la adaptación de una estación de mezcla?

1.2.6. Delimitación del Problema.

1.2.6.1. Delimitación de Contenido.

Campo.- Las materias necesarias para el estudio del tema de investigación son las siguientes:

- Proyectos de tesis
- Sistemas de control y medición industrial I,II
- Diseño de elementos mecánicos I, II
- Ciencia de materiales
- Taller mecánico industrial II

1.2.7. Delimitación Espacial.

- Esta investigación se realizó en:
    - Laboratorio de la facultad de ingeniería mecánica área de automatización industrial.

Delimitación Temporal.

El control de una estación de mezcla para la preparación y dosificación de bebidas aplicable al sistema de envasado y embotellado de la facultad de ingeniería civil y mecánica se realizó en Marzo del 2013 hasta Mayo del 2014.

1.3. Justificación.

La importancia de incrementar una estación de mezcla que permita dosificar los ingredientes ya establecidos, es indispensable, ya que la constante tendencia de mejorar los productos, reducir tiempos de producción, tener un operario con mayor seguridad, incrementar nuevos equipos que faciliten los procesos lógicos programables, la selección y empleo de diferentes sensores, la medición de magnitudes eléctricas, los procesos técnicos de control de nivel y caudal, el control de la mezcla, el montaje y operación de bucles abiertos y cerrados de control, la observación y manejo del proceso así como también el control con procesos de PLC industriales, son las razones primordiales por las que se pretende realizar la investigación planteada en este proyecto.

La Factibilidad de este proyecto de investigación se da gracias al aporte de nuevos conocimientos sobre las estaciones de mezcla de fluidos, los cuales han mejorado la disponibilidad en el manejo de sus partes y el uso de ellas, de donde los estudiantes tendrán la posibilidad de manipular y conocer el funcionamiento de estos equipos que son usados en las industrias que contienen estas estaciones y porque no en nuestros laboratorios.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Realizar el control en una estación de mezcla que permita dosificación y preparación de bebidas, aplicables al sistema de envasado y embotellado de los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Determinar los parámetros de dosificación y mezcla de las bebidas refrescantes.

- Seleccionar el sistema de control aplicable que permita la dosificación y preparación de bebidas, el cual facilite la adaptación y manipulación para el sistema de envasado y embotellado de la FICM.
- Proponer una estación de mezcla con un sistema lógico programable que mejore la productividad en el sistema de envasado y embotellado, el cual sea disponible en el medio y que facilite el estudio de los parámetros principales que se deben tomar en cuenta para su construcción

CÁPITULO II

Marco Teórico

2.1.Antecedentes Investigativos.

En el país existen estudios relacionados en la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería Civil – Mecánica y en la Escuela Superior Politécnica del Litoral de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación con el tema de investigación para lo cual tomares como antecedentes para nuestra investigación.

En el estudio del proceso de mezclado en la elaboración del chocolate en tabletas en la fábrica Carolina realizado por el Ingeniero Juan Guerrero, se sacó como conclusión que se logró optimizar el tiempo de este proceso en un 32% en promedio, y a la vez reducir el esfuerzo físico en los trabajadores con la disminución del tiempo de mezclado.



Figura 2.1: Mescladora de Chocolate

Fuente: Ingeniero Juan Guerrero

La automatización del proceso de líquidos en la elaboración de bebidas gaseosas en la Empresa Big Cola realizado por los Sres. Jenny Merino Peña y Cesar Moscoso Coello, lo realizaron con el objetivo de diseñar un programa que automatice el proceso de elaboración de bebidas gaseosas, en la cual se utilizó herramientas de control y supervisión SCADA, como también se ha diseñado un sistema automático controlado por medio de PLC, considerando específicamente a un micro-PLC versamax serie 90 de la familia general eléctrica, donde se ejecuta el control del sistema, el mismo que es controlado por un software LABVIEW 7.0 EXPRESS, donde se estudia su entorno de programación así como los recursos que el software ofrece con el fin de desarrollar aplicaciones de adquisiciones y análisis de datos con interfaz a un computador personal.

2.2. Fundamentación Filosófica.

La razón primordial de la propuesta de investigación es con el fin de impulsar a la creación y utilización de estaciones de mezcla para la preparación y dosificación de bebidas que sea aplicable al sistema de envasado y embotellado que va a ser implementado en los laboratorios de la facultad, mediante la cual se aplicara los conocimientos sobre el control automático utilizados por estas máquinas.

La idea principal es involucrarnos más en el estudio de los sistemas control y mediciones industriales con los que en la actualidad son fabricadas estas estaciones ya que los procesos que realizan son muy rápidos y de mejor calidad puesto que tienen que satisfacer las crecientes demandas de productos.

2.3. Fundamentación Legal.

En la presente investigación, la cual está destinada al estudio de control automático de una estación de mezcla en la Facultad, se ha visto la necesidad de basarse en Normas Técnicas tanto ecuatorianas como Internacionales, las cuales citamos las siguientes.

- AISI 304 Norma para la construcción de Electrodomésticos; finalidad estructural; equipos para la industria química y naval; industria

farmacéutica, industria de tejidos y papel; refinería de petróleo; permutadores de calor; válvulas y piezas de tuberías; industria frigorífica; instalaciones criogénicas; almacenes de cerveza; tanques de almacenamiento de cerveza; equipos para perfeccionamiento de harina de maíz; equipos para lácteos.

- NTE INEN 2674 SP Petroquímica: Técnicas normalizadas para la preparación de mezclas líquidas para uso como estándares analíticos
- NTE INEN 0077:76 Símbolos gráficos para esquemas eléctricos
- American Iron and Steel Institute (AISI) clasificación de aceros y aleaciones de materiales los cuales nos sirven para selección de material.
- ISO 1219 1 y ISO 1219 2, que se ha adoptado en España como la norma UNE-101 149 86, se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos.
- LEY DE GESTION AMBIENTAL (Ley No. 37. RO/ 245 de 30 de Julio de 1999) Reconoce a las personas, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado libre de ruido; declara de interés público la preservación del medio ambiente.

2.4.Red de Categorías Fundamentales.

2.4.1. Gráficos de Inclusión Interrelacionados.

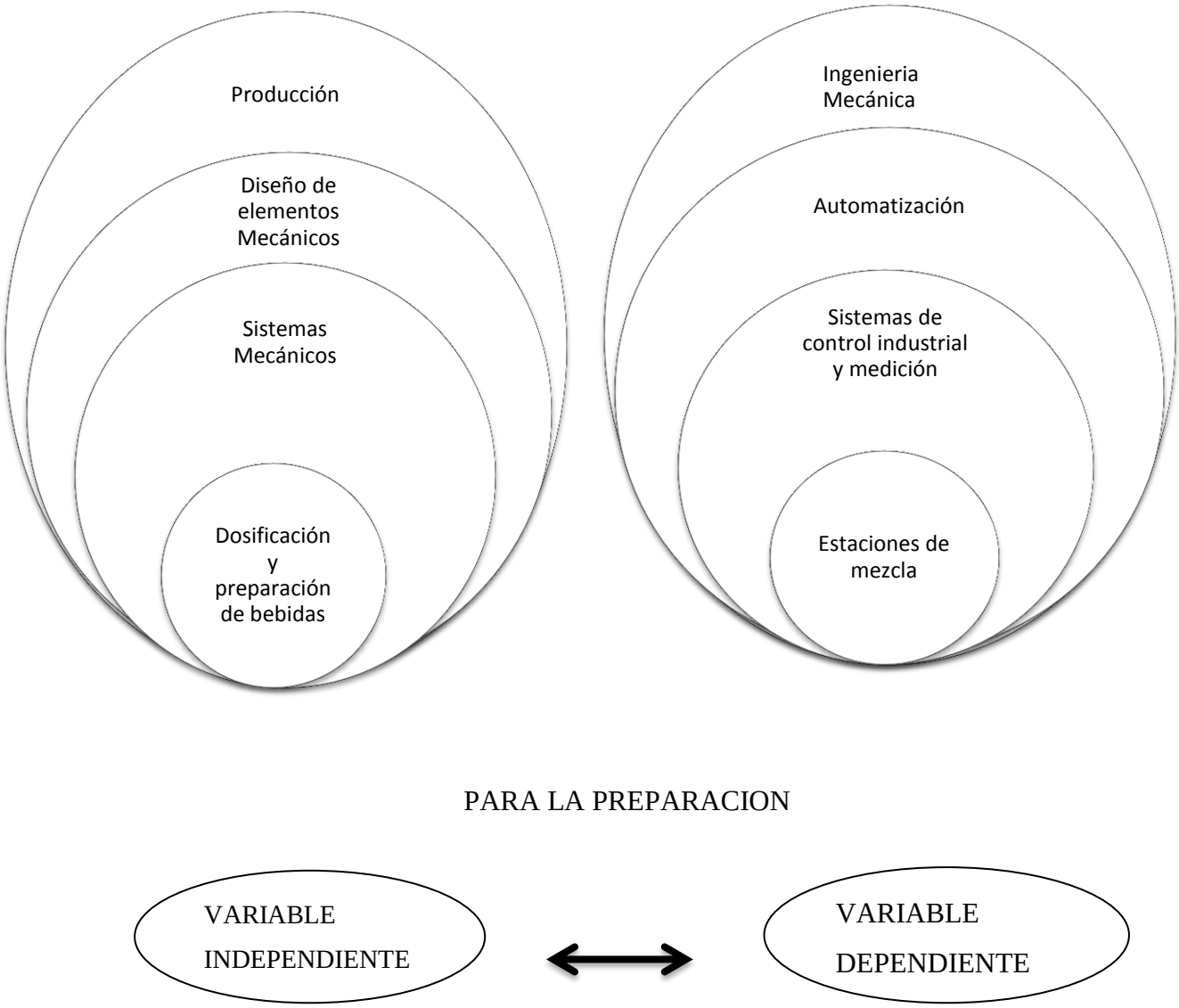


Figura 2.2: Red de Categorías Fundamentales

Fuente: El Autor (Fabián Medina).

2.4.2. Fundamentación Filosófica.

Producción.

Del latín productĭo, el concepto **'producción'** hace referencia a la acción de generar (entendido como sinónimo de producir**)**, al objeto producido, al modo en que se llevó a cabo el proceso o a la suma de los productos del suelo o de la industria.

El verbo producir, por su parte, se asocia con las ideas de engendrar, procrear, criar, procurar, originar, ocasionar y fabricar.

En el campo de la **economía**, la producción está definida como la **creación** y el procesamiento de bienes y mercancías**.** El proceso abarca la concepción, el procesamiento y la financiación, entre otras etapas. La producción constituye uno de los procesos económicos más importantes y es el medio a través del cual el trabajo humano genera riqueza.

Para el filósofo alemán **Karl Marx**, el modo de producir no está determinado por el objeto o la cantidad que se produce. Tampoco por cuánto se produce, sino por el modo en que se lleva adelante dicha producción.

Hecho mención a la figura de un personaje histórico, volviendo a la historia es necesario destacar un término que nació durante la época de la industrialización y que consiguió convertirse en un auténtico fenómeno y en una innovación. Nos estamos refiriendo al concepto de producción en cadena.

Un término este que viene a definir un sistema de trabajo, especialmente en el ámbito industrial, en el que cada empleado tiene una función determinada que para llevarse a cabo depende de otra y que a su vez propicia que también de la misma surja otra siguiente.

Entre las diferentes modalidades de producción, puede mencionarse el **esclavista** (donde la fuerza de trabajo es esclava, por lo tanto, no es propiedad del trabajador), el **feudal** (relacionado con la actividad agrícola) y el **capitalista** (donde el trabajador, a través de un contrato, vende su fuerza de trabajo a cambio de un salario).

Además de todo lo citado también hay que subrayar que existen otros tipos de producción que se refieren a campos muy concretos. De esta manera nos encontramos, por ejemplo, con la producción audiovisual que es la que versa sobre contenidos tales como el cine y la televisión. De ahí que las empresas que se dedican a desarrollar trabajos en ambos ámbitos sean conocidas como productoras.



Figura 2.3**:** Definición de Producción

Fuente: Copyright © 2008-2014 - Definiciones

Y tampoco hay que olvidar a la producción musical. Está en concreto es la que se lleva a cabo por un profesional que se dedica, en el ámbito que le da nombre, a controlar y supervisar lo que es la grabación de las canciones de un artista o grupo en concreto.

2.4.3. Diseño de Elementos Mecánicos.

Sistemas Mecánicos.

Según CRAIG J., (2006), Robótica, Editorial Pearson Educación, 3ra. Edición, México.

“Los sistemas mecanismo son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por un conjunto de dispositivos o elementos, que cumplen una función para lograr un fin específico”

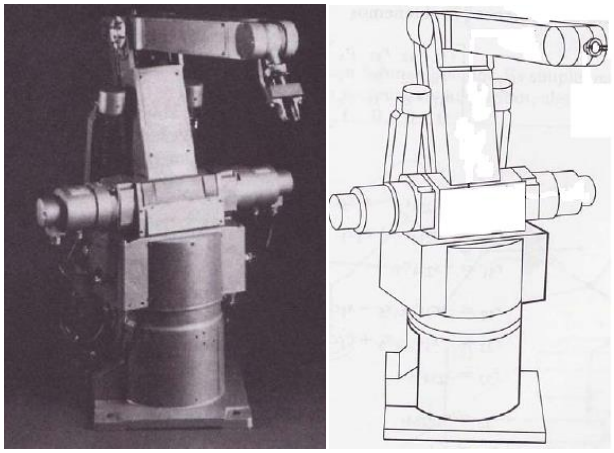


Figura 2.4**:** Manipulador industrial Yasukawa Motoman L-3

Fuente: CRAIG J., (2006), Robótica, Editorial Pearson Educación, 3ra. Edición, México.

Características de los Sistemas Mecánicos.

Se caracterizan por presentar elementos o piezas sólidos, con el objeto de realizar movimientos por acción o efecto de una fuerza. En ocasiones, pueden asociarse con sistemas eléctricos y producir movimiento a partir de un motor accionado por la energía eléctrica. En general la mayor cantidad de sistemas mecánicos usados actualmente son propulsados por motores de combustión interna. En los sistemas mecánicos. se utilizan distintos elementos relacionados para transmitir un movimiento. Como el movimiento tiene una intensidad y una dirección, en ocasiones es necesario cambiar esa dirección y/o aumentar la intensidad, y para ello se utilizan mecanismos.

2.4.4. Diseño Mecánico.

Según SHIGLEY, (1985). Diseño en Ingeniería Mecánica. 4ª Edición, McGraw - HILL, México

“Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica a resolver un problema, si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el

producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos".

Diseño en Ingeniería Mecánica

Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y el conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, de fluidos, de trasferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y la teoría eléctrica y de la información. El diseño en la ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina.

Consideraciones de diseño.

La resistencia de un elemento es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia en un factor importante de diseño. La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento, quizá es todo el sistema, por lo que suelen tenerse en cuenta los factores siguientes:

- Funcionalidad
- Resistencia/Esfuerzo
- Distorsión/deflexión/rigidez
- Desgaste
- Seguridad
- Confiabilidad
- Peso
- Ruido

Normas y Códigos

Una norma es un conjunto de especificaciones para partes, materiales o procesos establecidos a fin de lograr uniformidad, eficiencia y cantidad especificadas, Uno de los propósitos importantes de una norma es poner un límite al número de artículos en las especificaciones para proporcionar un inventario razonable de herramientas, tamaños, formas y variedades. '

Un código es un conjunto de especificaciones para analizar, diseñar, manufacturar y construir algo. El propósito de un código consiste en lograr un grado específico de seguridad, eficiencia y desempeño o calidad. Es importante observar que los códigos de seguridad no implican seguridad absoluta. De hecho, la seguridad absoluta es imposible de obtener. Algunas veces acontece un suceso inesperado.

Economía en el Diseño

La consideración del costo tiene una función importante en los procesos de la decisión del diseño que fácilmente podría emplearse el mismo tiempo para estudiar el factor de costo que para realizar el estudio de todo el tema de diseño.

Tamaño Estándar.- La utilización de los tamaños estándar o corrientes es el principio fundamental de la reducción del costo. Para asegurar que se especifiquen tamaños estándar o recomendables, el diseñador debe tener acceso a las listas de existencia de los materiales que se emplean

Tolerancias Amplias.- Las tolerancias de diseño influyen de muchas maneras en la factibilidad de fabricación del producto final. Las tolerancias cubren la variación dimensional y el intervalo de rugosidad superficial, así como la variación de propiedades mecánicas que generan el tratamiento térmico y otras especificaciones de procesamiento

Esfuerzo y Resistencia en el Diseño Mecánico

La supervivencia de muchos productos depende de la forma en que el diseñador ajusta el esfuerzo inducido por la carga para que sea menor que la resistencia en un punto de interés. En resumen, debe permitir que la resistencia exceda al

esfuerzo por un margen suficiente, de manera que a pesar de las incertidumbres, la falla no sea frecuente. La resistencia es una propiedad de un material o de un elemento mecánico. La resistencia de un elemento depende de la elección, el tratamiento y el procesamiento del material. El esfuerzo es una propiedad de estado en un punto específico dentro de un cuerpo, la cual es una función de la carga, la geometría, la temperatura y el proceso de manufactura.

Factor de Diseño

Es un factor utilizado para evaluar la condición segura de un elemento y se emplean extensamente en la práctica industrial; todo el mundo entiende perfectamente lo que significa y sabe a qué se refieren. Sin embargo, la resistencia de un elemento es una cantidad que varía estadísticamente y el esfuerzo también es variable. Así la ecuación puede. Un enfoque general del problema de la carga permisible contra la carga de pérdida de función es el método del factor de diseño determinístico, al que se le ha llamado clásico de diseño.

Confiabilidad en el Diseño Mecánico

Es importante que el diseñador y el fabricante conozcan su responsabilidad legal con respecto al producto. El método de confiabilidad de diseño es donde se conoce o se determina la distribución de los esfuerzos y de las resistencias; después se relacionan los dos con objeto de lograr un índice de éxito aceptable. Además la tarea del diseñador consiste en hacer una selección sensata de materiales, procesos y dimensiones (tamaño) para lograr un objetivo específico de confiabilidad.

Dimensiones y Tolerancias en el Diseño Mecánico

Por lo general para dimensionar se emplean los siguientes términos:

Tamaño nominal.- Tamaño para designar un elemento.

Límites.- Dimensiones máximas y mínimas establecidas.

Tolerancia.- Diferencia entre dos límites

Tolerancia bilateral.- Variación en ambas direcciones a partir de la dimensión básica

Tolerancia unilateral.- Dimensión básica que se toma como uno de los límites, de la cual se permite una variación sólo en una dirección.

Holgura.- Término general que se refiere al acoplamiento de partes cilíndricas con un perno y un agujero. La palabra "holgura" se emplea cuando el diámetro del elemento interno es menor que el elemento externo. La holgura diametral es la diferencia medida en los dos diámetros. La holgura radial es la diferencia entre los dos radios.

Interferencia.- Es lo opuesto de la holgura, para el acoplamiento de parte cilíndricas, donde el elemento interno es mayor que el elemento externo.

Margen.- Es la holgura mínima o la interferencia máxima establecida para partes ensambladas

2.4.5. Preparación y Dosificación de Bebidas

Dosificación y Mezcla.

Dependiendo del grado de precisión y las características del producto, la dosificación de líquidos y de ingredientes minoritarios se controla en línea con medidores de caudal u otra instrumentación específica para la aplicación.
Podemos diseñar sistemas de control que se autoajustan en el tiempo, manteniendo invariable el porcentaje de dosificación en todo momento, con independencia de los factores externos que puedan afectar al proceso.

La integración de la máquina envasadora y su sincronización en el Sistema de Control es imprescindible para la implantación de los sistemas óptimos de dosificación y mezcla a pie de máquina. Con estos sistemas se reducen drásticamente las mermas por pérdidas de producto, sin comprometer en modo alguno el grado higiénico exigible a un producto final listo para el consumo.

Incorporación de sólidos y dilución de azúcar.

El proceso más habitual consiste en un área de tanques dotados con células de pesaje y uno o varios sistemas de agitación y mezcla, además de un anillo de recirculación donde los sólidos se pueden incorporar en línea. Este sistema se complementa con un intercambio de calor, que permite ajustar la temperatura del producto posibilitando la dilución tanto en frío como en caliente.
Es recomendable la utilización de sistemas de incorporación bajo condiciones de vacío, que eliminan el aire siempre presente en los sólidos y, de forma colateral, el ocluido en el producto. De esta manera se evitan los problemas inherentes a la formación de espuma y se reduce considerablemente el efecto de oxidación del producto.

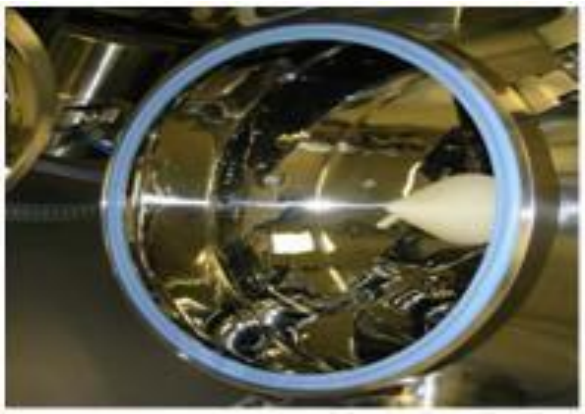


Figura 2.5: Dosificación y Mezcla
Fuente: 2014 GEA Process Engineering

Agitación y mezcla

Según Ing. M. R. Piris da Motta en su Cátedra de Operaciones Untarías Ic. Deduce:

El éxito de muchas operaciones depende de una adecuada agitación.

Agitación ≠ Mezcla

Agitación: Movimiento inducido de un material de una forma determinada dentro de un recipiente.
Mezcla: Distribución al azar de dos fases inicialmente separadas.
Ambas se diferencian en la homogeneidad del material obtenido. Esta homogeneidad depende de la naturaleza de los materiales.

Objetivos de la Agitación:

- Poner en contacto dos líquidos miscibles
- Dispersar un gas en el seno de un líquido
- Poner en contacto o dispersar dos líquidos no miscibles
- Favorecer la transferencia de calor entre una superficie y un líquido
- Mantener en suspensión partículas sólidas en un líquido para obtener uniformidad, favorecer la transferencia de masa (disolución), iniciar una reacción química o estimularla.

Equipos de Agitación

Los impulsores utilizados se clasifican en dos clases:
De flujo axial.- Que permiten un flujo desprendido del rodete de aproximadamente 45º y por tanto presenta recirculación, que retorna hasta la zona central de las palas del agitador, creando un campo de flujo de ida y vuelta paralelo al eje de giro. Este tipo de flujo se presenta con un Reynolds de entre 200 a 600, y se transforma en flujo radial cuando el número de Reynolds disminuye. Los agitadores de flujo axial incluyen a todos los que tienen palas que forman un ángulo menor de 90º con el plano perpendicular al eje. Las hélices y turbinas de palas o aspas inclinadas son las más representativas de este tipo de agitadores.
Existen dos rangos básicos de velocidades de giro: de 1150 a 1750 rpm con transmisión directa, y de 350 a 420 rpm con transmisión por engranajes. Para la

suspensión de sólidos es habitual utilizar las unidades de transmisión por engranajes, mientras que para reacciones o dispersiones rápidas son más apropiadas las unidades de alta velocidad.

De flujo radial.- los más representativos son los agitadores de palas planas. Éste tipo de agitadores incluyen palas (o aspas) paralelas al eje del motor. Los más pequeños y de aspas múltiples se denominan "turbinas"; los mayores, de velocidades más bajas, con dos o cuatro aspas, se denominan agitadores de palas o de paletas. Generan un flujo radial para cualquier Reynolds y proporcionan alta velocidad de tangencial aunque baja capacidad de impulsión.

En la mayoría de los procesos industriales de mezclado, sin embargo, se busca una capacidad de impulsión lo mayor posible, mientras que la velocidad tangencial no constituye un factor de importancia. Por ello, este último tipo de agitador no es de uso extendido en la industria, siendo los más utilizados los denominados "de alta eficacia"(*hydrofoil*), que maximizan el flujo y minimizan la velocidad de tangencial. Estos agitadores de palas rígidas se clasifican según el valor del cociente entre el área total de las palas con respecto al del círculo que circunscribe el impulsor; y, según aumenta la viscosidad del fluido, un mayor valor del cociente anteriormente definido resulta más efectivo para proporcionar un tipo de flujo predominantemente axial.

Dicha clasificación depende del ángulo que forman las aspas o paletas con el plano de rotación del impulsor.

Agitadores De Hélice.

Un agitador de hélices, es un agitador de flujo axial, que opera con velocidad elevada y se emplea para líquidos pocos viscosos. Los agitadores de hélices más pequeños, giran a toda la velocidad del motor, unas 1.150 ó 1.750 rpm; los mayores giran de 400 a 800 rpm. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque.

La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado, generando un efecto considerablemente mayor que el que se obtendría mediante una columna equivalente creada por una boquilla estacionaria. Las palas de la hélice cortan o friccionan vigorosamente el líquido.

Debido a la persistencia de las corrientes de flujo, los agitadores de hélice son eficaces para tanques de gran tamaño. Para tanques extraordinariamente grandes, del orden de 1500m^3 se han utilizado agitadores múltiples, con entradas laterales al tanque.

El diámetro de los agitadores de hélice, raramente es mayor de 45 cm, independientemente del tamaño del tanque En tanques de gran altura, pueden disponerse dos o más hélices sobre el mismo eje, moviendo el líquido generalmente en la misma dirección.
A veces dos agitadores operan en sentido opuesto creando una zona de elevada turbulencia en el espacio comprendido entre ellos.

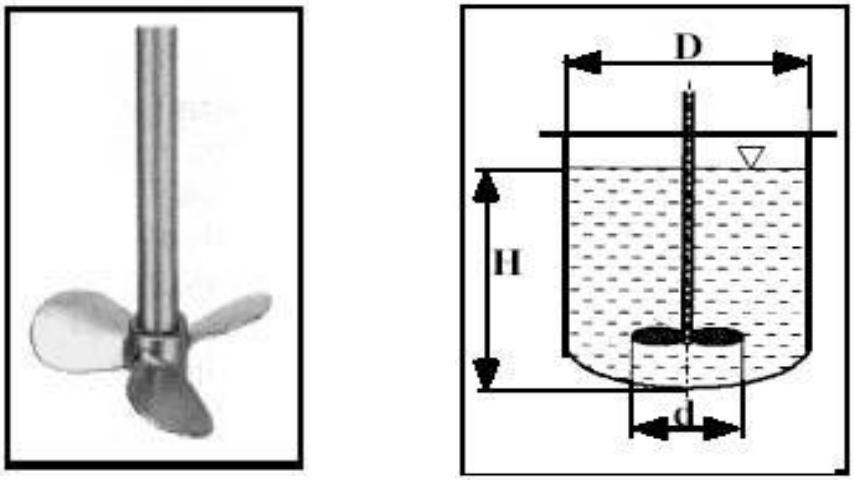


Figura 2.6: Agitadores de hélice

Fuente: http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/puntoDos.htm

Agitadores De Paletas

Para problemas sencillos, un agitador eficaz está formado por una paleta plana, que gira sobre un eje vertical. Son corrientes los agitadores formados por dos y 3 paletas.

Las paletas giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, a menos que las paletas estén inclinadas

Las corrientes de líquido que se originan se dirigen hacia la pared del tanque y después siguen hacia arriba o hacia abajo.

Las paletas también pueden adaptarse a la forma del fondo del tanque, de tal manera que en su movimiento rascan la superficie o pasan sobre ella con una holgura muy pequeña.

Un agitador de este tipo se conoce como agitador de ancla. Estos agitadores son útiles cuando se desea evitar el depósito de sólidos sobre una superficie de transmisión de calor, como ocurre en un tanque enchaquetado, pero no son buenos mezcladores. Generalmente trabajan conjuntamente con un agitador de paletas de otro tipo, que se mueve con velocidad elevada y que gira normalmente en sentido opuesto.

Los agitadores industriales de paletas giran a una velocidad comprendida entre 20 y 150 rpm. La longitud del rodete de un agitador de paletas es del orden de 50 al 80% del diámetro interior del tanque.

La anchura de la paleta es de un sexto a un décimo de su longitud. A velocidades muy bajas, un agitador de paletas produce una agitación suave, en un tanque sin placas deflectoras o cortacorrientes, las cuales son necesarias para velocidades elevadas.

De lo contrario el líquido se mueve como un remolino que gira alrededor del tanque, con velocidad elevada pero con poco efecto de mezcla.

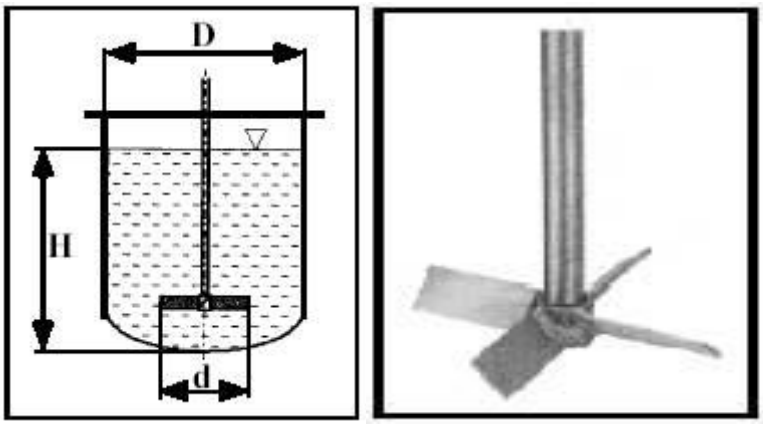


Figura 2.7: Agitadores de paletas

Fuente:http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/puntoDos.htm

Agitadores De Turbina

La mayor parte de ellos se asemejan ha agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales.

El rodete puede ser abierto, semicerrado o cerrado. El diámetro del rodete es menor que en el caso de agitadores de paletas, siendo del orden del 30 al 50% del diámetro del tanque.

Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado. En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales.

Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se deben evitar por medio de placas deflectoras o un anillo difusor, con el fin de que el rodete sea más eficaz.

El agitador de turbina semi abierto, conocido como agitador de disco con aletas, se emplea para dispersar o disolver un gas en un líquido. El gas entra por la parte inferior del eje del rodete; las aletas lanzan las burbujas grandes y las rompen en muchas pequeñas, con lo cual se aumenta grandemente el área interfacial entre el gas y el líquido.

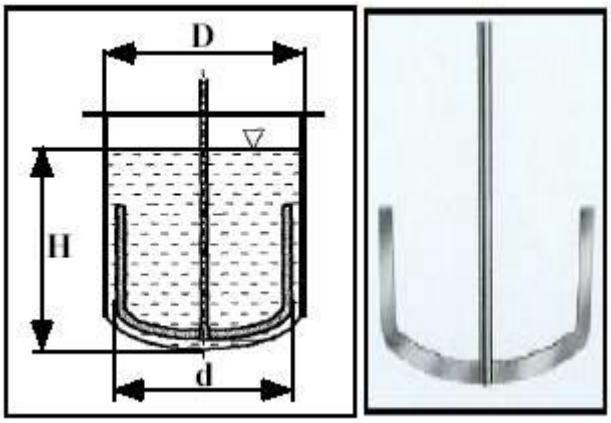


Figura 2.8: Agitadores de turbina

Fuente:http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/puntoDos.htm

2.4.6. Ingeniería Mecánica

La Ingeniería Mecánica es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio del diseño y construcción de elementos, máquinas, equipos y sistemas mecánicos para ponerlos al servicio de la humanidad, liberando al hombre del esfuerzo físico y dignificando su labor, para fomentar el desarrollo social y económico de la comunidad con su labor. La Ingeniería Mecánica analiza las necesidades y pone al servicio de ella los desarrollos de la "Ciencia universal", traduciéndolos a los elementos, máquinas, equipos y sistemas, que presten un servicio adecuado, mediante el uso eficiente de los recursos disponibles.

La Ingeniería Mecánica es la profesión que aplica los conocimientos científicos y tecnológicos en las áreas de conversión de energía, manufactura y diseño; para desarrollar creativamente productos, maquinaria y sistemas teniendo siempre en mente aspectos ecológicos y económicos para el beneficio de la sociedad. La Ingeniería Mecánica se encarga de la investigación, el diseño, la producción, la operación, la organización y los aspectos económicos de la generación, transmisión y utilización de la energía en forma térmica, y de los problemas relacionados con la producción de maquinaria, herramientas y sus productos, así

como con la calefacción, la ventilación, la refrigeración y las instalaciones sanitarias.

Con el pasar del tiempo y al igual que en otras disciplinas, la ingeniería mecánica se ha ramificado en otras áreas como lo son:

Estática : Estudio de cuerpos sin movimiento bajo la acción de fuerzas.
Dinámica : Estudio de cómo las fuerzas afectan el movimiento de los cuerpos.
Termodinámica y transferencia de calor: Estudio de las causas en los cambios de temperatura y transferencia de calor en los materiales.

Mecánica de los fluidos: Estudio de la reacción de los fluidos bajo la acción de las fuerzas.

La ingeniería mecánica se extiende de tal forma que es capaz de abordar un problema con la racionalización de varios factores que pueden estar afectando y que son fundamentales para hallar determinada solución.

2.4.7. Automatización.

Automatizar un proceso para conseguir que funcione sin intervención humana. Esta idea resulta muy clara en el caso del control de procesos continuos, pero también se ve que funciona en el caso de otros tipos de control, como es el caso de los procesos movidos por eventos.

Ventajas e inconvenientes de la automatización

Como es lógico, la automatización tiene sus ventajas e inconvenientes. Entre las primeras se puede citar:

- Permite aumentar la producción y adaptarla a la demanda
- Disminuye el coste del producto
- Consigue mejorar la calidad del producto y mantenerla constante

- Mejora la gestión de la empresa
- Disminuye de la mano de obra necesaria
- Hace más flexible el uso de la herramienta

Algunos inconvenientes son:

- Incremento del paro en la sociedad
- Incremento de la energía consumida por producto
- Repercusión de la inversión en el coste del producto
- Exigencia de mayor nivel de conocimientos de los operarios

Automatización Industrial

Un sistema de automatización provee una interface entre el hombre y el proceso, el tipo de proceso a desarrollar será quien defina el sistema de automatización a usar. La automatización debe ser considerada como una herramienta para el personal u operarios, ya que busca hacer más eficiente el trabajo; se debe tener en cuenta que es el operario quien conoce el proceso, mientras que el personal que diseña e instala el sistema de automatización solo le brinda facilidades técnicas para poder producir más y mejor.

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas.

Estructuras de automatización

En el intento de automatizar cualquier empresa siempre van a surgir un buen número de interrogantes: ¿dónde va ubicado y cómo se realiza el control de cada proceso? ¿Cómo se conectan unos controles con otros? ¿Se pueden controlar y/o supervisar procesos desde la gestión de la empresa? Para responderlas, habremos de idear algún plan para estructurar el control. El grado de automatización deseado va a ser fundamental para trazar dicho plan. Se suelen distinguir como cuatro categorías:

- Automatización fija
- Automatización programable
- Automatización flexible
- Automatización total

Automatización fija.- Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto y, por tanto, se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas

Automatización programable.- Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto y esta adaptación se realiza por medio de Software.

Automatización flexible.- Es más adecuada para un rango de producción medio. Los sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

Automatización total.- De la producción, en la que, idealmente, la fabricación se realizaría sin intervención humana.
Elementos de la Automatización

Controlador Eléctrico.- Un controlador eléctrico es uno o conjunto de dispositivos que rigen de cierta manera el suministro de potencia eléctrica al aparato que se está controlando. Por ejemplo un arrancador, este se encarga de limitar la corriente que le llega al motor de tal manera que el pico de arranque del mismo sea controlado para evitar daños en el motor.

Controlador Automático.- Un controlador automático se puede definir como aquel que trabaja por el mismo cuando la variable controlada se altera

manteniéndola en el parámetro deseado. Por ejemplo un PLC (controlador lógico programable).

Controlador Manual.- Es aquel que actúa necesariamente con la ayuda de un operador, sin él no realiza ninguna actividad. Por ejemplo un interruptor eléctrico.

Sensores Opto electrónicos de Proximidad.- Los sensores Opto electrónicos de proximidad detectan la presencia de un objeto mediante fenómenos relacionados con la luz. Suelen recibir diferentes nombres, entre los que cabe citar los de fotocélulas (photo electric switch orphoto cells), detectores Opto electrónicos (opto electronic detectors), sensores de proximidad ópticos (optical proximity sensors) y detectores de proximidad fotoeléctricos (proximity photo electric detectors). Se componen, en general, de un emisor y un receptor. El emisor genera un rayo de luz dentro del espectro visible, infrarrojo o cercano al laser. El receptor recibe o no el rayo emitido por el emisor, o lo recibe con algún cambio específico de sus características, según que en su trayectoria encuentre o no el objeto a detectar. Existen numerosas formas de realizar los sensores Opto electrónicos de proximidad, lo que da lugar a un gran número de variantes

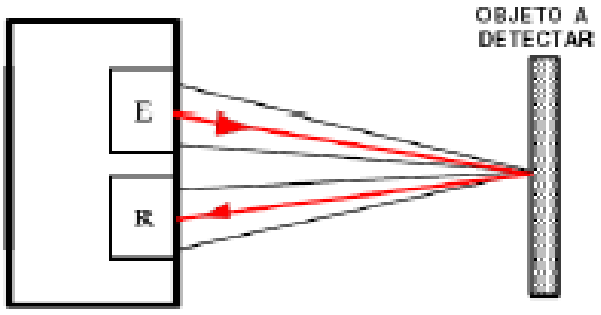


Figura 2.9: Sensor de reflexión directa definida

Fuente: http://www.marcombo.com

Tipos de Sensores Opto electrónicos de Barrera de Luz

En la tabla 2.1 se presentan los tipos de sensores Opto electrónicos más comunes en la industria entre los que cabe destacar los sensores de reflexión sobre objeto los mismos que de dividen en:

- Reflexión difusa
- Reflexión definida.

Tabla 2.1: Sensores Opto electrónicos más comunes

<table>
<tr><td rowspan="4">Sensores optoelectrónicos</td><td colspan="3">Barrera de luz</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Réflex</td><td colspan="2">Reflexión sobre espejo</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Reflexión sobre objeto</td><td>Reflexión difusa</td></tr>
<tr><td>Reflexión definida</td></tr>
</table>

Fuente: Autómatas programables y sistemas de automatización

Elección del Tipo de Sensor Opto electrónico

Para la elección del sensor Opto electrónico se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Tipo de material a ser censado
- El alcance del sensor
- La cesibilidad del sensor
- El lugar en donde va a funcionar el sensor ente otros

Tipo de material a ser sensado

Es muy importante saber qué tipo de material se va a censar para poder elegir el sensor más ideal para la aplicación que se desea, por ejemplo un sensor diseñado para sensar plástico no puede ser usado para sensar metal y viceversa. Por otro lado los sensores Opto electrónicos sensan casi todo tipo de material sin importar su composición ya que su función se basa en la emisión y recepción de un haz de luz el mismo que choca con el material a ser sensado, es en este momento que el receptor del haz de luz envía una señal eléctrica al sistema de control.

El alcance del sensor

El alcance del sensor se refiere a la distancia máxima a la que el sensor puede detectar un objeto y enviar la respectiva señal al sistema de control. Los sensores opto electrónicos tienen la ventaja de tener un alcance bastante grande debido a que su señal depende de un haz de luz enviado por un transmisor y por lo tanto se puede colocar el receptor a la distancia que se desee.

La sensibilidad del sensor

La sensibilidad del sensor se refiere a la cantidad de luz que se necesita para que el sensor se active o se desactive según sea el caso, la sensibilidad es muy importante debido a que un sensor muy sensible podría activarse con señales externas como por ejemplo la luz de una lámpara o la misma luz del día y por el contrario un sensor poco sensible podría fallar a la hora de sensar elementos con un grado de transparencia.

El lugar en donde va a trabajar el sensor

Esto es si el sensor va a trabajar en ambiente contaminado, en ambientes húmedos, en lugares muy oscuros o muy iluminados

Variador de Velocidad

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico en cargado de controlar el funcionamiento de un motor de inducción. Entre las principales funciones de un variador de frecuencia está realizar un arranque suave del motor, eliminando los picos en la corriente de arranque que se presentan cuando un motor trifásico es encendido. El variador de frecuencia también conocido como arrancador tiene la función de controlar la cantidad de corriente y voltaje que ingresa al motor en el momento del arranque, logrando de esta manera que el arranque del motor sea progresivo de menos a más con la corriente y voltaje, estrictamente necesarios

Autómatas Programables

Los autómatas son unidades de control, conformadas por equipos electrónicos, los cuales cuentan con un cableado interno independiente del proceso a controlar (hardware), y mediante algoritmos definen la estrategia y caminos a seguir para controlar un proceso (software). Estos equipos son conectados hacia los dispositivos de medida (sensores) y hacia los dispositivos encargados de realizar acciones (actuadores). Una vez que el autómata está provisto de un algoritmo en su memoria, y que además cuenta con las conexiones respectivas hacia los equipos de planta, se convierte en el cerebro de la fábrica, teniendo a su cargo el desempeño y funcionamiento de toda la cadena productiva; los operarios deben supervisar que este se comporte tal como se había planificado y conforme a la lógica ideada por el programador.

Controlador Lógico Programable

Los controladores lógicos programables (PLC por las siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy utilizados en el ambiente industrial, principalmente para el control de los diferentes procesos productivos y de máquinaria. Los PLC son dispositivos que sirven para la obtención de datos de los procesos y además para su transmisión a través de una red, si fuere el caso. Para este propósito estos dispositivos cuentan con puertos de comunicación o tarjetas para conectarse a la red que el usuario necesite, mediante protocolos estándar.



Figura 2.10: Controladores Lógicos Programables

Fuente: Revista Somos Mecatrónica, Año 3, Febrero 2011, Edición Digital

Partes de un Autómata programable

Las unidades autómatas programables, internamente se ven constituidas por los siguientes dispositivos:

Fuente de alimentación: brinda el suministro eléctrico a la unidad, permite la conversión de la energía alterna de la red eléctrica a energía continua requerida por los componentes electrónicos.

Tarjeta procesadora: es el cerebro del autómata programable que interpreta las instrucciones que constituyen el programa grabado en la memoria, interpreta y deduce las operaciones a realizar, y acciones de control o supervisión a llevarse a cabo.

Tarjeta de memoria: contiene los componentes electrónicos que permiten memorizar el programa, los da tos de los sensores (señales de entrada) y los accionadores que deben realizar los actuadores (señales de salida).

Módulos de entrada /salida, son tarjeta que permiten el conexionado con dispositivos de entrada y/o salida tanto de tipo analógico como de tipo digital

Lenguajes de Programación

Lista de instrucciones (IL): Es un lenguaje debajo nivel, similar al lenguaje ensamblador. Solo permite una operación por línea. Este lenguaje es adecuado para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación. Este lenguaje puede programarse usando dispositivos acoplados al PLC.

Texto estructurado (ST): Es un lenguaje de alto nivel estructurado por bloques que posee una sintaxis parecida al PASCAL. Se emplea para realizar sentencias más complicadas, leer y escribir datos de tipo analógico y digital, permite el manejo de timers y contadores, además puede hacerse uso de lazos de repetición, y funciones matemáticas.

Sintaxis

Diagrama de escalera (LD): También conocido como diagrama ladder, es el lenguaje más usado, asemeja el uso de bobinas y contactores, este lenguaje es una aproximación al lenguaje eléctrico que se usaba para los controladores basados en contactos (abierto/cerrado). Posee bloques de funciones adiciona les como: timers, contadores, controladores PID

Sistemas de Medición y Control Industrial

Sistema de control por retroalimentación

Estos sistemas comparan la salida real retroalimentada con el valor que se requiere y ajusta su salida de acuerdo con el resultado

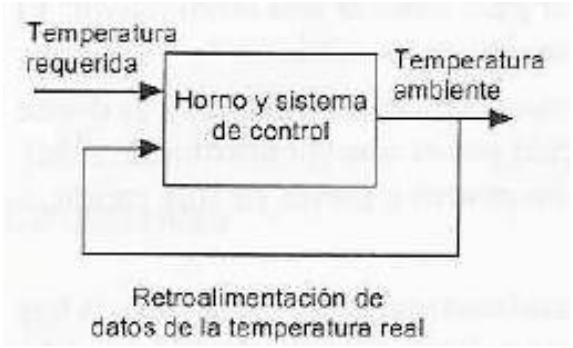


Figura 2.11: Sistema de control por retroalimentación

Fuente: BOLTON, W, Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica, Editorial Alfaomega, 2da. Edición

Sistema de control en lazo abierto

En un sistema en lazo abierto, la salida del sistema no tiene efecto en la señal de entrada. Los sistemas en lazo abierto tienen la ventaja de ser relativamente sencillos, por lo que su costo es bajo y en general su confiablidad es buena. Sin embargo, con frecuencia son imprecisos ya que no hay corrección de errores

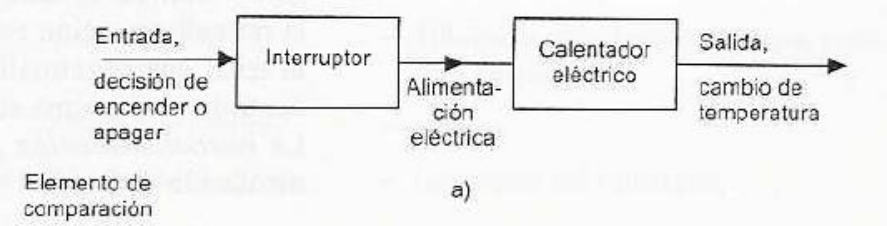


Figura 2.12: Sistema de control de lazo abierto (Calefacción de una habitación)
Fuente: BOLTON, W, Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica, Editorial Alfaomega, 2da. Edición

Sistema de control en lazo cerrado

En un sistema de control en lazo cerrado, la salida sí tiene efecto en la señal de entrada, modificándola para mantener la señal de salida en el valor requerido. Los sistemas en lazo cerrado tienen la ventaja de ser bastante precisos para igualar el valor real y el deseado.

Elementos básicos de un sistema de control en lazo cerrado

En la figura 2.13 se presenta un sistema general de control en lazo cerrado.

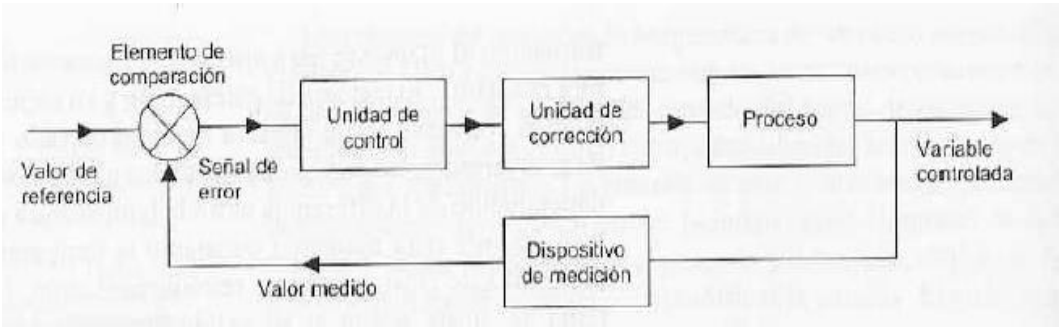


Figura 2.13: Elementos de un sistema de control de lazo cerrado
Fuente: BOLTON, W, Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica, Editorial Alfaomega, 2da. Edición

Elemento de Comparación.- Compara el valor deseado o de referencia de la condición variable que se controla con el valor medido de lo que se produce y

genera una señal de error. Se le puede considerar como un sumador que añade la señal de referencia, positiva, a la señal del valor medido, que en este caso es negativa:

Elemento de control.-En cuanto recibe una señal de error, el elemento de control decide qué acción llevar a cabo.
Elemento de corrección.- El elemento de corrección produce un cambio en el proceso a fin de corregir o modificar la condición controlada. El término actuador designa al elemento de una unidad de corrección que proporciona la energía para realizar la acción de control.

Elemento de proceso.- El proceso es aquello que se está controlando.
Elemento de medición.- Produce una señal relacionada con el estado de la variable del proceso que se controla.

Sistema de Medición

Un sistema de medición se podría considerar como una caja negra que se utiliza para medir. Su entrada es la magnitud que se desea medir y su salida es el valor correspondiente a dicha magnitud

Elementos de un sistema de medición

En general, puede decirse que los sistemas de medición están formados por tres elementos como se muestra en la siguiente figura



Figura 2.14: Elementos de un sistema de medición
Fuente: BOLTON, W, Mecatrónica, Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica, Editorial Alfaomega, 2da. Edición

Sensor.- el cual responde a la cantidad que se mide, dando como salida una señal relacionada con dicha cantidad.

Acondicionador de señal.-el cual toma la señal del sensor y la manipula para convertirla a una forma adecuada para su presentación visual o, como en el caso de un sistema de control, para que ejerza una acción de control.

Sistema de presentación visual (pantalla o display).- es donde se despliega la salida producida por el acondicionador de señal.

2.4.8. Estaciones de Mezcla.

Mezclador-dosificador para la industria de la bebida1 500 - 24 750 L/h |Multiblend.

Durante la producción de múltiples variantes de sabores en el sector de las bebidas, un mezclado individual y rápido del jarabe terminado es un factor esencial del éxito. La unidad de mezclado Multiblend convierte a la sala de jarabe en un sistema automático que produce todas las variantes de jarabes con la mayor precisión. La preparación del jarabe de la bebida por lotes, adecua el producto de partida deseado para el siguiente paso de la producción en la mezcladora de dos componentes.



Figura 2.15: Mezclador-dosificador para bebidas

Fuente: http://www.directindustry.es/prod/krones/mezcladores-dosificadores-para-la-industria-de-la-bebida-7266-571672.html

Sistema en línea de mezclado continúo dicon-ctm para producción de bebidas terminadas.

El sistema de mezclado en línea GEA Diessel tipo **DICON-C™**, está diseñado para ser utilizado como mezclador continuo de alta precisión para bebidas gaseosas. No hay limitaciones en el número de componentes a ser mezclado. Está diseñado para un flujo mínimo de 2 l/h en las líneas de concentrado.

El flujo de líquidos es medido por precisos caudalímetros (como caudalímetros másicos tipo MDM o caudalímetros electromagnéticos tipo IZM™) y luego se transmiten al sistema de control. El controlador digital compara los valores medidos con las proporciones de mezcla preseleccionadas y actúa los dispositivos de control para alcanzar y mantener los valores exactos. Pequeñas desviaciones son completamente compensadas. Los recipientes de desgasificación previenen cualquier aire ocluido y potenciales errores en la medición. Aparte de esto, el sistema de control permite el monitoreo cíclico del flujo de concentrados.

Válvulas moduladoras y/o bombas positivas con convertidores de frecuencia son utilizadas como dispositivos de control. El sistema de mezclador en línea es seguido por el carbonatador, tipo **DICAR™,** donde se preselecciona la cantidad

deseada de CO_2. Criterios esenciales de producción como el valor Brix y la conductividad son determinados y monitoreados en línea en el carbonatador **DICAR™.** Si se requiere una corrección automática (e.j. desviaciones de Brix) también se pueden corregir utilizando el sistema**.**



Figura 2.16: Sistema en línea de mezclado continúo
Fuente: GEA Process Engineering S.A (Dinamarca en 1952)

Ventajas:

- Mezclado directo de productos en las cañerías, no se requieren tanques
- Rápida disponibilidad de producto.
- Alta precisión por el uso de caudalímetros
- Monitoreo cíclico de las mediciones durante el proceso de producción
- El controlador digital no está sujeto a ninguna falla causada por la conversión de señal y compensa completamente pequeñas desviaciones.
- Fácil manejo
- Dispositivo compacto testeado en fábrica, listo para ser conectado
- Puede ser combinado con el carbonatador, tipo DICAR™

Mezclador dinámico para bebidas gaseosas CARBOJET

Diseñada para clientes muy exigentes, CARBOJET garantiza confiabilidad, facilidad de uso y estabilidad del producto, aún en condiciones productivas críticas. Un sistema de a reacción estudiado permite obtener valores de oxígeno residuo en el producto inferior a 1ppm. Independientemente de la temperatura y la presión, la carbonatación se mantiene constante y estable reduciendo así los desperdicios de CO_2.

- Confiabilidad y estabilidad en la saturación de las aguas
- Alta garantía tecnológica ± 0,2 g/l, O2<1ppm
- Facilidad de uso gracias al control automático digital
- Ningún tipo de mantenimiento en la medida en la que el sistema ha sido realizado con 1 sola bomba (de tipo centrífuga)
- Ninguna bomba de sobrepresión para el envío a la llenadora del producto terminado



Figura 2.17: Mezclador dinámico para bebidas gaseosas CARBOJET

Fuente: MELEGARI MANGHI SRL 2012-2014

Tanque mezclador hbp 40003 para bebidas de línea de producción.

Este mezclador adopta avanzada de gas y líquido dispositivo de mezcla, puede mezclar el jarabe, el agua y CO_2 de gas en el mismo tiempo para el llenado de la máquina. También se puede aplicar a la cerveza delgada, producir vino espumoso.

Este mezclador es de avanzada en la tecnología, incluso confiable en el rendimiento, la estructura compacta, fácil en la operación. Se trata de adecuado para bebidas gaseosas firme de grandes, medio o de pequeña escala.



Figura 2.18: Tanque mezclador hbp 40003 para bebidas de línea de producción.
Fuente: ALIBABA, Zhangjiagang (1999-2013)

Mezcladores Dinámicos para bebidas Contiflow.

La mezcladora continua Contiflow con su desgasificación del agua de producto y su unidad de carbonatación, es un sistema de mezclado ajustado perfectamente al sector dela fabricación de refrescos. Dependiendo de la cantidad de ingredientes básicos, uno o varios trayectos de dosificación lineales y la homogeneización del producto de varias etapas garantizan la alta calidad de los productos terminados. El sistema puede ampliarse para poder dosificar hasta diez componentes líquidos y dos gaseoso



Figura 2.19: Mezclador Dinámico para bebidas Contiflow

Fuente: Krones, Germany (2014)

2.5. Hipótesis

¿El sistema de control seleccionado, permitirá dosificar de forma adecuada los ingredientes utilizados en la mezcla de las bebidas refrescantes sabor a fresa?

2.6.Señalamiento de Variables

2.6.1. Variable Independiente

Control de una estación de mezcla

2.6.2. Variable Dependiente

Dosificación y preparación de bebidas

2.6.3. Términos De Relación

Para

CAPÍTULO III

Metodología

3.1.Modalidad básica de la investigación.

3.1.1. Enfoque.

El enfoque de la siguiente investigación es cuantitativo porque mediante la utilización de variables discretas se medirá la capacidad de mezcla y dosificación de bebidas aplicables al sistema de envasado y embotellado de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica.

3.1.2. Modalidad de la Investigación.

Campo.- Será necesario ya que así podremos captar los hechos tal y como se presentan en el lugar a realizarse el proyectos para mejorar el desempeño del mismo.

Bibliográfica.- Las fuentes de consulta para realizar el presente proyecto lo realizaremos en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Documental.- Se utilizó documentos como revistas, archivos de internet, que se relacionen con el control de mezcla de fluidos.

Experimental.- Se efectuó pruebas comparativas de funcionamiento manual y mecánico en el lugar mismo de los hechos.

3.2. Tipo de Investigación.

Exploratorio.- Se realizó cuando no se tiene una idea precisa de lo que se desea estudiar o cuando el problema es poco conocido por el investigador, este tipo de investigación nos enseña cual es la manera correcta de abordar el problema de investigación, con el fin que los estudios que se realicen no sean una pérdida de recursos y pérdida de tiempo.

Descriptivo.- Se expuso todas las partes que conforman el control de mezcla aplicable en el sistema de envasado y embotellado que se realizara en los laboratorios de la Facultad, logrando así un nivel óptimo en la capacidad de aprendizaje de los estudiantes.

Explicativa.- Se explicó los fenómenos y el estudio de sus relaciones para conocer las causas de los aspectos ocurridos, para poder responder a preguntas como: ¿por qué ocurre? ¿En qué condiciones ocurre?

3.3.Población y Muestra

Población

Para la recolección de la información necesaria para la aplicación del proyecto se realizará una guía de observación en el cuál se tomará nota de los movimientos, requerimientos, clases de jarabes, densidad de los jarabes, porcentajes de mezcla en agua y jarabe, caudal de transportación, características del material de operación, dentro del proceso de embotellado.

Muestra

Mediante una guía de observación se tomará nota del tiempo total aproximado para mezclar agua y jarabe en un minuto, en una hora y en un día de trabajo (8 horas), con ayuda de un gráfico de barras se representará la producción aproximada que tiene la estación de mezcla.

3.4. Operación de Variables

3.4.1. Variable Independiente

Tabla 3.1: Control de una estación de mezcla

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnicas e instrumentos
Control.- El control es un área de la ingeniería y forma parte de la Ingeniería de Control. Se centra en el control de los sistemas dinámicos mediante el principio de la realimentación, para conseguir que las salidas de los mismos se acerquen lo más posible a un comportamiento predefinido. Esta rama de la ingeniería tiene como herramientas los métodos de la teoría de sistemas matemática.	Estaciones de mezcla Mezcla	¿Qué tipo de estaciones de mezcla de se utilizara? ¿Qué cantidad de mezcla se realizara para el envasado de bebidas?	Estaciones simples Estaciones compactas Homogéneas Heterogéneas	Bibliográfica Catálogos Observación directa Bibliográfica

Fuente: El Autor (Fabian Medina)

3.4.2. Variable Dependiente

Tabla 3.2: Preparación y dosificación de bebidas

Conceptualización	Dimensiones	Indicado-res	Ítems	Técnicas e instrumentos
PREPACION.-Consiste en la mezcla y cocimiento de agua tratada y azúcar durante treinta minutos. Una vez preparado el jarabe simple, se la filtra utilizando tierra diatomea. Después del filtrado, el jarabe simple se enfría con un intercambiador de calor hasta la temperatura de 20°c DOSIFICADO. Dependiendo del grado de precisión y las características del producto, la dosificación de líquidos y de ingredientes minoritarios se controla en línea con medidores de caudal u otra instrumentación específica para la aplicación.	Elaboración de bebidas Procesos de llenado de bebidas	¿Qué procesos de elaboración se utilizara? ¿Qué procesos de llenado existen?		Observación de directa laboratorio: Bibliográfica Observación directa: Bibliográfica Catálogos

Fuente: El Autor (Fabián Medina)

3.5. Técnicas de Recolección de La Investigación

En el desarrollo de la investigación se utilizará las siguientes técnicas de recolección de la información:

Tabla 3.3: Técnicas de recolección de la Información

Técnicas	Tipos	Instrumentos	Instrumentos de Registros
Observación	Directa	Ficha de campo	Papel y Lápiz

Fuente: El Autor (Fabián Medina)

Toda la información será recolectada mediante observación directa para que nos permita estar en contacto con el objeto de estudio y con ayuda de una ficha de campo describiremos lo observado, destacando los aspectos más sobresalientes logrando así información que sirva de aporte para la construcción de la estación de mezcla.

3.6. Procesamiento y Análisis de la Información

3.6.1. Plan De Procesamiento de la Información

El procesamiento de la información se realizó durante la observación donde se determinaron los parámetros que se consideren necesarios e importantes y que será anotado toda la información recolectada y que permita ser utilizada para la implementación de componentes y materiales a utilizar en el proyecto. Además cabe destacar que las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de la información serán aplicados en lugares donde estén relacionados con el tema de investigación, con el propósito de obtener resultados que sirven de aporte a la investigación.

CÁPITULO IV

Análisis e Interpretación de Resultados

4.1. Análisis de Resultados.

La finalidad clara de dar una visión del tipo de control lógico programable, estaciones de mezclado , la dosificación y preparación de bebidas, a utilizase en el sistema de envasado y embotellado de la facultad, se realizó mediante el análisis de información documental recopilada en revistas técnicas, páginas web y libros que han sido publicados en el internet; lo cual nos permitió formar alternativas, las cuales se analizaran de acuerdo a las partes que constituirán el control de mezcla y la máquina mezcladora.

4.1.1. Parámetros de Funcionamiento

El control de una estación de mezcla escogido debe satisfacer las inquietudes del prototipo de envasado y embotellado, teniendo en cuenta el espacio disponible del Laboratorio de Automatización, por lo que se ha establecido parámetros tanto de funcionamiento como también de diseño, los cuales se describen a continuación.

Parámetros de Funcionalidad

El control lógico programable y la estación de mezcla seleccionados cumplirá todas las exigencias para la que fueron desarrollados las cuales se detallan a continuación.

- Permitir la mezcla de cantidades establecidas de componentes para la elaboración de bebidas
- El control lógico programable conducirá una dosis y mezcla ponderadas de los componentes
- Conducir la mezcla resultante hacia el sistema de llenado

Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño están seleccionados para satisfacer las necesidades del sistema de envasado y embotellado, por lo cual la máquina seleccionada debe cumplir los siguientes parámetros:

- Una mezcla homogénea de los componentes requeridos para la preparación de las bebidas refrescantes
- La cantidad de producción de mezcla y dosificación deben permanecer contantes para ser enviados al sistema de llenado.

4.1.2. Conformación de Alternativas.

4.1.2.1. Clasificación de Controles.

Alternativa 1.- Control por Computadoras

El sistema de control por computadora permite emplear un computador para ordenas un sistema físico real, con el cual se puede controlar un auto, una casa domotizada, un sistema de aire acondicionado, los complejos sistemas de control, los autos de fórmula 1, las naves espaciales, etc. Con el control por computador se consigue que el ordenador interaccione con objetos y mecanismos

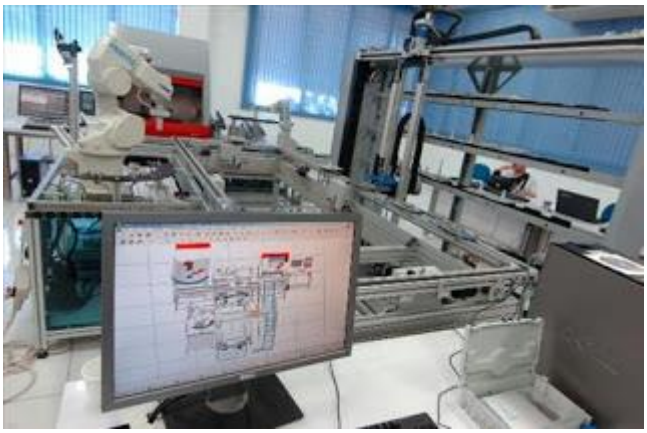


Figura 4.1: Control por Computadoras

Fuente: http://roboticamkinforme.blogspot.com

Ventajas de control por computadora

- **Potencia:** el control digital permite un procesamiento más sofisticado que el control analógico. La implementación de funciones no lineales complejas ya no suponen ningún problema pues se reducen a una línea de programa dentro del algoritmo de control.
- **Precisión:** aunque en el control digital aparecen retardos de cálculo, efectos de cuantización (errores en las conversiones A/D y D/A), su precisión es superior a los sistemas de control analógico
- **Versatilidad:** el cambio de un esquema de control a otro consiste únicamente en el cambio de una línea de programa.
- **Eficacia:** un único computador puede implementar múltiples tareas, desde varios lazos de control hasta sistemas monitor, comprobación de errores, presentación de resultados, etc.
- **Fiabilidad:** toda la teoría desarrollada para la fiabilidad y tolerancia a fallos en sistemas de Microprocesadores son también aplicables en el control, haciendo de éste un método fiable y seguro.
- Interfaz con el operador más amigable y potente por medio de periféricos fáciles de utilizar (Teclados, ratones...) y de presentaciones gráficas, ventanas, menús.

Desventajas de control por computadora

- En ciertos sistemas es más caro que el control analógico
- Los operadores deben de saber algo sobre informática
- Errores de cuantificación en ADC
- Errores por muestra insuficiente
- Reconstrucción imperfecta de una señal continúa

Alternativa 2.- Micro Controladores

Un micro controlador es un circuito integrado que contiene toda la estructura de un microcomputador, ósea CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida. Los

resultados, algunos micro controladores más especializados poseen además convertidores analógicos digitales, temporizadores, controles y un sistema para permitir la comunicación es serie y en paralelo.

Sus campos de aplicación son muy ilimitados entre ellas se puede mencionar : sistemas de alarmas, juegos de luces, paneles publicitarios, controladores automáticos para la industria en general, control de motores DC/AC, motores paso a paso, control de máquinas, control de temperaturas, tiempos, adquisición e datos mediante sensores, etc.

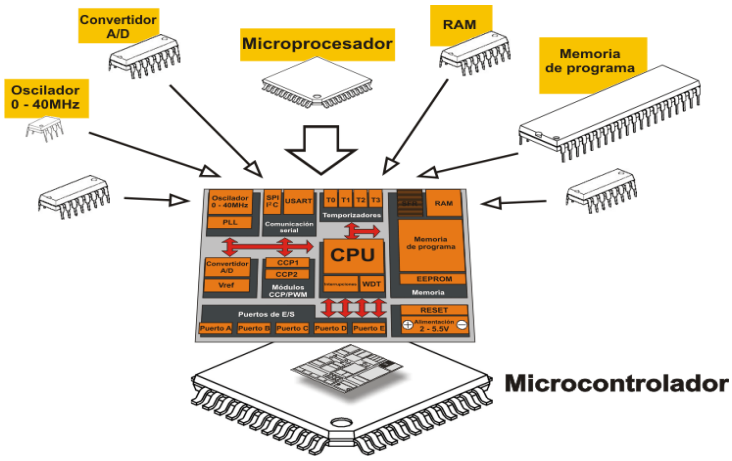


Figura 4.2: Micro Controladores

Fuente: www.mikroe.com

Ventajas.

- Relativamente fácil de programar
- Ocupa espacio muy reducido
- Es diseñado para cosas específicas
- Su instalación demanda de mano de obra especializada

Desventajas.

- Conocimiento avanzado de micro controladores
- El costo está en función en la complejidad de tareas
- Son muy sensibles a la electroestática
- Se ajustan a las especificaciones del usuario

Alternativa 3.- Controles Autómata Programable

Un autómata programable industrial (API) o Programable Logic Controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.
Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y en programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.



Figura 4.3: Controlador Autómata Programable
Fuente: www.fricom.es

Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.
Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc, por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.
Ventajas y Desventajas
No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las

innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones obligan a referirse a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Desventajas

- Como inconvenientes se puede mencionar , en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a unos e los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento

- Mano de obra especializada
- Las condiciones ambientales deben ser apropiadas

4.1.3. Selección del Método Adecuado de Control Lógico Programable.

Para seleccionar el modelo adecuado hemos tomado en cuenta el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados. (Riba i Romeva, 2002).Este método nos ayuda a encontrar una posible solución en base a tablas que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad, y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Los criterios seleccionados se confortan entre ellos, para realizar las tablas se asignan la siguiente escala de valores.

Tabla 4.1: Valores asignados para la tabulación de ponderaciones

• 1 Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas.
• 0,5 Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
• 0 si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: Criterios Ponderados. (Riba i Romeva, 2002)

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

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

4.1.4. Parámetros de Evaluación:

Hemos tomado en cuenta para la evaluación los parámetros más representativos que son los siguientes:

Costo.- Puesto que la máquina a diseñarse debe tener un costo moderado e inferior al costo de adquisición de la misma por importación.

Espacio.- Debe ser manejable ya que dicha máquina estará ubicada en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil-Mecánica.

Manejo.- Debe ser de fácil manejo y didáctica ya que va a ser usada por los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Montaje.- La máquina debe ser de fácil montaje porque su posicionamiento en los laboratorios no será fijo.

Tecnología.- Debe ser tecnológicamente comprensible ya que está destinada para satisfacer el conocimiento de los estudiantes de la facultad

Tabla 4.2: Valoración de parámetros para selección de alternativas

Costo >Tecnología > Espacio =Tipo de control > Manejo = Montaje								
Criterio	Costo	Tecnología	Espacio	Tipo de control	Manejo	Montaje	Σ + 1	Ponderado
Costo		1	1	1	1	1	6	0.29
Tecnología	0		1	1	1	1	5	0.24
Espacio	0	0		0.5	1	1	3.5	0.17
Tipo de control	0	0	0.5		1	1	3.5	0.17
Manejo	0	0	0	0		0.5	1.5	0.07
Montaje	0	0	0	0	0.5		1.5	0.07
						SUMA TOTAL	21	1.00

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Costo

La valoración del costo de cada alternativa se lo hace de acuerdo a los componentes existentes de los equipos de producción, así por ejemplo.

- El control por computadora, aunque es evidente que la automatización disminuye en alto porcentaje la fuerza laboral no calificada, también reduce la participación de los salarios en total de costo de producción, es decir automatizar no incluye necesariamente la reducción del costo de producción, por otro lado el costo de un equipo se promedia de acuerdo a la ocupación a la que se desempeñe de tal manera que se encuentran precios desde 600 a 1200 dólares.
- Los micro controladores están diseñados para reducir costos, ya que su empleo está especificado de acurdo al principio de funcionamiento dado, o la operación que cumpla.
- Un PLC aunque son de costo muy variable, dependiendo de sus entradas, salidas y empleo, son más accesibles al momento de su selección puesto que su fácil manejo y programación implican mucho al momento de uso en la producción en las diferentes industrias que emplean autómatas programables.

Tabla 4.3: Evaluación del peso específico del criterio Costo

Alternativa3> Alternativa2 > Alternativa 1					
Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ + 1	Ponderado
Alternativa 1		0	0	1	0.17
Alternativa 2	1		0	2	0.33
alternativa 3	1	1		3	0.50
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: **F**abián Medina (Autor)

Evaluación del Peso Específico del Criterio Espacio

- Para la ubicación de los componentes de un computador en un sistema de producción a gran escala, no es factible, puesto que ocupan gran espacio en el proceso
- Los microcontroldores ocupan espacio físico muy reducido, puesto sus que se manejan por tarjetas o unidades centrales de procesamientos, las cuales son de estructuras pequeñas.

- Los autómatas programables requiere mucho menos espacio que el control de relés, de manera que normalmente se reduce la superficie de montaje por la desaparición de armarios independientes.

Tabla 4.4: Evaluación del peso específico del criterio Espacio

Alternativa 3> Alternativa 2 = Alternativa 1					
Espacio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ + 1	Ponderado
Alternativa 1		0.5	0	1.5	0.25
Alternativa 2	0.5		0	1.5	0.25
Alternativa 3	1	1		3	0.50
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Manejo

- El computador permite un manejo adecuado de sus componentes y circuitos integrados así como también sus partes constituyentes como el Hardware y software siendo esta la parte intangible para la adquisición de datos de programación, información, etc. Desde el punto de vista funcional es una máquina que posee, al menos, una unidad central de procesamiento, una memoria principal y algún periférico o dispositivo de entrada y otro de salida. Los dispositivos de entrada permiten el ingreso de datos, la CPU se encarga de su procesamiento (operaciones aritmético-lógicas) y los dispositivos de salida los comunican a otros medios. Es así, que la computadora recibe datos, los procesa y emite la información resultante, la que luego puede ser interpretada, almacenada, transmitida a otra máquina o dispositivo o sencillamente impresa; todo ello a criterio de un operador o usuario y bajo el control de un programa.

- El manejo de un micro controlador implica tener el conocimiento de que dispositivos usar al momento de conformar la tarjeta de control que será utilizado en la producción, por lo que es necesario conocer el tipo de

procesamientos de datos, las entradas y salidas que posean, el diseño de placa y la capacidad de la memoria que será utilizada.

- Los Autómatas programables, dado que la función básica del equipo de programación es introducir y corregir datos de un programa y los diferentes equipos que lo conforman, es de fácil manejo, ya que muchas veces su presentación puede tener un aspecto entre uno y otro fabricante, los PLC abarcan deferentes tipos de lenguajes como (LD, IL, SFC, FBD),cada uno de estos lenguajes abarcan funciones lógicas independientes que asumen trabajos independientes como la asociación de símbolos, control de hardware y software, trabajos técnicos habituados con compuertas lógicas y programación en un lenguaje comprensible para el usuario.

Tabla 4.5: Evaluación del peso específico del criterio Espacio

Alternativa 1 = Alternativa 2 =Alternativa 3					
Manejo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ + 1	Ponderado
Alternativa 1		0.5	0.5	2	0.33
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.33
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.33
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Montaje

- El montaje del control por computadora se caracteriza por encadenar secuencias de procesos que convergen hacia una línea continua en la que se ensamblan los productos finales.

- Para realizar el montaje en el micro controlador, es necesario tener el conocimiento previo de las placas y micros utilizados en cada proceso, puesto que las entradas y salidas de los controladores están especificadas para su funcionamiento. En cualquier caso se recomienda consultar en

cada caso la documentación proporcionada por el fabricante de cada micro.

- Para la mayoría de aplicaciones el montaje del PLC en paneles metálicos es muy recomendado, con el objeto de proteger a los componentes del polvo conductivo, humedad y otras substancias corrosivas y dañinas. Los recintos metálicos también ayudan a minimizar los efectos de la radiación electromagnética, que puede ser generada por equipos aledaños

Tabla 4.6: Evaluación del peso específico del criterio Montaje

Alternativa 1 = Alternativa 3> Alternativa 2					
Montaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ + 1	Ponderado
Alternativa 1		1	0.5	2.5	0.42
Alternativa 2	0		0	1	0.17
Alternativa 3	0.5	1		2.5	0.42
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Tecnología

- La programación por computadoras es una de las tecnologías más utilizadas en la actualidad, puesto que en el diario vivir la computadora es un instrumento esencial y utilizado en cualquier ámbito productivo.

- En el micro controlador, es necesario tener conocimiento de cada uno de componentes que intervienen en el proceso, ya que cada micro tiene independencia de funcionamiento.

- La tecnología de un PLC permite ofrecer servicio de comunicaciones de banda ancha a través de redes eléctricas. Los PLC, han sido de gran atención en los últimos años ya que el cableado es fácil de elaborar y su

programación no es tan difícil teniendo los conocimientos previos de la tecnología.

Tabla 4.7: Evaluación del peso específico del criterio Tecnología

Alternativa 3 = Alternativa 2 > Alternativa1					
Tecnología	alternativa 1	alternativa 2	alternativa 3	Σ + 1	Ponderado
Alternativa 1		0	0	1	0.17
Alternativa 2	1		0.5	2.5	0.42
Alternativa 3	1	0.5		2.5	0.42
			SUMA TOTAL	6	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Tabla 4.8: Conclusiones

Alternativas	Costo	Tecnología	Espacio	Manejo	Montaje	Σ	Perspectivas
Alternativa 1	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03	0.27	3
Alternativa 2	0.10	0.10	0.04	0.02	0.01	0.33	2
Alternativa 3	0.14	0.10	0.08	0.02	0.03	0.41	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Realizando el Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados, tememos que la solución más viable para el presente estudio es la alternativa 3, por acercarse más a las expectativas de la investigación, es decir se utilizara un control autómata programable (PLC), por su flexibilidad y funcionamiento coordinado en cada proceso utilizado.

4.1.5. Clasificación de Estaciones de Mezcla

Modelo A.- Mezclador Centrífugo Mcd Turmix

Permite un eficiente mezclado de un líquido y una gran variedad de componentes en polvo y líquidos viscosos.

Consta de un cabezal centrífugo mezclador, con alimentación directa del fondo de un tanque preparado para este fin, obligando a pasar la fase líquida y los agregados sólidos y/o líquidos viscosos a través de una turbina y grilla que provoca una mezcla íntima de los componentes.

El mayor beneficio de la aplicación de este sistema es la mezcla rápida de polvos o granulados con agua o líquidos, brindando una solución muy importante en la industria de alimentos para las preparaciones especiales, y en particular para la reconstitución de leche u otras formulaciones lácteas.

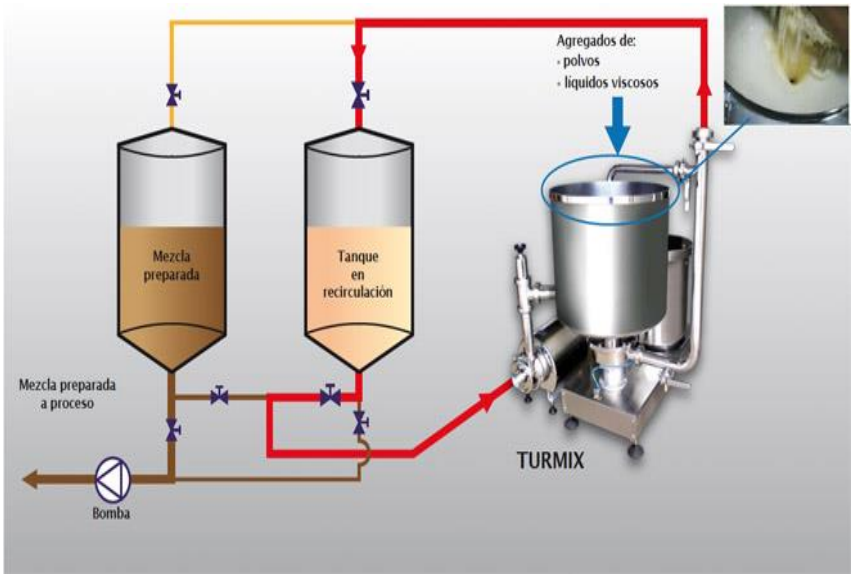


Figura 4.4: Mezclador Centrífugo MCD Turmix

Fuente: SIMES S.A, Santa Fe (1970)

Modelo B.- Estación de mezcla IPA

La estación IPA de mezcla permite la combinación exacta de cantidades preestablecidas de dos fluidos. El control automático conduce a una dosificación y mezcla ponderada de los componentes. Se puede conducir el líquido resultante, ya listo, hacia otra estación.



Figura 4.5: Estación de mezcla IPA

Fuente: LUCAS NUELLE (1974)

Contenidos

- Montaje, cableado y puesta en marcha de una planta de procesos técnicos
- Selección, empleo y conexión de diferentes sensores
- Medición de magnitudes eléctricas y de procesos técnicos como, por ejemplo, nivel de llenado y caudal
- Control de la mezcla
- Empleo y conexión de transductores de medida
- Montaje y puesta en operación de bucles cerrados de control Análisis de sistemas controlados y de bucles cerrados de control
- Puesta en marcha de controladores continuos y discontinuos
- Parametrización y optimización de controladores P, PI y PID
- Diseño de programas de control en bucle abierto y cerrado
- Manejo y observación de procesos
- Inspección, mantenimiento y reparación
- Enlace en red de instalaciones destinadas a procesos técnicos

Sus ventajas

- Sensores propios de la ingeniería de procesos para control de nivel y caudal
- Posibilidad de ampliación a discreción con estaciones IPA adicionales: estación compacta, de llenado y sellado
- Modificación del esquema de flujo e integración de otros componentes por medio de un sistema flexible de componentes enchufables
- Activación de la bomba de manera directa o controlada por número de revoluciones
- Operación manual, sin necesidad de equipos adicionales, recurriendo directamente al interruptor de simulación

4.1.6. Modelo C.- Tanque de Mezclado de Alta Calidad Anticorrosiva

Especificaciones

- Tanque de la mezcla para bebidas
- Marco de acero inoxidable

- Cuerpo de vidrio 3. ISO 2001
- Anti- corrosivos 5. un rendimiento estable

Aplicaciones

- La destilación
- La destilación azeotrópica (de separación de fases) en vidrio de arriba(opcional)
- La evaporación a cualquier la consistencia deseada
- Multi- componente de reacciones
- La dispersión de gas por debajo de la superficie del líquido
- Extracción de múltiples fases mezcla
- Cristalización

- Refluxing
- Común para reacciones químicas líquido/líquido, líquido/sólido



Figura 4.6: Tanque de mezcla de alta calidad Anticorrosivo

Fuente: ALIBABA, Zhangjiagang (1999-2013)

Características:

- Tiene una función por goteo
- Inclinado y de dirección bidireccional.
- Frasco de reacción, configurado de agitación, la alimentación, el reflujo de condensación, medición de la temperatura, multi- propósito de ancho de apertura y no- líquido de la acumulación de descarga de fondo de la función; capaz de manera flexible a extender más funciones como el goteo, de rectificación, de separación de líquidos, etc.
- 3 Agujero en la tapa opcionales para extender el cuello ancho para funciones diferentes
- Permite la separación de líquidos
- La destilación de recibir
- Puede equipar con la bobina de enfriamiento para el baño y enfriamiento.
- Permite la absorción de la muestra.
- Permiten un tiempo de descarga o de mudanza fácil.

4.1.7. Parámetros de Evaluación:

Hemos tomado en cuenta para la evaluación los parámetros más representativos que son los siguientes:

Costo.- Puesto que la máquina a diseñarse debe tener un costo moderado e inferior al costo de adquisición de la misma por importación.

Manejo.- Debe ser de fácil manejo y didáctica ya que va a ser usada por los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

Montaje.- La máquina debe ser de fácil montaje porque su posicionamiento en los laboratorios no será fijo.

Medición.- Debe ser capaz de proporcionar la cantidad requerida para el envasado.

Control.- El sistema de control debe ser preciso y comprensible ya que está destinada para satisfacer el conocimiento de los estudiantes de la facultad

Tabla 4.9 Valoración de parámetros para selección de alternativas

Costo >Montaje > Manejo >Mezcla = Control > Medición								
Criterio	Costo	Montaje	Manejo	mezcla	Medición	control	Σ + 1	Ponderado
Costo		1	1	1	1	1	6	0.32
Montaje	0		1		1	1	4	0.21
Manejo	0	0		1	1	1	4	0.21
Mezcla	0	0	0		1	0.5	2.5	0.13
Medición	0	0	0	0		0	1	0.05
Control	0	0	0	0	0.5		1.5	0.08
						SUMA TOTAL	19	1.00

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Costo

La valoración del costo de cada alternativa se lo hace de acuerdo a los materiales de producción, así por ejemplo.

- Mezclador Centrífugo MCD Turmix, consta de un cabezal centrífugo mezclador, con alimentación directa del fondo de un tanque preparado para este fin, obligando a pasar la fase líquida y los agregados sólidos y/o líquidos viscosos a través de una turbina y grilla que provoca una mezcla íntima de los componentes, por lo que tiene un costo de fabricación de 6000 dólares americanos.
- La estación de mezcla IPA consta de materiales accesibles a su obtención puesto que se los puede adquirir con facilidad y sus costos no aborda una suma cuantiosa
- El tanque de mezcla de alta calidad Anticorrosivo, costa en sus partes de materiales costosos, puesto que está constituido por materiales netamente en acero inoxidable.

Tabla 4.10: Evaluación del peso específico del criterio Costo

MODELO B > MODELO C > MEDELO A					
Costo	MODELO A	MODELO B	MODELO C	Σ + 1	Ponderado
MODELO A		0	0	1	0.20
MODELO B	1		0	2	0.40
MODELO C	1	0		2	0.40
			SUMA TOTAL	5	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Montaje

- Un Mezclador Centrífugo Turmix, es dificultoso para su montaje puesto que son máquinas que están compuestas por un cabezal centrifugo mesclador, con alimentación directa del fondo de un reservorio preparado para este fin, obligando a pasar la fase liquida y los agregados solidos o

líquidos viscosos a través de una turbina y grilla que provoca una mezcla intima de los componentes.

- La estación IPA, tiene un montaje de cableados y puesta en marcha de una instalación útil para procesos técnicos, un empleo y conexión de diferentes sensores, la operación de bucles abiertos y cerrados de control, puesta en marcha de controladores continuos y discontinuos, paramentrización y optimización de controladores P, PI, PID y un controlador lógico programable fáciles de manejo e instalación
- En un mezclador anticorrosivo el montaje es más complejo puesto que necesita de partes y componentes que van fuera de ensamblaje.

Tabla 4.11: Evaluación del peso específico del criterio Montaje

MODELO B >MODELO C = MODELO A					
Montaje	MODELO A	MODELO B	MODELO C	Σ + 1	Ponderado
MODELO A		0	0	1	0.20
MODELO B	0		1	2	0.40
MODELO C	0.5	0		1.5	0.30
			SUMA TOTAL	4.5	0.9

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Manejo

- El manejo de un mezclador túrmix, se lo hace a base de un operador manual, ya que debe estar pendiente de su funcionamiento puesto que su equipo esta acoplado directamente a un motor, montado sobre mesa con un acople por correa polea y su bomba de alimentación debe ser controlada permanentemente por el impulso que provoca.
- En una estación de mezcla IPA en manejo es fácil, ya que el sistema contenido es un autómata programable, que funciona coordinadamente con una secuencia específica de programación que controla todas sus componentes mecánicos y eléctricos.

- El mezclador anticorrosivo el manejo se lo hace necesariamente por medio de un operador que este pendiente de su funcionamiento.

Tabla 4.12: Evaluación del peso específico del criterio Manejo

MODELO A > MODELO B > MODELO C					
Manejo	MODELO A	MODELO B	MODELO C	Σ + 1	Ponderado
MODELO A		1	1	3	0.60
MODELO B	0.5		1	2.5	0.50
MODELO C	0.5	0.5		2	0.40
			SUMA TOTAL	7.5	1.5

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Medición

- La medición de un tanque túrmix es especificado por el fabricante, puesto que se puede mezcla varios elementos y en cantidades seleccionadas de acuerdo al producto a preparase, por poseer tanques de soluciones preparadas.

- La estación IPA realiza su medición, mediante magnitudes eléctricas y e procesos técnicos como por ejemplo (sensores nivel de llenado y caudal, control de la preparación y empleo y conexión de transductores de medida).

- En sistema de mezcla anticorrosivo el operador adapta las mediciones y componentes.

Tabla 4.13: Evaluación del peso específico del criterio Medición

MODELO A >MODELO C = MODELO B					
Medición	MODELO A	MOELO B	MODELO C	Σ + 1	Ponderado
MODELO A		1	1	3	0.60
MODELO B	0		0.5	1.5	0.30
MODELO C	0	0.5		1.5	0.30
			SUMA TOTAL	6	1.2

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Evaluación del peso específico del criterio Control

- El control del sistema túrmix es de forma manual, y de acuerdo al tiempo de mezclado ya que es una máquina de grandes dimensiones que prepara disoluciones del 80% viscosa.
- La estación de mezcla IPA tiene un sistema de control por PLC, especificado para cada función que se le dé en la producción.
- El control de una estación anticorrosiva se lo hace de forma manual

Tabla 4.14: Evaluación del peso específico del criterio Control

MODELO A > MODELO B> MODELO C					
Control	MODELO A	MODELO B	MODELO C	Σ + 1	Ponderado
MODELO A		1	1	3	0.60
MODELO B	0		1	2	0.40
MODELO C	0	0		1	0.20
			SUMA TOTAL	6	1.2

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Tabla 4.15: Conclusiones

Modelos	Costo	Montaje	Manejo	Mezcla	Medición	Control	Σ	Perspectivas
MODELO A	0.06	0.04	0.13	0.05	0.03	0.05	0.36	3
MODELO B	0.13	0.08	0.11	0.05	0.02	0.03	0.42	2
MODELO C	0.13	0.06	0.08	0.05	0.02	0.02	0.36	1

Fuente: Fabián Medina (Autor)

Realizando el mismo modelo como para la elección de sistema de control, tememos que la solución más viable para el presente estudio es el modelo B, por acercarse más a las expectativas de la investigación, es decir se utilizara el modelo de la estación de mezcla IPA para realizar el proyecto expuesto.

4.2.Interpretación de datos.

4.3. Verificación de Hipótesis

De acuerdo a la hipótesis planteada en el proyecto, la verificación está basada en los datos obtenidos en las tablas de ponderación realizadas, las cuales nos arrojan resultados valiosos con los cuales se toma las consideraciones para la elaboración de la estación de mezcla.

El análisis hecho para el sistema de control más idóneo y que nos facilitara el manejo y control de los componentes neumáticos y eléctricos que conforman la estación es la alternativa 3, que es un autómata programable (PLC FC 010), por flexibilidad para automatizar, ya que posee 8 entradas y 8 salidas con módulos de expansión, con rapidez de respuesta y ampliación de sus entradas y salidas mediante adición de módulos

La ponderación realizada para la selección de la estación de mezcla más óptima, arrojo resultados que nos ayudaron a seleccionar el modelo B (estación de mezcla

IPA) con la cual nos basaremos para la construcción de la máquina requerida, ya que permite la combinación de cantidades preestablecidas de fluidos, tiene una selección de conexiones de diferentes sensores de medición de llenado de caudal, manejo de bucles abiertos y cerrados, la parametrización de controladores P, PI, PID, y se puede hacer una inspección, mantenimiento y reparación de sus componentes

El tiempo obtenido y el porcentaje de jarabe encontrado nos dan una solución de mezcla homogénea que se implementará en el sistema de control del PLC, mediante el cual se dosificara de la manera exacta cada uno los elementos que interviene en proyecto.

Con la adaptación de la estación de mezcla y el módulo de agitación por hélice se lograra optimizar el tiempo del proceso antes realizado en un 40% en el promedio, y la vez reducir el tiempo de llenado mediante un sistema cíclico.

CAPÍTULO V

Conclusiones Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- La estación de mezcla implementada en el sistema de envasado y embotellado de la facultad, utiliza parámetros seleccionados en el capítulo 4 mediante ponderación, en el cual se logró escoger el modelo B, por constar con un sistema de control de la mezcla, puesta en marcha de controladores continuos y discontinuos, el manejo y observación del proceso y su operación automática como manual, sin necesidad de equipos adicionales.

- Al realizar la selección del proceso de control aplicable mediante un PLC FL 010 se logró mejora la calidad de producción requerida, ya que la flexibilidad y manejo de este componente es adecuados para el proyecto, por lo que se obtuvo un proceso cíclico de la estación.

- La estación de mezcla seleccionada es un referente que nos servirá para la elaboración del proyecto, puesto que los componentes que intervienen en dicha estación son de fácil disponibilidad en el medio nos facilita el estudio de los parámetros propuestos, tanto en la parte mecánica como también en la parte programable.

5.2. Recomendaciones

- El diseño de la estación de mezcla se realizó de acurdo a la investigación y considerando los parámetros de los fluidos que se van a mezclar, y tomando en cuenta sus propiedades físicas y mecánicas, las revoluciones a las que trabaja el agitador, el tipo de hélice seleccionado para la correcta

concentración de las sustancias, las cuales se ajustan a las necesidades del sistema de envasado y embotellado que se está implementando en la facultad de Ingeniería Mecánica

- Diseñar la hélice acorde a las necesidades de los fluidos que interviene en la mezcla, la cual nos proporciona una mezcla homogénea del producto.

- Seleccionar los materiales para la construcción de la estación de mezcla, de acuerdo a la normativa específica en alimentación, puesto que están directamente en contacto con los fluidos seleccionados para el proyecto, los cuales son de consumo humano.

- Utilizar un sistema automatizado (PLC), que facilita la eficiencia del sistema de envasado ya que se puede seleccionar diferentes funciones lógicas que beneficien al proyecto

CAPÍTULO VI

Propuesta

6.1. Datos Informativos

6.1.1. Título

IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE MEZCLA POR AGITACIÓN, APLICABLE AL SISTEMA DE ENVASADO Y EMBOTELLADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

6.1.1.1. Institución Ejecutora

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

6.1.1.2. Beneficiarios

- Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica
- Prototipo de envasado y embotellado
- Estudiantes afines a la carrera

6.1.1.3. Localización

Cantón Ambato de la Provincia del Tungurahua

6.1.1.4. Estimación del tiempo para ejecución

Inicio: Ambato 11 de julio del 2013
Culminación: Ambato 11 de julio del 2014

6.1.1.5. Técnicos Responsables

Néstor Fabián Medina Villegas, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato

6.2. Antecedentes de la Propuesta

La estación de mezcla y sistema de control lógico programable escogidos para el trabajo se han seleccionado mediante un análisis ponderado, debido a que entre los diferentes modelos encontrados, la estación IPA resulto la más idónea tanto por el costo, montaje, manejo, medición y control, factores que permitirán una adecuada adaptación al sistema de envasado y embotellado; además contara con sistema de control adecuado y fácil de manipular, permitiendo sujetarse a las necesidades de sistema antes mencionado.

La gran demanda de bebidas refrescantes y jugos, han hecho que las empresas envasadoras de estos productos tengan más cuidado al elaborar las mezclas adecuadas de jarabes y néctares terminados, puesto que de esto depende que sea apetecible al consumo humano.

6.3. Justificación

La importancia de realizar este proyecto es con la finalidad de incorporar la estación de mezcla al sistema de envasado y embotellado, la cual permitirá el mejoramiento operacional, así como también los estudiantes podrán realizar prácticas tanto en el aspecto de control industrial y mecánica de fluidos, ya que hoy en día la industria alimenticia cuentan con sistemas sofisticados y de alta tecnología que les permite competir en el mercado.

6.4. Objetivos

6.4.1. Objetivo General

- Implementar una estación de mezcla por agitación que permita la combinación homogénea del jarabe de fresa y agua filtrada apta para el consumo humano, la cual permita mejorar el sistema de envasado y embotellado de los Laboratorios de la Facultad

6.4.2. Objetivos Específicos

- Dimensionar cada una de las partes que constituyen la estación de mezcla y permita mejorar el sistema de envasado y embotellado
- Seleccionar el sistema de control lógico programable que permita un funcionamiento operacional de la mezcladora
- Seleccionar las bombas adecuadas para accionar el sistema de funcionamiento y mezcla adecuada de los componentes escogidos
- Evaluar el rendimiento de la estación de mezcla para que pueda ser acoplado al prototipo de envasado y embotellado

6.5. Análisis de Factibilidad

El diseño y la construcción de una estación de mezcla en la actualidad es factible, debido a que en las empresas dedicadas al envasado de bebidas refrescantes existen sistemas más complejos y similares, de los cuales se pueden aprovechar los principios de funcionamiento y llegar al diseño ideal, aplicando tecnología adquirida en el transcurso de los años de estudio de los estudiantes.

Por otra parte se desarrollara el proyecto en los Laboratorios de la Facultad, la cual cuanta con el espacio físico disponible y los instrumentos adecuados para la automatización de la estación de mezcla proporcionando así condiciones favorables para su funcionamiento.

Los materiales seleccionados para la construcción de la estación de mezcla son de fácil adquisición ya que se pueden encontrar en las distribuidoras locales, con las especificaciones que se acogen en las normas vigentes para construcción de equipos alimenticios.

Con la propuesta planteada se mejorar la producción del prototipo de envasado y embotellado, debido a que se disminuirá los tiempos de mezcla y se agilitara la el sistema de dosificación del prototipo.

6.5.1. Prueba de Mezcla

En la elaboración de todas las bebidas, se utilizan ingredientes y aditivos. En efecto, el agua utilizada debe ser tratada a través de procesos físicos y/o químicos, de manera que este apta para ser utilizada en la elaboración del jarabe concentrado, a este se le adicionan los saborizantes, acidulantes y preservantes dándole a las bebidas características especiales.

En la actualidad no existe una norma que indique las proporciones de los componentes en la preparación de las bebidas, ya que es confidencial de cada fabricante.

Para los parámetros de las prueba de mezcla, se tomara en cuenta los grados Brix, la densidad y viscosidad de tres productos reconocidos en el mercado, los cuales servirán de referente para la obtención de la mezcla deseada que se asemeje a las bebidas ya existentes.

Medición de los grados Brix.

Los grados Brix (°Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.
Los grados Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o más fácilmente, con un refractómetro.



Figura 6.1: Refractómetro

Fuente: Laboratorio de Físico- Química de la facultad de Ing. en Alimentos

En la tabla 6.1 se indica la obtención de los grados Brix, de las bebidas que se tomaron como referentes y el jarabe concentrado que son utilizados en el proyecto, los datos obtenidos nos servirán como guía para adquirir los porcentajes deseados para la preparación de la mezcla requerida para el problema planteado en esta tesis.

Tabla 6.1: Grados Brix obtenidos por medición en el Refractómetro

PRODUCTO	° BX	TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD (ml)
Jarabe Concentrado	40	20	50
Coca Cola	10	20	50
Pepsi	10.5	20	50
Tropical	9	20	50

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Los datos adquiridos en la tabla 6.1, nos proporcionan la idea más clara para saber a los grados Brix a los que la mezcla a obtenerse tiene que asemejarse. Los porcentajes que requieren los componentes a mezclarse como el jarabe concentrado y el agua purificada, varían del 30 al 22 por ciento de jarabe y del 70

al 78 por ciento de agua, los cuales se muestran en la tabla 6.2, son los requeridos para alcanzar los grados Brix que tiene la bebida más comercial que es la coca cola.

A continuación se ilustra fotos del proceso realizado en las pruebas:



Figura 6.2: Medición de los grados Brix del jarabe concentrado y el agua purificada

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Las mediciones obtenidas en el Refractómetro, con los porcentajes escogidos del agua y el jarabe son los valores referenciales para que la muestra que vamos a obtener se asemeje a las escogidas como parámetro de refinamiento en la elaboración de la bebida que queremos alcanzar.

Tabla 6.2: Valores de grados Brix obtenidos

NÚMERO DE PRUEBAS	° BX	AGUA (%)	JARABE CONCENTRADO (%)	TEMPERATURA (°C)	CANTIDAD (ml)
1	13	70	30	20	50
2	10.5	75	25	20	50
3	9.8	78	22	20	50

Fuente: Fabián Medina (investigador)

CONCLUSIÓN:

En las pruebas de mezclado realizadas, se demuestra que al disminuir el jarbe concentrado hasta el 22%, y al aumentar el porcentaje de agua en un 78 %, se obtiene 9.8° BX en la concentración de los dos líquidos

Estos porcentajes encontrados en las pruebas nos servirán para realizar las pruebas automáticas en la estación de mezcla y tener una idea de la cantidad que se proporcione en el recipiente para la mezcla y hallar una dosificación comparativa con los productos que se encuentran en el mercado.

Cálculo de la Densidad y Viscosidad de los líquidos.

La manera más segura de comprobar que los componentes de los líquidos en cuestión, estén semejantes con los líquidos que se conocen en el mercado consumidor, es calcular su densidad y viscosidad, para así comprobar si el porcentaje de jarabe y agua que contienen las muestras de la tabla 6.2 coinciden con las ya conocidas en el ámbito comercial.

El cálculo de la Densidad de cada muestra es realizada en una probeta de 50ml, obteniendo el peso, para encontrar su densidad mediante la formula $\rho = m/v$



Figura 6.3: Prueba de mezcla con medición de presión

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Tabla 6.3: Medición de la Densidad de la muestra Coca Cola

PRIMERA MUESTRA (COCA COLA)			
NÚMERO DE MEDICIONES	**PESO DE LA MUESTRA (gr)**	**CANTIDAD DE LA MUESTRA(ml)**	**TEMPERATURA (°C)**
1	51.60	50	20
2	51.75	50	20
3	51.72	50	20
PROMEDIO	**51.69**		

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Entonces la densidad de la COCA COLA es:

$$\rho = m/v \qquad \text{Ecu. (6.1)}$$

$$\rho = \frac{0.05169}{0.00005}$$

$$\rho = 1.033 kg/m^3$$

Tabla 6.4: Medición de la Densidad de la muestra Pepsi

SEGUNDA MUESTRA (PEPSI)			
NÚMERO DE MEDICIONES	**PESO DE LA MUSTRA (gr)**	**CANTIDAD DE LA MUESTRA(ml)**	**TEMPERATURA (°C)**
1	51.98	50	20
2	52.02	50	20
3	51.86	50	20
PROMEDIO	**51.95**		

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Entonces la densidad de la PEPSI es:

$$\rho = m/v$$

$$\rho = \frac{0.05195}{0.00005}$$

$$\rho = 1.039 kg/m^3$$

Tabla 6.5: Medición de la Densidad de la muestra Tropical

SEGUNDA MUESTRA (PEPSI)			
NÚMERO DE MEDICIONES	**PESO DE LA MUSTRA (gr)**	**CANTIDAD DE LA MUESTRA(ml)**	**TEMPERATURA (°C)**
1	51.53	50	20
2	51.70	50	20
3	51.50	50	20
PROMEDIO	**51.57**		

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Entonces la densidad de la TROPICAL es:

$$\rho = m/v$$

$$\rho = \frac{0.05157}{0.00005}$$

$$\rho = 1.031 kg/m^3$$

Los resultados obtenidos nos servirán para el cálculo de la Viscosidad de cada muestra.

Para el cálculo de la Viscosidad de la muestra existente en el mercado y la muestra a la que deseamos llegar, se lo hace mediante el viscosímetro de Cannon-Fenske.

El viscosímetro de rutina Cannon-Fenske está esencialmente compuesto de 2 partes del tubo, del tubo con capilar (1) y del tubo de ventilación (2), del reservorio (3), de la marca anular superior de medida M1 (4), de la marca anular inferior de medida M 2 (5), de la bola de entrada (6), del capilar (7) y de la bola de medición (8). El viscosímetro de rutina Cannon-Fenske corresponde a las técnicas de medición de las Normas ISO 3105, ASTM 446 y ASTM D 2515. A través de la pieza adicional de la extensión del tubo (9) el viscosímetro es apto en sistemas de medición automática.

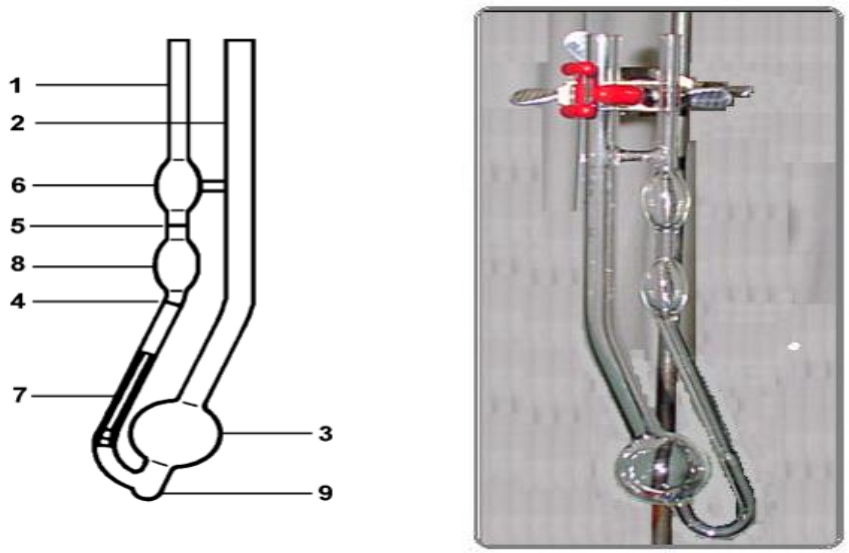


Figura 6.4: Viscosímetro de Cannon-Fenske

Fuente: Laboratorio de Físico- Química de la facultad de Ing. en Alimentos

PROCEDIMIENTO:

1. Para el procedimiento de la medición se prepara el baño de agua y se fija el termostato a la temperatura deseada
2. El viscosímetro se limpia con un solvente adecuado y se seca con aire

3. Se introduce el líquido a medir con la pipeta por el ramal más ancho, para después colocar el capilar en el baño en forma vertical, permitiendo que alcance la temperatura deseada, y dejándola en reposo por 15 min.
4. Con el cronómetro se determina el tiempo en que tarda en liquido en bajar el nivel desde la maraca inferior del bulbo A, a la marca inferior del bulbo B, repitiendo la operación 2 o 3 veces para asegurar la reproducibilidad del resultado.
5. Realizar este procedimiento con agua destilada para conocer el valor de la constante del viscosímetro.



Figura 6.5: Proceso de utilización del viscosímetro

Fuente: Fabián Medina (investigador)

En la tabla 6.6 se muestra los tiempos encontrados mediante la medición en el viscosímetro, con los cuales se procederá a la realización de los cálculos respectivos. Substancia

Tabla 6.6: Toma del tiempo generado en el viscosímetro

SUBSTANCIA	CANTIDAD(ml)	TIEMPO (min)	PROMEDIO DEL TIEMPO	TEMPERATURA (°C)
AGUA DESTILADA	10	1:11,59 1:11,43	1:11,51	20
CACA COLA	10	1:29,53 1:29,43	1:29,48	20
PEPSI	10	1:33,56 1:33,46	1:33, 51	20
TROPICAL	10	1:28,53 1:28,47	1:28, 5	20

Fuente: Fabián Medina (investigador)

La viscosidad se calcula mediante la formula

$$n_2 = \frac{\rho_2 * t_2 * n_1}{\rho_1 * t_1} \qquad \text{Ecu. (6.2)}$$

De donde:

$\boldsymbol{\rho_2}$= Densidad del compuesto

t_2= Tiempo obtenido del compuesto

n_1= Viscosidad del agua a 20°C (Anexo 1)

$\boldsymbol{\rho_1}$= Densidad del agua a 20°C (Anexo 1)

t_1 = tiempo obtenido del agua destilada

Cálculo para la COCA COLA:

$$n_2 = \frac{1.033\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1.29\text{min} * 1.005\text{x}10{-}^3 N * s/m^2}{998.2\text{kg/m}^3 * 1.11\text{min}}$$

n_2 =1.208e-³ N*s/m² = 1.21 cps

Cálculo para la PEPSI:

$$n_2 = \frac{1.039\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1.33\text{min} * 1.005\text{x}10{-}^3 N * s/m^2}{998.2\text{kg/m}^3 * 1.11\text{min}}$$

$$n_2 = 1.2527\text{e-}^3\ \text{N*s/m}^2 = 1.25\ \text{cps}$$

Cálculo para la TROPICAL:

$$n_2 = \frac{1.031\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1.28\text{min} * 1.005\text{x}10{-}^3 N * s/m^2}{998.2\text{kg/m}^3 * 1.11\text{min}}$$

$$n_2 = 1.1970\text{e-}^3\ \text{N*s/m}^2 = 1.197\ \text{cps}$$

Para la comprobación hacemos el mismo cálculo con cada mezcla, con los porcentajes que muestran en la tabla 6.2

Tabla 6.7: Toma del tiempo generado en las diferentes mezclas

NÚMERO DE MEZCLAS (%)	CANTIDAD(ml)	TIEMPO (min)	PROMEDIO DEL TIEMPO	TEMPERATURA (°C)
MEZCLA 1 70-30	10	1:39,53 1:39,23	1:39,38	20
MEZCLA 1 75-25	10	1:32,63 1:31,93	1:32,28	20
MEZCLA 1 78-22	10	1:29,15 1:28,92	1:29, 03	20

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Cálculo para la MEZCLA #1:

$$n_2 = \frac{1.034\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1.39\text{min} * 1.005\text{x}10{-}^3 N * s/m^2}{998.2\text{kg/m}^3 * 1.11\text{min}}$$

n_2 =1.303e-³ N*s/m² = 1.30 cps

Cálculo para la MEZCLA #2:

$$n_2 = \frac{1.034\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1.32\text{min} * 1.005\text{x}10{-}^3 N * s/m^2}{998.2\text{kg/m}^3 * 1.11\text{min}}$$

n_2 =1.238e-³ N*s/m² = 1.23 cps

Cálculo para la MEZCLA #3:

$$n_2 = \frac{1.034\,\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 1.29\text{min} * 1.005\text{x}10{-}^3 N * s/m^2}{998.2\text{kg/m}^3 * 1.11\text{min}}$$

n_2 =1.209e-³ N*s/m² = 1.20 cps

CONCLUSIÓN:

En las pruebas de mezclado # 3 realizadas, se demuestra que al disminuir el jarabe concentrado hasta el 22%, y al aumentar el porcentaje de agua en un 78 %, se obtiene una viscosidad de 1.20 cps, la cual se asemeja a la viscosidad de la bebida más comercial, en la concentración de los dos líquidos, razón por la cual se toma como referente para los demás procesos.

Mezcla Automática

Para realizar las pruebas automáticas tomaremos en cuenta el llenado completo del jarabe concentrado en recipiente, a diferentes niveles de presiones, puesto que

al obtener la curva resultante podamos obtener el porcentaje adecuado de cada componente y lograr una concentración y homogenización del producto requerido

En la tabla 6.8 se expresa la cantidad de jarabe que ingresa en el recipiente utilizado para el proyecto, así como la presión y en tiempo que se demora en llenarse el recipiente completamente.

Tabla 6.8: Prueba de Funcionamiento Automática

CANTIDAD DE JARABE (lts)	TIEMPO (min)	PRESIÓN (Psi)
18	6.55	10
18	4.08	20
18	3.01	30
18	2.15	40

Fuente: Fabián Medina (investigador)

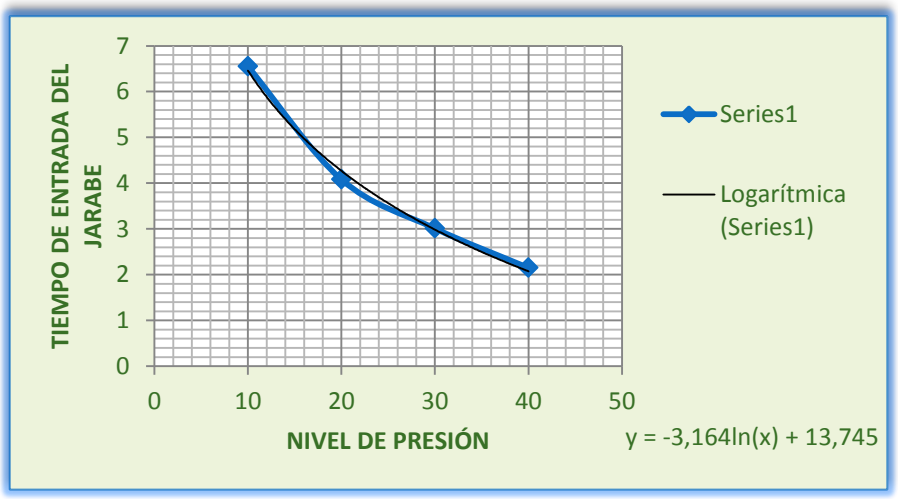


Figura 6.6: Prueba de Funcionamiento Automática

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Como la variación del tiempo con relación a la presión no es de forma lineal, es necesario determinar la curva exacta para que la cantidad de jarabe concentrado no variara en su porcentaje y nos proporcione una mezcla homogénea.

En la curva resultante de la gráfica realizaremos un ajuste de forma logarítmica, para obtener los valores reales de tiempo de entrada de jarabe y la presión

constante en la que debe estar el CO_2, para una cantidad de agua de 18lts del recipiente.

$$y = -3{,}164\ln(x) + 13{,}745$$

6.5.2. Comprobación de Resultados

La comparación de los resultados encontrados en las pruebas realizadas en base a la práctica manual y automática se representa en la tabla 6.9 que a continuación se muestran:

Tabla 6.9: Tabla de promedios mediante

AGUA (lst)	TIEMPO (min)	PRESIÓN (Psi)
18	6,459620766	10
18	4,266503086	20
18	2,983611484	30
18	2,073385407	40
Promedio	3,56047689	25

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Los datos obtenidos mediante en el programa nos da un promedio de 3,54 min de llenado completo del recipiente de jarabe a una presión de 25 Psi, por lo cual de esta cantidad obtendremos el porcentaje correcto de jarabe que debe ingresar para la mezcla y el tiempo exacto, puesto que el porcentaje restante debe ser agua para lograr la homogeneidad correcta de los componentes.

Sacando el promedio del jarabe por el 22 % obtenemos que en tiempo de ingreso a la estación de mezcla es de 1 min con 06 segundos.

Con estos resultados podemos estimar los porcentajes exactos que deben entrar en la estación de mezcla y lograr la bebida homogénea deseada.

6.6. Fundamentación

6.6.1. Parámetros de la Estación de Mezcla

Para implementación de la estación de mezcla, en el sistema de dosificación ya existente en los Laboratorios de la Facultad, se tomó en cuenta el espacio físico y los elementos constituyentes de la estación los cuales se detallaran a continuación:
La selección de cada una de las partes de la estación de mezcla, se realizaron tomando en cuanta diferentes factores fundamentales para el diseño, así como también las normas vigentes en la construcción de máquinas que sirvan en la preparación de productos alimenticios y bebidas.

6.6.2. Sistemas que Constituyen la Estación de Mezcla

La estación de mezcla tiene un sistema de trabajo a presión y eficacia, lo cual nos permite mejorar la productividad en el prototipo de envasado y embotellado.
Las partes principales se detallan a continuación:

6.6.3. Sistema Hidráulico

Es el encargado de proporcionar presión y caudal adecuado de líquidos a la estación, por medio de bombas y motores los cuales transforma la energía mecánica en hidráulica necesarias para bombear el agua y el jarabe concentrado, medios utilizados para el proyecto.

6.6.4. Selección de la bomba

Potencia de las bombas.

La potencia requerida de las bombas es importante ya que se trabaja con líquidos que tienen una viscosidad mayor a la del agua, para lo cual se necesita presurizar el componente esencial que es el jarabe concentrado, por esta razón, para la

estación de mezcla se escogieron dos bombas de la serie Procon las cuales están especificadas para conducir líquidos que serán utilizados para el consumo humano, cuyas características específicas se detallan a continuación.

Procon serie 1:

Las Series 1 de Procon vienen con un sistema de protección integral a la alimentación mediante un cedazo con una malla de 100 mesh de porosidad capaz de capturar partículas que pudiesen ocasionar daños a la bomba. El cedazo es removible para su limpieza periódica. Aproximadamente cada 4 meses o más en condiciones de agua de alta turbidez o presencia de sólidos.

Especificación:

Tabla 6.10: Especificaciones de la bomba

Material de construcción	Latón
Capacidad	15 a 140 galones / hr
Velocidad nominal	1.725 rpm
Máxima presión de descarga	250 psi
Peso sin liquido aproximado	2.40 lbs

Fuente: Fabián Medina (investigador)

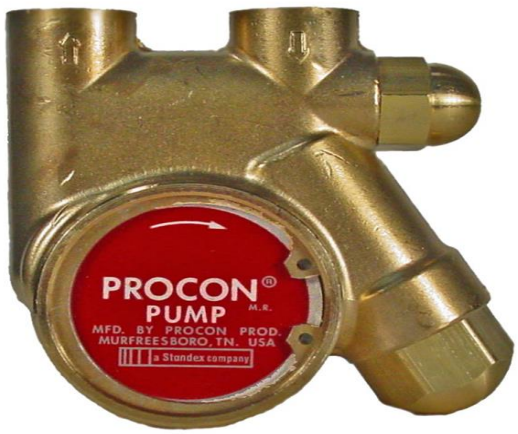


Figura 6.7: Bomba de Jarabe y Agua Procon

Fuente: Copyright © 2014 Applied Membranes

Aplicaciones

Agua Carbonatada para aplicaciones tipo “Post Mix”, máquinas de Café Expreso, sistemas dispensadores de Cerveza, Enfriamiento de soldadores TIG, sistemas de enfriamiento y circulación de agua para control constante de temperatura, aspersión y humidificación, sistemas de dosificación de pesticidas, lava autos, máquinas de limpieza a vapor, enfriamiento de unidades de Rayos X y Láser, alimentadores de boiler y calderas, equipos de Osmosis Inversa, Ultrafiltración, Filtración, Nano filtración, Desalinización de Agua de Mar, unidades de enfriamiento, plantas de agua residual, purificadoras de agua, sistemas dispensadores de agua purificada, circuitos de agua purificada, equipo de riego, aceites hidráulicos, etc.

6.6.5. Reguladores de presión

Un Manorreductor o válvula reductora de presión es un dispositivo que permite reducir la presión de un fluido en una red. El más sencillo consiste en un estrangulamiento en el conducto que produzca una pérdida de carga o presión (ej. válvula medio cerrada) para reducir la presión pero la presión final variará mucho según la presión de entrada y el caudal. Si aumenta el flujo la presión bajara y si se detiene la presión se igualara con la de alta presión.
El regulador de CO_2 es fundamental. Sin él, no podemos usar el tubo de CO_2. ¿Imaginen que ocurre si volcamos 800 PSI a uno de nuestros tanques que supuestamente fueron diseñados para soportar 130 PSI como máximo? Sin un regulador, no podemos establecer la presión correcta de trabajo, tanto para empujar como para carbonatar nuestra bebida. Tengamos en cuenta que a diferentes temperaturas necesitamos diferentes presiones para lograr el efecto deseado.

Por lo general los reguladores traen dos manómetros: uno que mide constantemente la presión de nuestro tanque (opcional) y otro que mide la presión a la salida de nuestro regulador. El regulador que necesitamos debe estar en el

rango de 0 a 30 PSI (0 a 2 Kg/cm2) si queremos carbonatar y empujar nuestra bebida. La presión se regula con un tornillo.



Figura 6.8: Reguladores de Presión
Fuente: beertec.galeon.com

6.6.6. Tanques de 5 Galones de Presurizado y Envasado.

Los barriles se utilizaban extensivamente en la década de los 70 y 80 para la distribución del jarabe concentrado de las bebidas, y luego quedarían obsoletos con la introducción de las "Bag-in-Box" (BIB). Originalmente la empresa "Cornelius" diseño estos tanques para servir soda en los comercios. Como no podía ser de otra manera, ambas compañías (Coca y Pepsi) establecieron sus propios estándares que difieren en el tipo de conector. Estos tanques, de acero inoxidable, existen en capacidades de 10L (2,5 Galones), 19L (5 Galones) y 37L (10 Galones). Poseen dos conectores y una tapa. Un conector es para la entrada de gas (CO_2) y el otro conector posee un tubo que llega hasta el fondo del tanque y se utiliza para extraer el contenido del mismo. La tapa superior posee un oring que permite sellar el tanque herméticamente bajo presión del gas contenido en su interior. Algunas versiones de barriles vienen con una válvula de seguridad. En la siguiente foto se muestran las partes fundamentales:

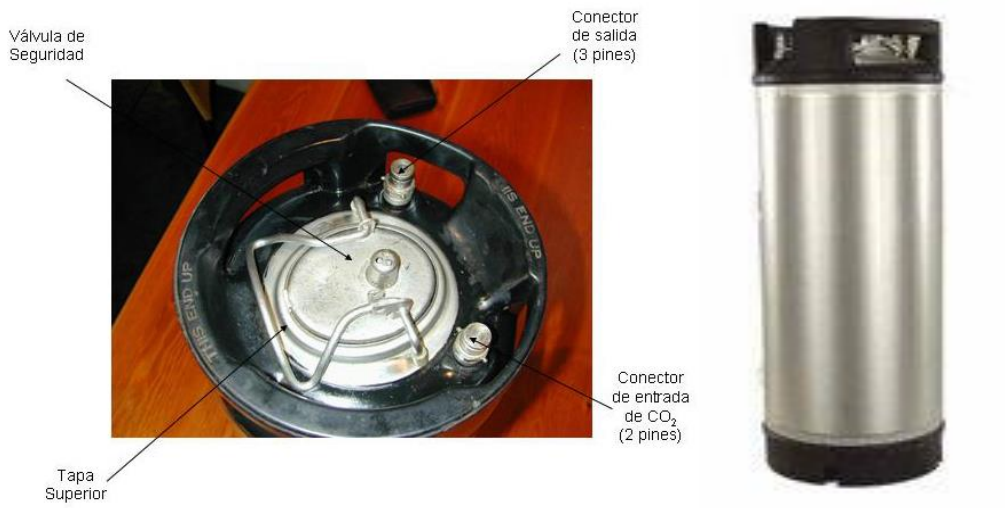


Figura 6.9: Tanques de Presurizado y Envasado

Fuente: beertec.galeon.com

6.6.7. Tanques de CO_2

Los cilindros de alta presión para gases comprimidos son envases de acero de calidad especial, fabricados sin uniones soldadas y tratados térmicamente para optimizar sus propiedades de resistencia y elasticidad. Todos los cilindros utilizados por INFRASAL son fabricados bajo las normas D.O.T. (Departament of Transportation), organismo regulador de estos envases en Estados Unidos.

Estos cilindros son llenados a alta presión, comprimiendo el gas en el reducido espacio interior del cilindro. La fuerza ejercida por el gas sobre las paredes del recipiente al tratar de conservar su volumen en condiciones naturales, genera el efecto llamado "presión".



Figura 6.10: Cilindro de Co2
Fuente: beertec.galeon.com

6.6.8. Conectores para Tanques de Envasado

El punto más crítico a la hora de disponer con los tanques, es el acople de los conectores ya que suelen ser caros o difíciles de conseguir. Cada tipo de tanque tiene su juego de conectores específicos (Quick-disconnect connectors). Existen los QD Ball-lock y los QD Pin-lock. A su vez, cada tipo tiene los "threaded" y los "barbed". Los "threaded" poseen un tetón que permite desarmar la línea de la manguera cristal y limpiar el conector más fácilmente. A "barbed" se les conecta la manguera directamente (y son más baratos).

Para diferenciarlos a simple vista, el conector de CO_2 es gris (o tiene el tornillo de plástico de limpieza en la parte superior de ese color) y el de cerveza es negro. En la figura 6.10, se pueden ver todos los tipos y sus diferencias:



Figura 6.11: Conectores para Tanques de Envasado
Fuente: beertec.galeon.com

6.6.9. Sistema Eléctrico y Control

Es el encargado de accionar y controlar los diferentes sistemas de control de la estación ya que consta con el accionamiento de nivel de llenado y caudal, control de mezcla, la activación de bombas de manera directa, etc.

6.6.10. Sistema eléctrico

Encargado del funcionamiento total de la estación de mezcla, ya que consta con un montaje de fácil funcionamiento e implementos conocidos por los estudiantes de nuestra facultad, los cuales se detallaron a continuación.

6.6.11. Fuente de Poder

Es la encargada de transformar el voltaje nominal de 110 V de entrada de corriente continua, a una corriente de salida de 24V regulables, la cual nos permite el funcionamiento del PLC.

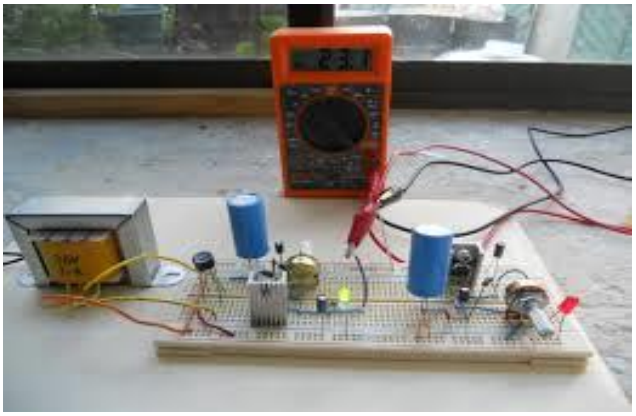


Figura 6.12: Fuente de Poder
Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.12. Caja de Revisión y Cableado

La caja de revisión y cableado es la que contiene todo montaje eléctrico que se especifica en la conexión de la estación de mezcla.

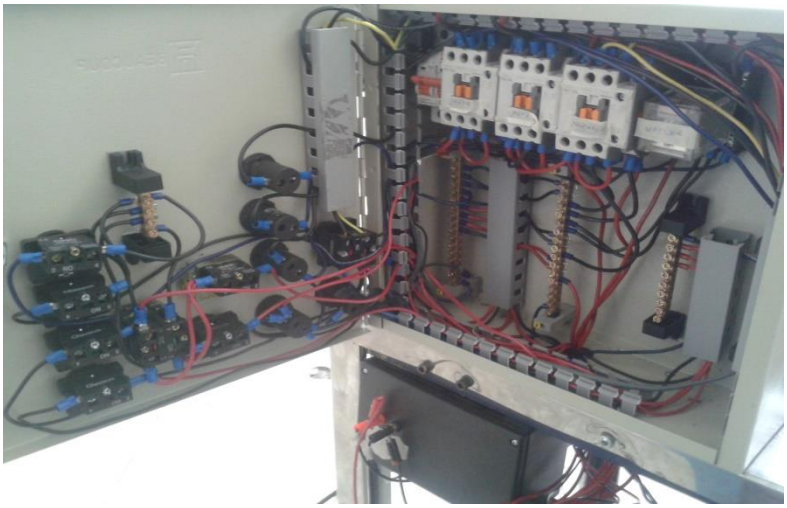


Figura 6.13: Caja de Revisión y Cableado
Fuente: Fabián Medina (investigador)

La caja de revisión tiene los componentes eléctricos siguientes utilizados en la estación de mezcla:

Tabla 6.11: Especificaciones de la caja de revisión

CAJA DE REVISIÓN (30 X 30)		
CANTIDAD	ITEM	ESPECIFICACIÓN
4	CONTACTARES	110 V – 24V
2	VREIKES	24 VCC
6	PULSADORE	24VCC
1	PULSADOR DE PARO	24VCC
5	LUCES PILOTO	0,5 A a 24 VCC

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.13. PLC (Controlador Lógico Programable)

Para el desarrollo de este proyecto es necesario la implantación de un controlador lógico programable, el cual este acorde con las necesidades de la estación de mezclado, puesto que va a ser el encargado del funcionamiento de los componentes que constituyen la máquina como las bombas, válvulas celuloides y sensores de nivel y así también el agitador que se incorporó.

El PLC que será utilizado para la operación de mezcla es un RENU FL010, y que cumple las características requeridas que se detallan en este proyecto.

Tabla 6.12: Especificaciones del PLC FL010

PLC FL010	
ITEM	CPU CON 16 PUNTOS (8E/8S)
Tensión de Alimentación	24 Vcc, 330 Ma
Rango de Tensión de Operación	9.6VDC a 3.6 VDC
Alimentación de entrada por Canales	24 VCDC, 5mA y 20 Ma
Alimentación de salida por Canales	230 V/2A ó 24 VDC/2A para el relé
	0,5 A a 24 VCC para el transistor
Temperatura de Funcionamiento	0 a 55 grados C
Humedad de Funcionamiento	10% a 90% (sin condensación)
Peso	180 gm

Fuente: Fabián Medina (investigador)



Figura 6.14: Control lógico programable
Fuente: Fabián Medina (investigador)

En la conexión realizada el en PLC se especifica las entadas y salidas ocupadas para la automatización de la estación de mezcla, así como la programación lógica de los diferentes componentes eléctricos

En la figura 6.15 se muestra en PLC RENU F010, con sus entradas y salidas especificadas, que se utilizaron para la instalación de los equipos utilizados en el proyecto.

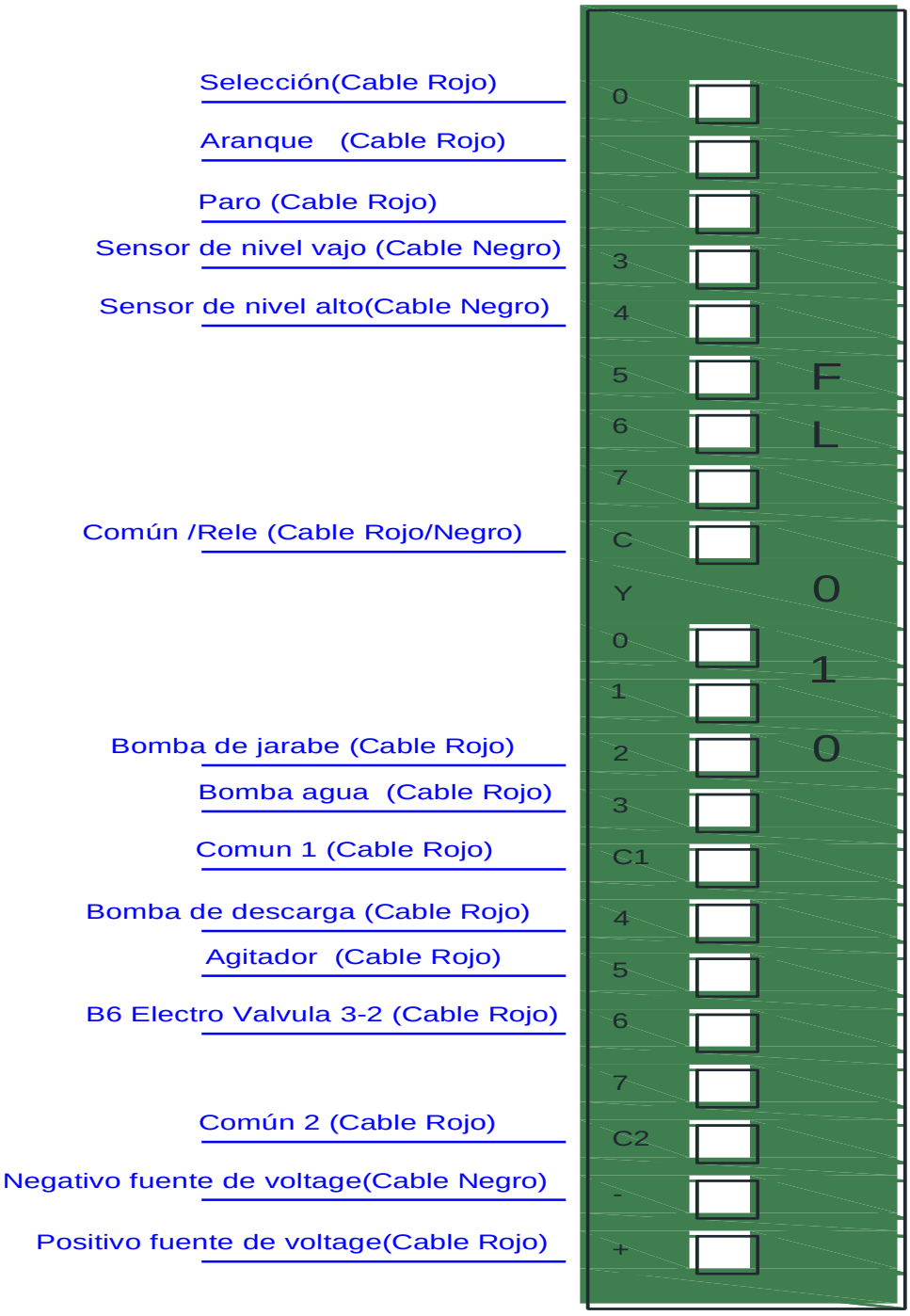


Figura 6.15: Control Lógico programable (circuito de conexión)

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.14. Funcionamiento de la estación de mezcla

Para el funcionamiento correcto de máquina a continuación se indica las operaciones a seguir.

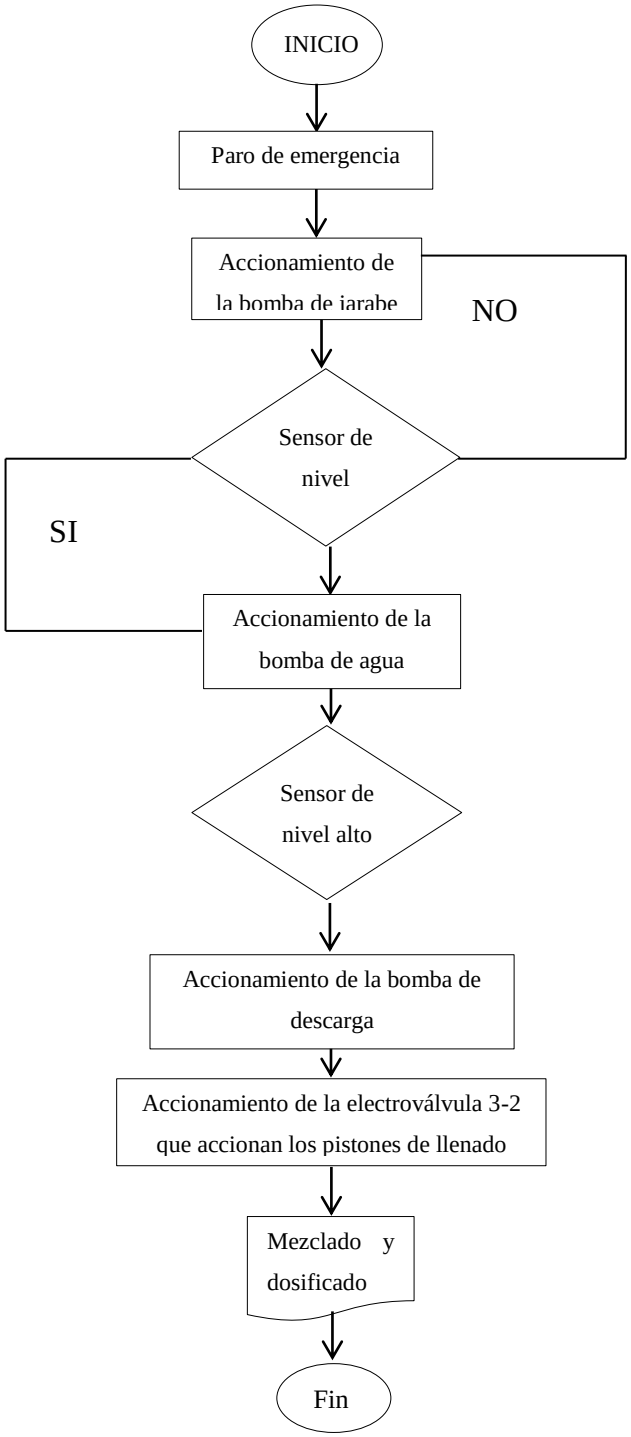


Figura 6.16: Control Lógico programable (circuito de conexión)

Fuente: Fabián Medina (investigador)

En la figura 6.17 se ilustra la programación realizada en el PLC, para una operación de proceso pedagógico.

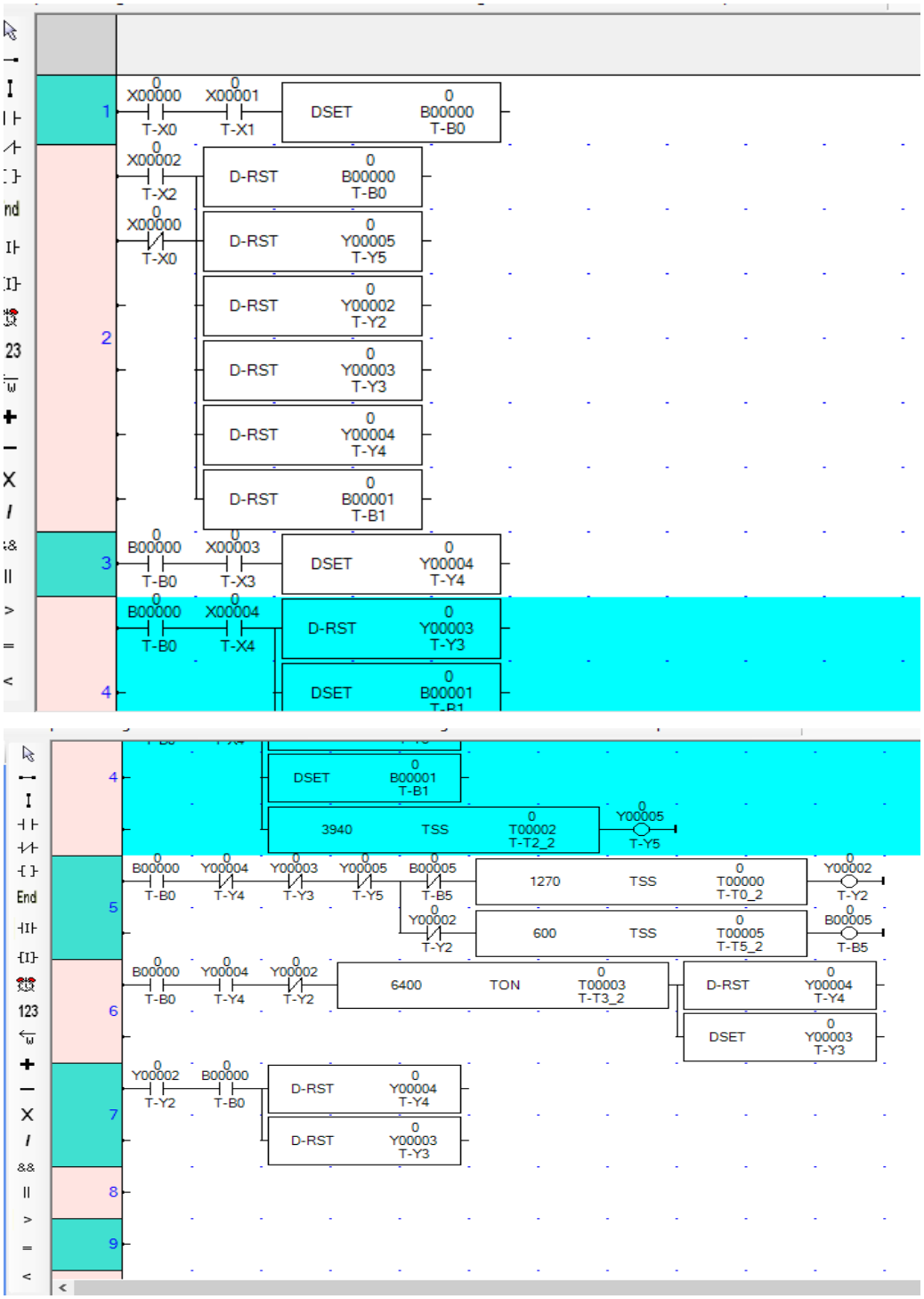


Figura 6.17: Control Lógico Programable (Programación)

Fuente: Fabián Medina (investigador)

En la figura 6.18 se ilustra la programación realizada en el PLC, para una operación de proceso cíclico ininterrumpido.

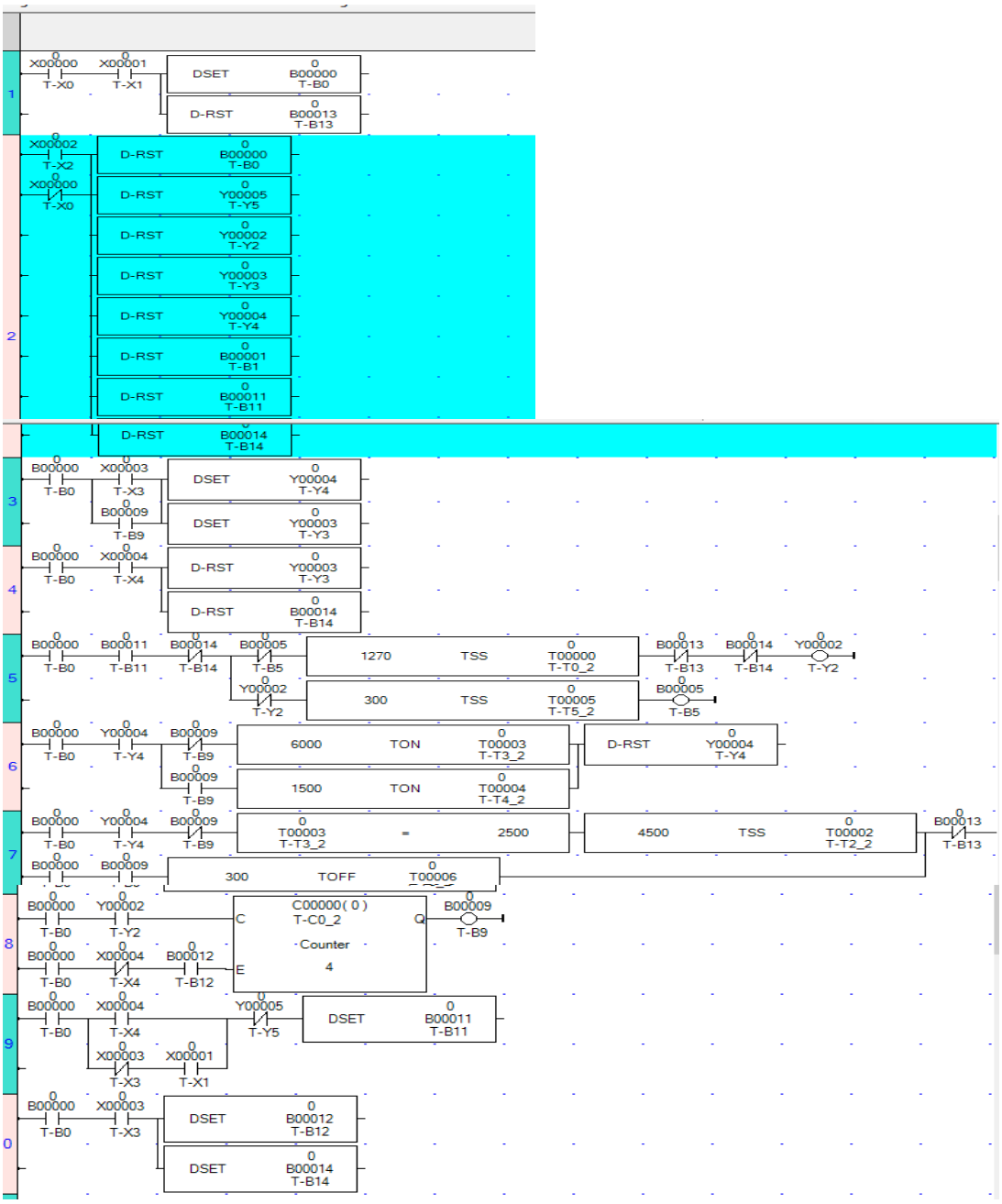


Figura 6.18: Control Lógico Programable (Programación cíclica)

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.15. Diagrama de Potencia

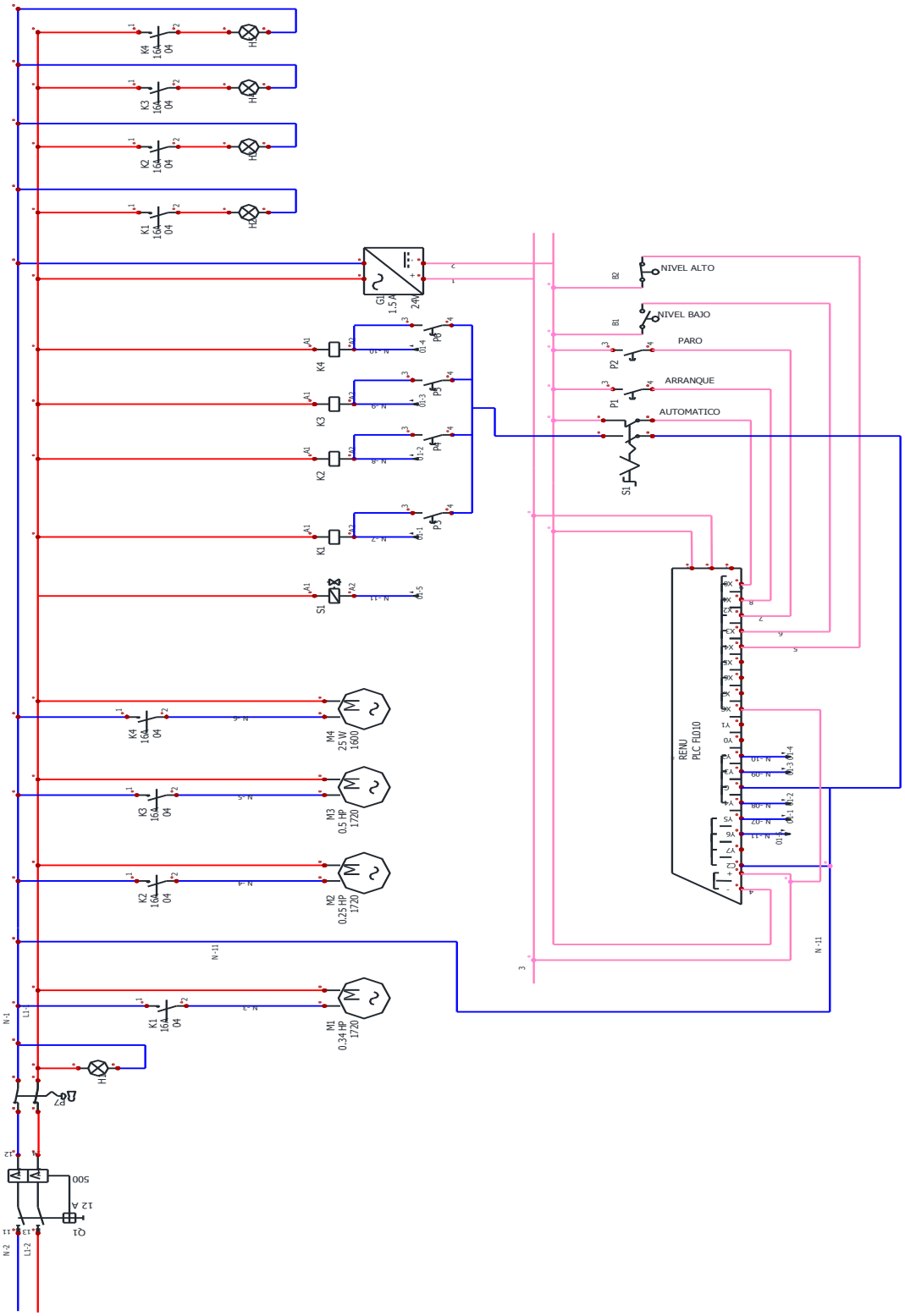


Figura 6.19: Diagrama de conexión Neumática

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.16. Sistema neumático

La estación de mezcla consta de un sistema neumático que acciona los pistones para el llenado de las botellas, cuyo diagrama se representa a continuación.

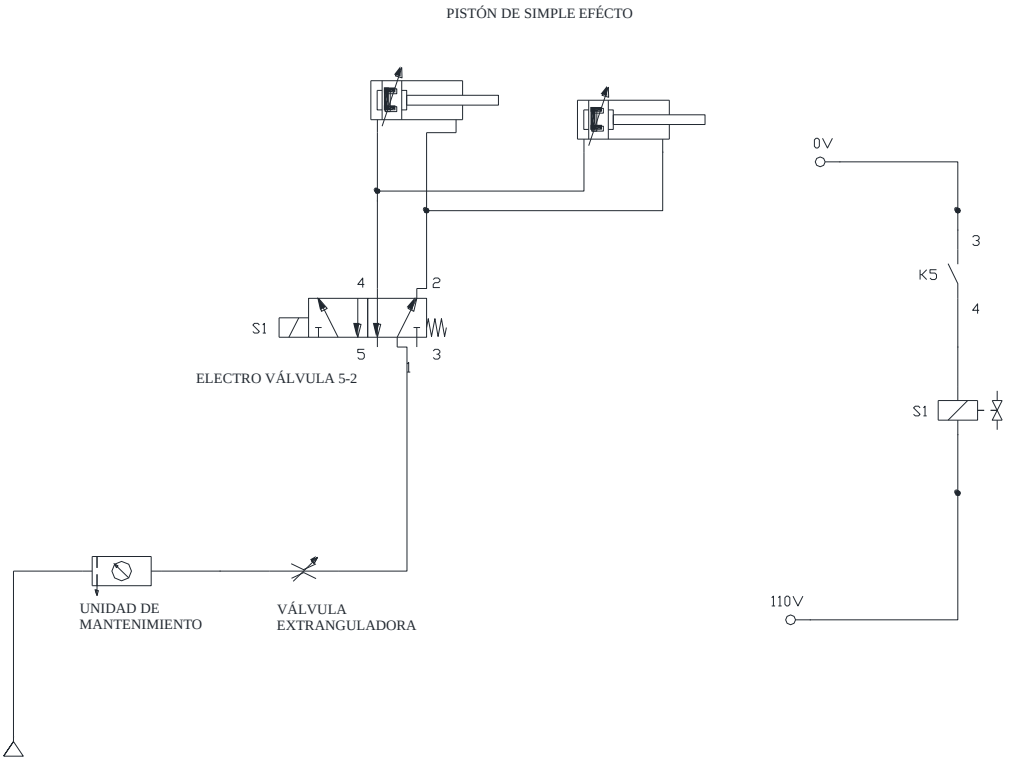


Figura 6.20: Diagrama de conexión Neumática
Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.17. Selección del tanque de cristal

El diseño del tanque debe estar acorde a la cantidad de líquido que se vaya a suministrar al sistema de dosificado ya existente en el laboratorio de tal manera que tenga un suministro continuo de la mezcla.

Por lo general el fondo del tanque tiene forma de plato, pues el consumo de energía en la agitación es menor, además evita espacios muertos, en el caso de la

estación de mezcla de este proyecto se utilizara en un tanque de cristal adquirido de forma de barril, lo cual nos aumente el consumo o de la energía de agitación.

Para realizar el cálculo del recipiente de mezcla partimos del volumen de líquido a mezclarse:



Figura 6.21: Vitrolero barril de cristal Con Tapa De Vidrio 20 Lts cristal
Fuente: clasf.mx, México (2014)

Cave recalcar que el recipiente de cristal es un barril y el volumen de contención se calcula mediante la fórmula:

$$V = \frac{\pi}{12}.h(2.D^2 + d^2)$$

De donde: Ecu. (6.3)

D= diámetro mayor del recipiente de mezcla

d= diámetro menor del recipiente de la mezcla

V= volumen de la mezcla

h= altura del recipiente

$$V = \frac{3.1416}{12}.h(2D^2 + d^2)$$

$$V = \frac{3.1416}{12}.38(2 * 28.5^2 + 24.5^2)$$

$$V = 0.022m^3$$

6.6.18. Cálculo de la densidad del fluido a mezclar

Para calcular la densidad de la mezcla tomaremos en cuenta tanto la densidad del agua y la densidad del jarabe concentrado, para sumar las dos densidades y sacar una densidad aproximada de la mezcla que se quiere producir

Entonces:

Densidad del Agua = 1000 Kg/m^3

Densidad del jarabe concentrado:

El jarabe simple son las preparaciones acuosas, límpidas y de elevada viscosidad, que contienen un azúcar, generalmente sacarosa, en concentración similar a la de saturación. Si el edulcorante es la sacarosa, la densidad del jarabe es 1.313 Kg /m^3 a 15º-20ºC

Para la realización de los cálculos tomaremos un porcentaje de jarabe para pesarlo y así obtener la densidad exacta.

Volumen de la probeta graduada= 250ml

Peso de la probeta bacía= 248.4 gr



Figura 6.22: Calculo de la densidad del jarabe

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Tabla 6.13: Medición de la densidad

PESO DE LA SUSTANCIA(gr)	VOLUMEN DEL SUSTANCIA(ml)
227.9	200
227.5	200
228.1	200
227.6	200
225.8	200
$\sum$ = 1136.9	1000

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Sacando la media:

$$m = \frac{1136.9}{5}$$

$$m = 227.39\ gr\ = 0.2274\ Kg$$

Para un volumen constante de 200ml = 0.0002m^3

Entonces la densidad del jarabe simple es:

$$\rho = m/v \qquad \text{Ecu. (6.4)}$$

$$\rho = \frac{0.2274}{0.0002}$$

$$\rho = 1.137 kg/m^3$$

De donde la densidad de la mezcla total es:

ρ del agua + ***ρ*** del jarabe concentrado = ***1001.137 Kg / m^3***

Viscosidad de jarabe concentrado

La viscosidad del jarabe concentrado según catálogos de jugos y concentrados es:

$$v: 100cp = 0.1N.s/m^2$$

Viscosidad del agua

La viscosidad del agua a temperatura ambiente según el apéndice A1 del libro de Mecánica de Fluidos de Mott es:

$$v: 1.519 N.s/m^2$$

De donde la viscosidad de la mezcla total es:

v = del agua + v del jarabe concentrado = ***1,619 N.s/m²***

La viscosidad cinemática del jarabe concentrado es

6.6.19. Selección de la hélice

Para el cálculo del agitador tomamos en cuenta el tipo de recipiente en donde se va a realizar la mezcla de los dos fluidos, y por investigación y asumiendo lo que dice el marco teórico, se llegó a seleccionar una hélice marina de cuatro palas, así como también tomamos en cuenta los tipos de líquidos que se mezclaran



Figura 6.23: Hélice Marina de 4 Palas
Fuente: Fabián Medina (investigador)

Tabla 6.14: Descripción de la hélice

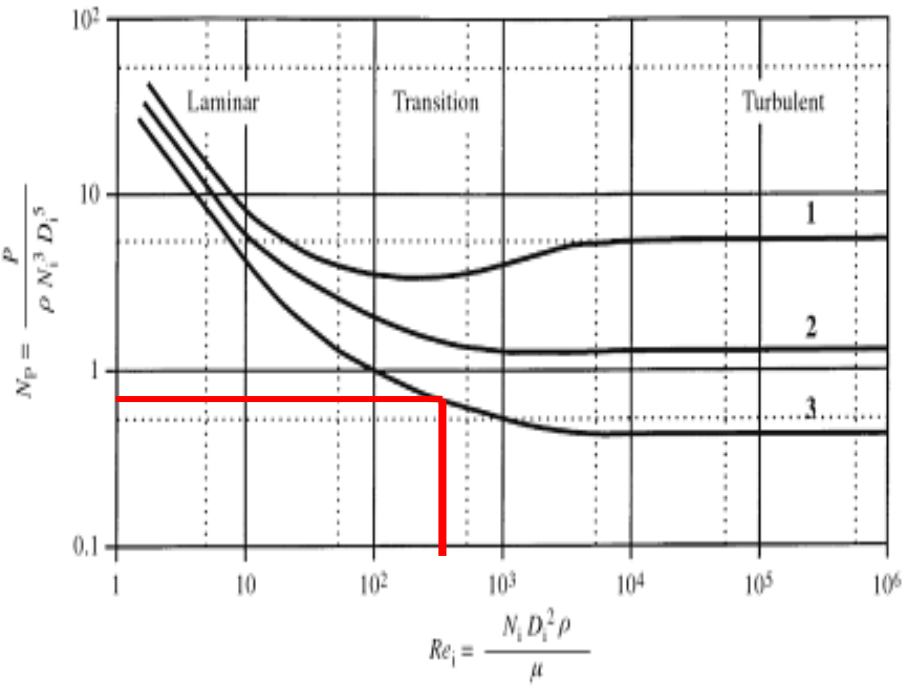
Descripción	4 álabes ángulo de inclinación del aspa constante
Campo de flujo generado	Axial
Régimen alcanzado	Turbulento
Velocidad tangencial	3 - 15 m/s
Viscosidad del medio	< 8 Pa*s
Posición del rodete (d_2 / d_1)	0,1 – 0,5 (alejado de la pared)
Aplicaciones	Homogeneizar Suspender Favorecer el intercambio de calor

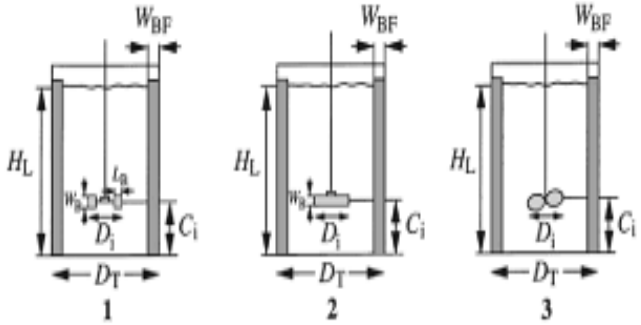
Fuente: Fabián Medina (investigador)

De la figura 6.20 numeral 3 escogemos las fórmulas que nos servirán de guías para la selección de la hélice.

Puesto que el recipiente del proyecto no es de forma cilíndrica, para el cálculo tomamos en cuanta solo la altura y diámetro.
Entonces:

HL = altura del recipiente = 0.38m
Dt= diámetro del recipiente= 0.285m





Impeller	D_i/D_T	H_L/D_T	C_i/D_T	Baffles	
				W_{BF}/D_T	Number
1. Rushton turbine $W_B/D_i = 0.2$, $L_B/D_i = 0.25$	0.33	1	0.33	0.1	4
2. Pitched-blade turbine $W_B/D_i = 0.125$, 6 blades, 45°, downward pumping	0.33	1	0.33	0.1	4
3. Marine propeller 3 blades, pitch = D_i	0.33	1	0.33	0.1	4

Figura 6.24: Correlación del número de Reynolds con el número potencia

Fuente: M.Zlokarnik y H.Judat, 1988, Stirrin

Cálculo del diámetro de la hélice (Di)

$$\frac{Di}{Dt} = 0.33 \qquad \text{Ecu. (6.5)}$$

$$Di = 0.33 * Dt$$

$$Di = 0.33 * 0.285$$

$$Di = 0.0940\ m$$

Cálculo de la separación entre la base del recipiente y el rodete de la hélice (Ci)

$$\frac{Ci}{Dt} = 0.33 \qquad \text{Ecu. (6.6)}$$

$$Ci = 0.33 * Dt$$

$$Ci = 0.33 * 0.285$$

$$Ci = 0.0940m$$

Cálculo de la altura de la hélice (Hl)

$$\frac{Hl}{Dt} = 1 \qquad \text{Ecu. (6.7)}$$

$$Hl = 1 * Dt$$

$$Hl = 1 * 0.285$$

$$Hl = 0.285\ m$$

Cálculos de la separación entre la pared del recipiente y el rodete de la hélice (Ci)

$$\frac{WBF}{Dt} = 0.1 \qquad \text{Ecu. (6.8)}$$

$$WBF = 0.1 * Dt$$

$$WBF = 0.1 * 0.285$$

$$WBF = 0.0285\ m$$

Según estos cálculos la hélice escogida es un propulsor marino de 4 palas debido a que las condiciones del recipiente no son cilíndricas sino las un barril, para lo que es necesario fijarnos en el Anexo 3

Cálculo del número de Reynolds

El número de Reynolds representa la razón entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas. En agitación se presentan tres regímenes de flujo:

- Laminar
- Transitorio
- turbulento

Para calcular el número de Reynolds es necesario saber las revoluciones del motor del sistema de mezcla, y de acuerdo a la investigación y el tipo de rodete diseñado, se tiene que el motor trabaja a altas revoluciones ya que se trata de líquidos viscosos y el rango va entre 20 a 1600 rpm.

$$NRe = \frac{\mathrm{Di}^2 * \mathrm{N} * \rho}{\mu ap} \qquad \text{Ecu. (6.9)}$$

De donde:

NRe= Número de Reynolds

Di = Diámetro de la hélice

N= Número de revoluciones del motor = 1600rpm= 26.67rps

ρ= densidad de la mezcla

μap =Viscosidad aparente de la mezcla

$$NRe = \frac{0.0940^2 * 26.67 * 1001.137}{1.619}$$

$$NRe = 145.72$$

Según FRANK M. WHITE en su libro Mecánica de Fluidos, especifica los regímenes de los fluidos:

0< NRe < 1; Movimiento Laminar "Lento" altamente viscoso

1< NRe < 100; Laminar con fuerte dependencia del número de Reynolds

100< NRe < 10^3; Laminar, es útil la teoría de la capa limite.

10^3< NRe < 10^4; Transitorio a la turbulencia

10^4< NRe < 10^6; Turbulento, moderado dependiente del número de Reynolds

10^6< NRe < ∞; Turbulento, débil dependiente del número de Reynolds

Cálculo de potencia del agitador (Np)

El número de potencia es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del rodete y la fuerza de inercia, es la correlación con el número de Reynolds, como el régimen es Laminar Np es independiente de Re

$$Np = \frac{\text{P gc}}{\rho.N^3.D^5}; \text{ Flujo Laminar}$$

La potencia consumida por el agitador mecánico tipo hélice puede ser calculada a partir del número de potencia obtenido de la figura 6.21, para un determinado número de Reynolds que se aprecia en la curva número 3, mediante una interpolación gráfica.

Observando la interpolación gráfica tenemos que el número de potencia Np = 0.8

Por lo tanto la potencia suministrada por el motor del agitador se calcula mediante la ecuación:

$$P = \frac{\text{Np N}^3\text{Da}^5\rho}{gc} \qquad \text{Ecu. (6.10)}$$

$$P = \frac{0.8*26.27^3*0.0940^5*1001.137}{1} = \mathbf{106.56\ W}$$

P=0.14 HP

Cálculos de potencia de mezcla

En tanques con números Reynolds turbulentos el número de la potencia de mezcla es independiente del número de Re y la viscosidad ya no influye, puesto que en este intervalo el flujo es totalmente laminar y la potencia de mezclado se puede calcular mediante la fórmula y los valores KL se encuentran en la tabla 6.15 en el anexo 2.

$$Pmez = \frac{KL * N^2 * Da^3 * \mu}{g} \qquad \text{Ecu. (6.11)}$$

Tabla 6.15: Valores de la constante KL y KT

Tipo de rodete‡	K_L	K_T
Hélice, paso cuadrado, tres palas	41,0	0,32
Paso de 2, tres palas	43,5	1,00
Turbina, seis palas planas	71,0	6,30
Seis palas curvas	70,0	4,80
Turbina de ventilador, seis palas	70,0	1,65
Palas planas, dos palas§	36,5	1,70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97,2	1,08
Con estator, sin deflectores	172,5	1,12

† Según J. H. Rushton, *Ind. Eng. Chem*, **44**:2931 *(1952)*.
‡ Para turbinas $L/D_a = 1/4$, $W/D_a = 1/5$.
§ $W/D_a = 1/5$.

Fuente: J.H.Rushton, Ind.Eng.Chem

Entonces:

$$Pmez = \frac{KL * N^2 * Da^3 * \mu}{g};$$

Pmez= potencia de mezcla

KL= contante de agitación Laminar sin placas deflectoras= 41.0

N = velocidad de rotación del motor

Da= Di= diámetro del agitador

g= gravedad = 9.81m/s^2

$$Pmez = \frac{KL*N^2*Da^3*\mu}{g};$$

$$Pmez = \frac{41*26.67^2*0.0940^3*1.3806}{9.81};$$

$$Pmez = 33.44w*1HP/745,7W$$

$$Pmez = 0.044\ HP$$

La respuesta resultante es la potencia que se necesita para lograr una mezcla homogénea de los líquidos

Diseño del eje de la hélice

Análisis Estático.

El eje sirve de acople entre el motor y el agitador de hélice y permiten la sujeción entre los dos componentes.

La relación óptima H/Dt (nivel máximo) para el caso del eje agitador será 1, ya que el impulsor se ubicara en el centro del recipiente, como se muestra en el anexo 4 y en la tabla 6.16.

Tabla 6.16: Recomendaciones generales para la ubicación de impulsores

Viscosidad [cP]	Nivel Max. H/D_t	Nº de impulsores	Ubicación desde el fondo	Ubicación desde nivel superior
$< 25{\cdot}10^3$	1.4	1	H/3	--
$< 25{\cdot}10^3$	2.1	2	$D_t/3$	(2/3)·H
$> 25{\cdot}10^3$	0.8	1	H/3	--
$> 25{\cdot}10^3$	1.6	2	$D_t/3$	(2/3)·H

Fuente: Departamento de Ingenieria Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile

Para el dimensionamiento del eje se parte de la teoría de diseño mecánico de elementos de máquina.

Como el eje está sometido al torque producido por el motor y no a la carga perpendicular que provoque flexión, por lo cual el diseño se lo realiza en base al momento torsor producido por el torque aplicado.

Por lo que se toma en cuenta el acero utilizado en la construcción del eje es AISI 1045 con un Sy = 314 MPa, representado en el Anexo 6

$$rmax = \frac{Di}{2} \qquad \text{Ecu. (6.12)}$$

$$rmax = \frac{0.0940}{2} = 0.047 \text{ m}$$

Cálculo de la fuerza

El tanque de la estación de mezcla tiene una masa calculada de 20.52 Kg en base a los 18 litros de volumen que contiene al llenarse

$$F = m * g \qquad \text{Ecu. (6.13)}$$

$$F = 20.52\ Kg * 9.81 m/s^2$$

$$F = 201.30\ N$$

Cálculo del torque del eje

$$Tmax = F * rmax \qquad \text{Ecu. (6.14)}$$

$$Tmax = 201.30 * 0.047$$

$$Tmax = 9.47\ Nm$$

Cálculo de la fuerza cortante y el momento flexionaste

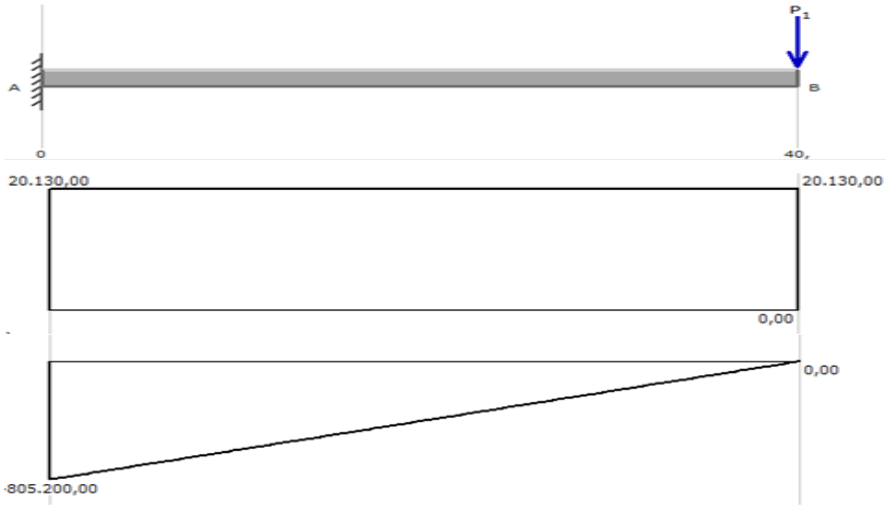


Figura 6.25: Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Fabián Medina (investigador)

R1 = F1

R1= 201.30 N

M1= -F*l

M1= -201.30* 0.40 = 80.52 Nm

$$\boldsymbol{\tau xy} = \frac{16\mathrm{T}}{\pi \mathrm{d}^3} \qquad \text{Ecu. (6.15)}$$

$$\boldsymbol{\tau xy} = \frac{16(9.47)}{\pi \mathrm{d}^3}$$

$$\boldsymbol{\tau xy} = \frac{48.23\ \mathrm{Nm}}{\mathrm{d}^3}$$

$$\boldsymbol{\sigma x} = \frac{32\mathrm{M}}{\pi \mathrm{d}^3}$$

$$\boldsymbol{\sigma x} = \frac{32\ (80.52\ \mathrm{Nm})}{\pi \mathrm{d}^3}$$

$$\boldsymbol{\sigma x} = \frac{820.16}{\mathrm{d}^3}$$

Utilizando el teorema de von Misses se tiene:

$$\boldsymbol{\sigma eq} = \sqrt{\sigma x^2 + 3\,\boldsymbol{\tau} xy^2} \qquad \text{Ecu. (6.16)}$$

$$\boldsymbol{\sigma eq} = \sqrt{(\frac{820.16}{d^3})^2 + 3(\frac{48.23}{d^3})^2}$$

$$\boldsymbol{\sigma eq} = \frac{824.40}{d^3}$$

Para calcular el diámetro del eje se asume un factor de seguridad de n= 1.2

$$\boldsymbol{n} = \frac{Sy}{\boldsymbol{\sigma eq}} \qquad \text{Ecu. (6.17)}$$

$$1.2 = \frac{314 * 10^6}{\frac{824.40}{d^3}}$$

$$\boldsymbol{d} = 0.014\text{m}$$

$$\boldsymbol{\sigma x} = \frac{32\,(80.52\,)}{\pi(0.014)^3} = 298.89\ \text{MPa}$$

$$\boldsymbol{\tau xy} = \frac{48.23}{(0.014)^3} = 17.57\text{MPa}$$

$$\boldsymbol{\sigma eq} = \sqrt{298.89^2 + 3\,(17.57)^2} = 300.43\ \text{MPa}$$

$$\boldsymbol{\sigma eq} \leq Sy$$

$$300.43\ \text{MPa} \leq 314\ \text{MPa OK}$$

Diseño a Fatiga

Para el diseño a fatiga no se tomara en cuenta los esfuerzos fluctuantes, ya que se supone que el eje trabaja con frecuencia constante, por lo que la vida infinita está dado por:

Resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$\mathrm{Sut} = 630\ \mathrm{MPa}$ Leido Anexo F; Asumimos un factor de seguridad de 1,2

$$S_e' = (0{,}5)\mathrm{Sut} \qquad \text{Ecu. (6.18)}$$
$$S_e' = (0{,}5)(630\ \mathrm{MPa})$$
$$S_e' = 315\ \mathrm{MPa}$$

Resistencia a la Fatiga en Viga

$$\mathrm{Se} = 0{,}3 * \mathrm{Se}' \qquad \text{Ecu. (6.19)}$$
$$\mathrm{Se} = 0{,}3 * 315\mathrm{MPa}$$
$$\mathrm{Se} = 94.5\mathrm{MPa}$$

Refinamiento del Cálculo con d=14mm

Factores:

$$\mathrm{Ka} = \mathrm{a} * \mathrm{Sut}^{6} \qquad \text{Ecu. (6.19)}$$

$\left.\begin{matrix} a = 4.51 \\ b = -0.265 \end{matrix}\right\}$ Acabados superficiales Anexo G

$$\mathrm{Ka} = (4{,}51) * (630)\mathrm{MPa}^{-0{,}265}$$
$$\mathrm{Ka} = 0{,}81$$
$$\mathrm{Kb} = 0{,}869\mathrm{d}^{-0{,}107}$$
$$\mathrm{Kb} = 0{,}869 * (0{,}551)^{-0{,}107} \qquad \text{Ecu. (6.20)}$$
$$\mathrm{Kb} = 0{,}926$$

$\mathrm{Kc} = 0.59$ torsion pura Factor de Modificación de Carga

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{bending} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsion}^{17} \end{cases}$$

$\mathrm{Kd} = 1$: Factor de Temperatura; Leido Anexo A11

$\mathrm{Ke} = 0{,}897$: Factor de comfiabilidad;Leido Anexo A12

$Kf = 1$: Factor efectos Varios; 1 porque es de sección uniforme el eje

$$Se = Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf * Se' \quad \text{Ecu. (6.21)}$$

$$Se = (0{,}81) * (0{,}926) * (0{,}59) * (1) * (0{,}897) * (1) * (315\ \text{MPa})$$

$$Se = 125{,}040\ \text{MPa}$$

Factor de Seguridad

$$\eta = \frac{Se}{\sigma eq} \quad \text{Ecu. (6.22)}$$

$$\eta = \frac{125.040\ \text{MPa}}{330.40\ \text{MPa}}$$

$$\eta = \ 0.40$$

Aplicando un criterio de falla por fatiga como GOODMAN MODIFICADO evaluamos el diametro calculado.

Esfuerzo Medios: $\sigma_m = \sqrt{3\tau_{xy}} = \sqrt{3(17.57\text{MPa})} = \ 7{,}26\ \text{Mpa}$

Esfuerzo Alternante: $\sigma_a = \sigma_x = 298.89\text{Mpa}$

$$\eta f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{Sut}} \quad \text{Ecu. (6.23)}$$

$$\eta f = \frac{1}{\frac{298.89}{125.040} + \frac{7.26}{630}}$$

$$\eta f = \frac{1}{2.40}$$

$$\eta f = 0.41 \ \ \text{ok}$$

6.6.20. Cálculo de la vorticidad generada por el egitador

Cuando el eje del recipiente se conecta a un motor de velocidad angular variable, la superficie del líquido cambia de forma. Para determinar la ecuación que describe la forma de la superficie a partir de las fuerzas que se ejercen sobre las moléculas de fluido.

Desde el punto de vista del observador en rotación, las fuerzas que actúan sobre una partícula de masa *m* situada en su superficie, a una distancia *x* del eje de rotación, son

- El peso, -mg**j**
- La fuerza centrífuga, $m\omega^2 x\mathbf{i}$
- La fuerza **R** que ejercen las otras partículas de fluido sobre la partícula considerada

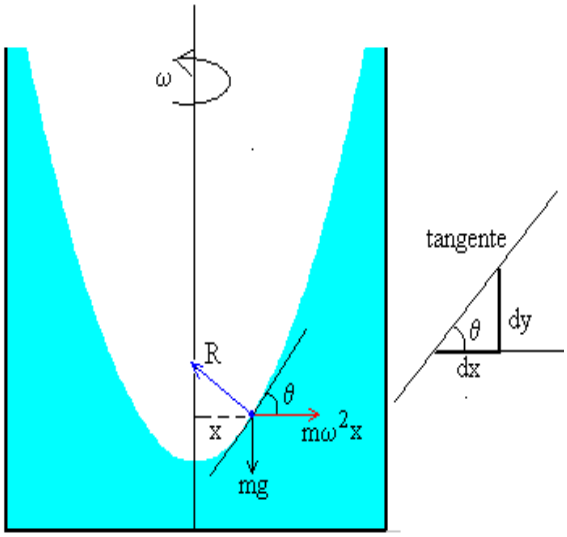


Figura 6.26: Perfil de vórtice forzado

Fuente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/circular2/fluido.htm

Desde el punto de vista del observador no inercial, la partícula está en equilibrio, de modo que la resultante de las fuerzas que actúan sobre la partícula debe ser cero

$$\mathbf{R}-mg\mathbf{j}+m\omega^2 x\mathbf{i}=0$$

La forma de la superficie del líquido en equilibrio será tal que **R** es perpendicular a la tangente a la curva en cada punto *x*. Como vemos en la figura 6.24

$$tan\theta = \frac{mw^2x}{mg} \qquad \text{Ecu. (6.24)}$$

Integrando tenemos:

$$y = 1/2\,\frac{w^2}{g}x^2 + c \qquad \text{Ecu. (6.25)}$$

Que es la ecuación de una parábola simétrica respecto del eje Y.

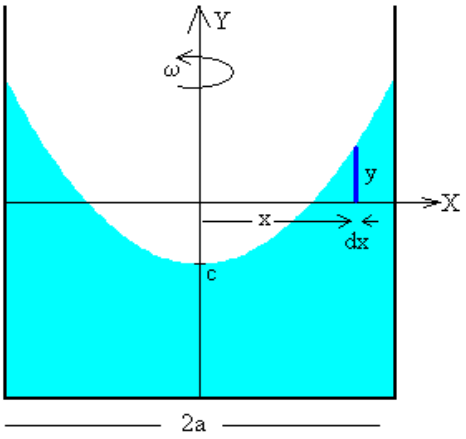


Figura 6.27: Perfil de vórtice forzado

Fuente: www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/circular2/fluido.htm

Para determinar la constante de integración *c* o el punto más bajo de la parábola, supondremos que el líquido es incompresible. Comparando la situación inicial cuando la superficie del fluido es horizontal con la situación final, cuando la velocidad angular de rotación es ω.

En la situación inicial, la forma de la superficie es el segmento de la recta $y=0$ comprendido entre $-a$ y a.

Para la obtención de c se hizo una comparación entre la medición de la altura y el radio producido por vórtice generado por el sistema de mezcla.



Figura 6.28: Medición del vórtice producido por la estación de mezcla

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Observaremos, que el líquido se hunde por la parte cercana al eje de rotación y se eleva en la parte colindante con las paredes del recipiente. El área total debe ser cero como al principio, cuando la lámina está en reposo.

$$\int_0^a y.dx = 0 \qquad \text{Ecu. (6.26)}$$

La ordenada *c* del punto más bajo de la parábola valdrá, entonces

$$c = -1/6\,\frac{\mathrm{w}^2\,\mathrm{a}^2}{g} \qquad \text{Ecu. (6.27)}$$

La ecuación de la parábola será, finalmente

$$y = \frac{\mathrm{w}^2}{2g}\,(x^2 - \frac{a^2}{3}) \qquad \text{Ecu. (6.28)}$$

Cualquiera que sea la velocidad angular de rotación *ω,* las parábolas pasan por el punto $\frac{a}{\sqrt{3}}$,0. Una molécula situada en este punto, no cambia de posición

Tabla 6.17: Datos obtenidos mediante la medición del vórtice

Altura de vórtice generado (cm)	2,7	2,8	2,9	0	3	3,1	3,2
Velocidad angular (Rev.s)	26.67	26.67	26.67	0	26.67	26.67	26.67
Radio del vórtice generado (cm)	-7,7	-7,8	-7,9	0	8	8,1	8,2

Fuente: Fabián Medina (investigador)

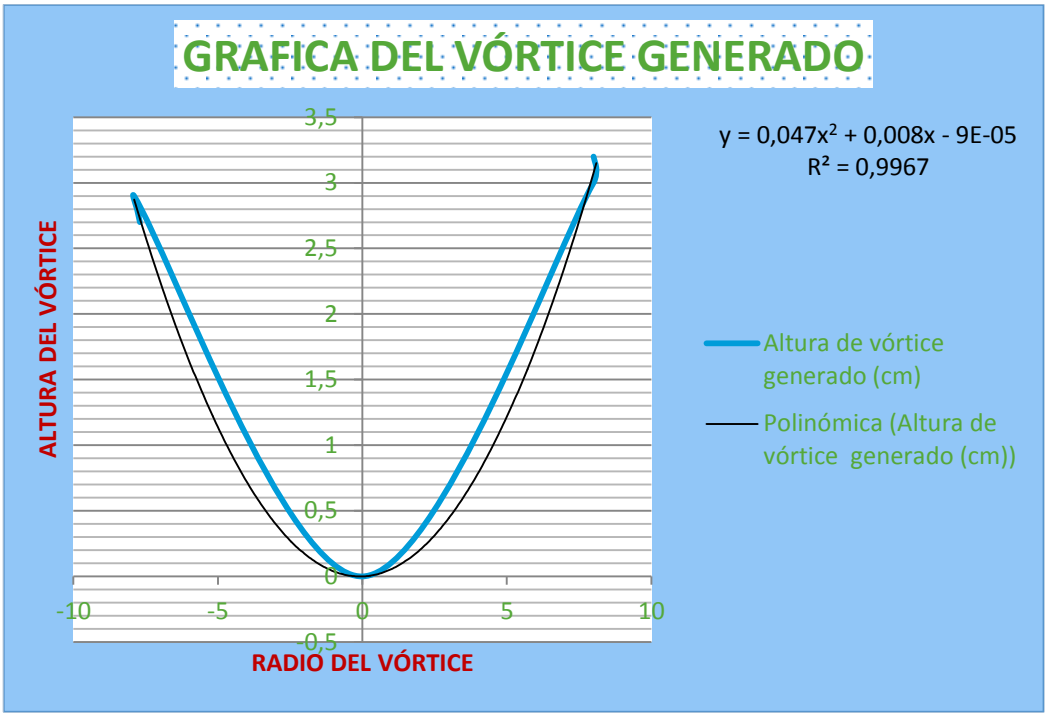


Figura 6.29: Vórtice Forzado generado por la estación de mezcla

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Con curva resultante de la gráfica realizaremos un ajuste de forma lineal, para obtener los valores reales del vórtice generado por la estación de mezcla, para una velocidad angular contante del motor del agitador.

Aplicando las fórmulas correspondientes en cada punto obtenemos los valores reales del vórtice generado por la estación de mezcla.

$$y = 0{,}047x^2 + 0{,}008x - 9E\text{-}05$$

$$y = 0{,}047(0.03)^2 + 0{,}008(0.03) - 9E\text{-}05$$

$$y = 1.923e\text{-}4$$

Que corresponde al punto más bajo de la parábola.

Entonces:

Comprobando según las ecuaciones del vórtice obtenidas en libros nos da.

El ángulo de la curva perpendicular a la componente x es:

$$tan\theta = \frac{\mathrm{mw^2x}}{mg} \qquad \text{Ecu. (6.29)}$$

$$tan\theta = \frac{20.466\mathrm{kg}(26.76^2\mathrm{rps})0.03m}{20.466kg(9.81\,m.s)}$$

$$tan\theta = 2.175$$

$$\theta = 65.31°$$

Sacando la resultante de la ecuación de una parábola simétrica respecto del eje y, se tiene que:

$$y = 1/2\,\frac{\mathrm{w^2}}{g}x^2 + c$$

Obteniendo la constante c que es el punto más bajo de la curva de la parábola generado por el vórtice se tiene la ecuación final de la parábola es:

$$c = -1/6\,\frac{\mathrm{w^2\,a^2}}{g}$$

$$y = \frac{\mathrm{w^2}}{2g}\,(x^2 - \frac{a^2}{3})$$

De donde:

$$y = \frac{(26.67\ \mathrm{ps})^2}{2(9.81m.s)}\,(0.03^2 - \frac{0.03^2}{3})$$

$$y = 2.17\ \mathrm{e} - 4$$

Llegando así al punto más bajo producido en el momento de la agitación

6.6.21. Imágenes de la repotenciación de la estación de mezcla.

El antes de la repotenciación de la máquina





Figura 6.30: Repotenciación de la estación de mezcla

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Estación de mezcla repotenciada





Figura 6.31: Estación de mezcla repotenciada

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.6.22. Pruebas de funcionamiento de la Estación de Mezcla.

Tabla 6.18: Datos obtenidos mediante las pruebas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVÍL Y MECÁNICA							
CARRERRA DE INGENIERÍA MÉCANICA							
FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MEZCLA							
Lugar: Laboratorio de Automatización							
Investigador: Fabián Medina							
N	**Tiempo de Dosificado, mezclado , Agitación y Embazado**						
	Volumen	**Tiempo de ingreso de líquidos (min)** Agua / Jarabe	**Tiempo de llenado (seg)**	**Tiempo de espera (seg)**	**Tiempo total del proceso (min)**	**Presión del tanque (Psi)**	**Producción total**
CICLOS DE MEZCLADO							
1	500 X 2	4.65	8.90	6	5.10	25	36
2	500 X 2	4.68	8.89	6	5.09	25	36
3	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36
4	500 X 2	4.65	8.90	6	5.09	25	36
5	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36
6	500 X 2	4.65	8.89	6	5.09	25	36
7	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36
8	500 X 2	4.65	8.90	6	5.09	25	36
9	500 X 2	4.65	8.89	6	5.09	25	36
10	500 X 2	4.65	8.90	6	5.10	25	36
11	500 X 2	4.65	8.90	6	5.08	25	36
12	500 X 2	4.65	8.90	6	5.10	25	36
PRODUCCIÓN TOTAL EN UNA HORA 432 BOTELLAS DE 500 cm^3							

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.7. Metodología

La metodología que se utilizó para la elaboración de la presente investigación se procede a las operaciones de ensamblaje y automatización de la máquina que consta de las siguientes etapas.

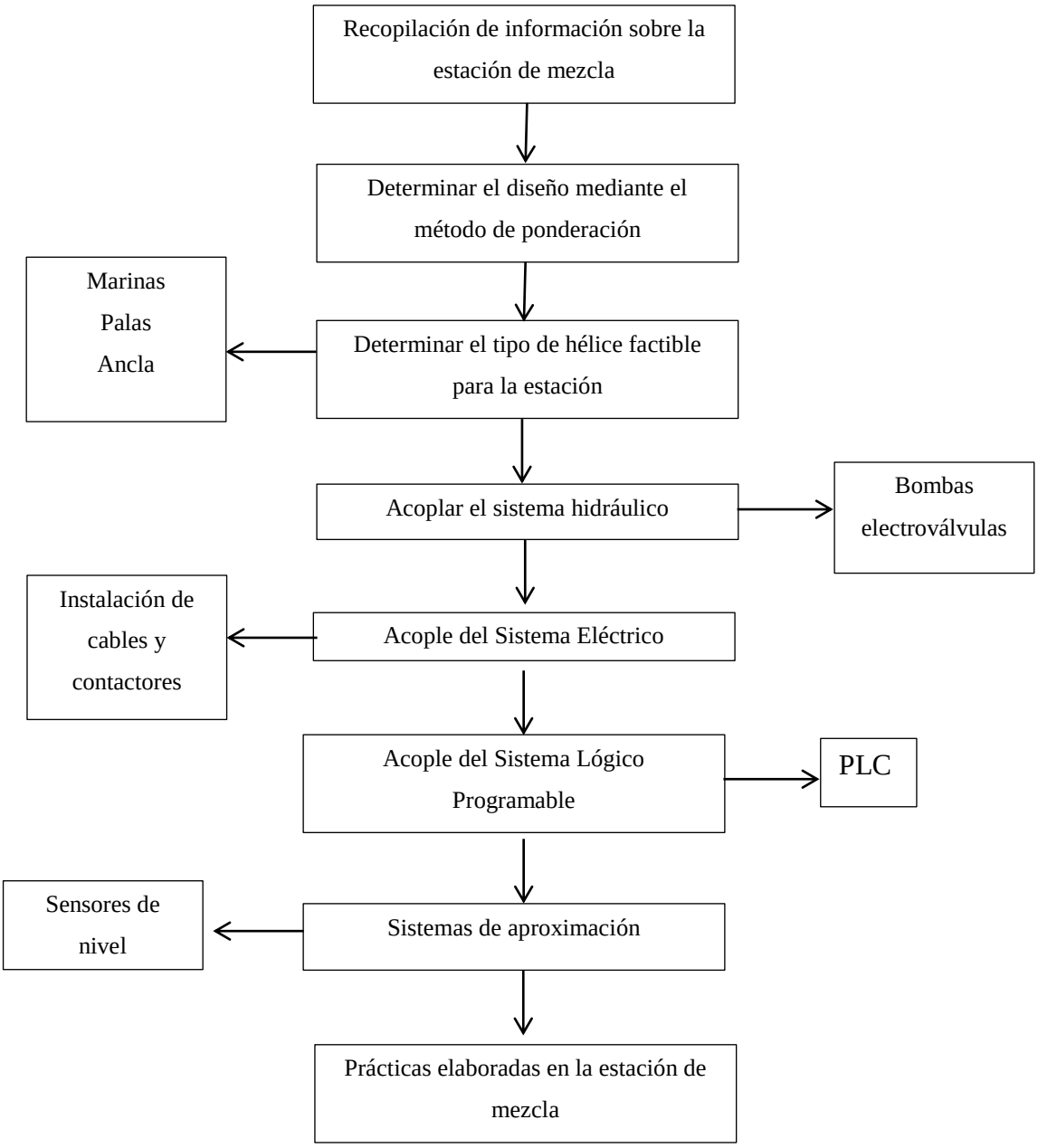


Figura 6.32: Metodología de la Estación de Mezcla

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.8. Administración

6.8.1. Costo de materiales

Los componentes necesarios para el estudio en su mayoría son adquiridos, los cuales detallaremos a continuación

Tabla 6.19: Costo de Materiales

ITEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Abrazaderas 3/8	15	0.80	12.0
2	Adaptador 3/8	2	2.81	5.60
3	Bomba con motor	1	700	700
4	Bomba con motor	1	700	700
5	Bornera (cable #14)	3	1.2	2.40
6	Breaker 110 v	2	6.80	13.60
7	Codos largos 3/8	2	6.16	12.30
7	Codos cortos 3/8	2	5.36	10.70
8	Contactor GMC 12 3HP 3.5KW 110 V	2	13.66	27.30
9	Cable flexible TFF 14C/INST	25m	0.33	8.30
10	Canaleta ranurada 25x25 gris	1	3.50	3.50
11	Electro válvulas hidráulicas	2	75	150
12	Electrodos 6011	5	2.25	11.30
13	Filtro de carbono	1	70	70
14	Fuente de 24v	1	35	35
15	Gabinete metalico30x30x10	1	16.52	26.52
16	Luz piloto verde 110v	1	1.72	1.72
17	Luz piloto amarilla 110v	1	1.72	1.72

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Continuación de la Tabla 6-19

18	Manguera 3/8 no taxica	10 m	2.23	22.30
19	Neplos hembra 3/8	2	4.46	8.90
20	Pulsador emergencia rojo	1	2.50	2.50
21	Plancha de acero inoxidable AISI 304	1	280	2
22	Terminal macho 10-12 amarillo	60	0.06	3.60
23	Tanque de CO2	1	120	120
24	Tanque aluminio para jarabe	1	120	120
25	Tanque de agua en aluminio	2	120	240
26	Tubo estructural 40x40x3	12m	25	50
			TOTAL	2361.26

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.8.2. Costos Indirectos

Tabla 6.20: Costos Indirectos

SUMINISTROS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.(USD)	P.T.(USD)
Hojas	Unidad	8000	0,01	80
Internet	Horas	15	0,8	12
Impresiones	Hoja	5000	0,1	500
Tintas	Cartuchos	3	8	24
CD	Unidad	3	0,35	1,05
Anillados	Unidad	6	1	6
Empastados	Unidad	3	20	60
			TOTAL	683.05

Fuente: Fabián Medina (investigador)

Tabla 6.21: Costos Indirectos

Cargo	Costo
Taller Mecánico	200

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.8.3. Costos totales de Inversión

Tabla 6.22: Costos Totales de Inversión

COSTOS	CANTIDAD
Directo	2361.26
Indirecto	683.05
	200
TOTAL	$3244.31

Fuente: Fabián Medina (investigador)

6.8.4. Financiamiento

Al concluir el proyecto de investigación y construcción del prototipo de lavadora será cubierto por porte del autor en un 100%.

6.9. Previsión de la investigación

Al prototipo de la estación de mezcla, se le debe incorporar un sistema de control SCADA o cualquier otro similar, que nos permita la adquisición de datos y el funcionamiento acoplado de los demás prototipos de máquinas existentes en sistema de envasado y embotellado de la Facultad

Uno de los parámetros que se deben mejorar a futuro es la de añadir dos boquillas más para el envasado, para poder mejorar la producción de la estación de mezcla.

Otro aspecto relevante es colocar un sistema de posicionamiento de las botellas para que no sea de forma manual, así como también depender de una acometida de agua potable permanente, que ingrese en la máquina y que nos ayude a disminuir en número de cilindros ocupados.

El laboratorio de Control y Automatización a futuro implementara más equipos con la finalidad de fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA B.1

PROPIEDADES DE AGUA

B. PROPIEDADES DEL FLUIDO

TABLA B.1 Propiedades del agua.

Temperatura T (°C)	*Densidad* ρ (kg/m^3)	*Viscosidad* μ (N · s/m^2)	*Viscosidad cinemática* ν (m^2/s)	*Tensión superficial* σ (N/m)	*Presión de vapor* p_v (kPa)	*Módulo de masa* B (Pa)
0	999.9	1.792×10^{-3}	1.792×10^{-6}	0.0762	0.610	204×10^7
5	1000.0	1.519	1.519	0.0754	0.872	206
10	999.7	1.308	1.308	0.0748	1.13	211
15	999.1	1.140	1.141	0.0741	1.60	214
20	998.2	1.005	1.007	0.0736	2.34	220
30	995.7	0.801	0.804	0.0718	4.24	223
40	992.2	0.656	0.661	0.0701	3.38	227
50	988.1	0.549	0.556	0.0682	12.3	230
60	983.2	0.469	0.477	0.0668	19.9	228
70	977.8	0.406	0.415	0.0650	31.2	225
80	971.8	0.357	0.367	0.0630	47.3	221
90	965.3	0.317	0.328	0.0612	70.1	216
100	958.4	0.284×10^{-3}	0.296×10^{-6}	0.0594	101.3	207×10^7

ANEXO 2

COORELACIONES DE LOS VALORES KL Y KT PARA EL CALCULO DE HELEICES

Tipo de impulsor	K_L	K_T
Impulsor hélice, tres palas		
Paso 1.0	41	0.32
Paso 1.5	48	0.87
Turbina		
Disco de seis palas	65	5.75
Seis palas inclinadas	----	1.63
Cuatro palas inclinadas	44.5	1.27
Paleta plana, dos palas	36.5	1.70
Impulsor HE-3	43	0.28
Ancla	300	0.35

Tipo de rodete‡	K_L	K_T
Hélice, paso cuadrado, tres palas	41,0	0,32
Paso de 2, tres palas	43,5	1,00
Turbina, seis palas planas	71,0	6,30
Seis palas curvas	70,0	4,80
Turbina de ventilador, seis palas	70,0	1,65
Palas planas, dos palas§	36,5	1,70
Turbina cerrada, seis palas curvas	97,2	1,08
Con estator, sin deflectores	172,5	1,12

† Según J. H. Rushton, *Ind. Eng. Chem*, 44:2931 *(1952)*.

‡ Para turbinas $L/D_a = 1/4$, $W/D_a = 1/5$.

§ $W/D_a = 1/5$.

ANEXO 3

TABLA DE SELECCIÓN DE TIPOS DE HÉLICES

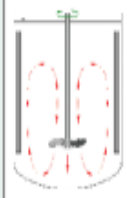
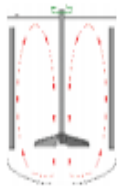
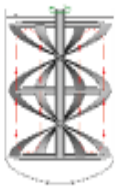
Tipo de rodete	$\frac{D_i}{D_i}$	$\frac{Z_i}{D_i}$	$\frac{Z_i}{D_i}$	Hojas cort. N.º	Hojas cort. w/D_i	N.º	Ref.	Tipo de rodete	$\frac{D_i}{D_i}$	$\frac{Z_i}{D_i}$	$\frac{Z_i}{D_i}$	Hojas cort. N.º	Hojas cort. w/D_i	N.º	Ref.
Turbina de 6 palas planas	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,17	1	7	Dos paletas	4,35	4,3	0,29	3	0,11	8	3
Igual que en el n.º 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	2	7	Cuatro paletas. Ver n.º 8	3	3	0,5	0		16	2
Igual que en el n.º 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,04	4	7	Dos paletas. Ver n.º 8	3	3,2	0,33	0		20	4
Igual que en el n.º 1; $a = 1, b = 40$	3	2,7-3,9	0,75-1,3	0		14*	7	Dos paletas. Ver n.º 8	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	10	7
Turbina de 6 palas curvadas Tam. de palas como en n.º 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	3	7	Dos paletas. Ver n.º 8 Ancho de paleta = 0,13 D_i	1,1	0,5	0,19	0		29	10
Turbina 6 palas forma flecha Tam. de pala como en n.º 1	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	5	7	Dos paletas. Ver n.º 8 Ancho de paleta = 0,17 D_i	1,1	0,4	0,10	0		29	10
Turbina radial con anillo deflector				0		7	9	Hélice de 3 palas Paso de la hélice = 2 D_i	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	15	7
Turbina cerrada, de 6 palas. Anillo deflector de 20 hojas	2,4	0,74	0,9	0		11	6	Igual que el n.º 15; a=1,7, b=18	3,3	2,7-3,9	0,75-1,3	0		21*	7
Semejante, mas no idéntica a la n.º 11	3	2,7-3,9	0,75-1,3	0		12	7	Igual que el n.º 15, pero con paso = 1,33 D_i	16			3	0,06	18	5
Igual que la 12, pero sin anillo deflector.	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	13	7	Igual que el n.º 15, pero con paso = 1,09 D_i	9,6			3	0,06	23	5
Turbina axil de 8 palas con ángulo de 45°. Ver. n.º 17	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	9	7	Igual que el n.º 15, pero con paso = 1,05 D_i, $a = 2,3$, $b = 18$	2,7	2,7-3,9	0,75-1,3	0		27*	7
Turbina axil 4 palas con ángulo de 60°	3	3	0,50	0		17	2	Igual que el n.º 15, pero con paso = 1,04 D_i; $a = 0$, $b = 18$	4,5	2,7-3,9	0,75-1,3	0		25*	7
Turbina axil de 4 palas con ángulo de 45°. Ver n.º 17.	5,2	5,2	0,87	0		19	2	Igual que el n.º 15, pero con paso = D_i	3	2,7-3,9	0,75-1,3	4	0,10	24	7
Igual que la n.º 19	2,4-3,0	2,4-3,0	0,4-0,5	0		22	2	Igual que el n.º 15, pero con paso = D_i; $a = 2,1$, $b = 18$	3	2,7-3,9	0,75-1,3	0		26*	7
Disco con 16 paletas	2,5	2,5	0,75	4	0,25	6	1	Igual que el n.º 15, pero con paso = D_i	3,8	3,5	1,0	0		28	8

D_i = diámetro del rodete; D_i = diámetro del depósito; n = n.º de revoluciones por segundo; w = ancho de las hojas del cortacorrientes; Z_i = altura a que está el rodete sobre el fondo del depósito; Z_i = altura del nivel del líquido en el depósito.

ANEXO 4

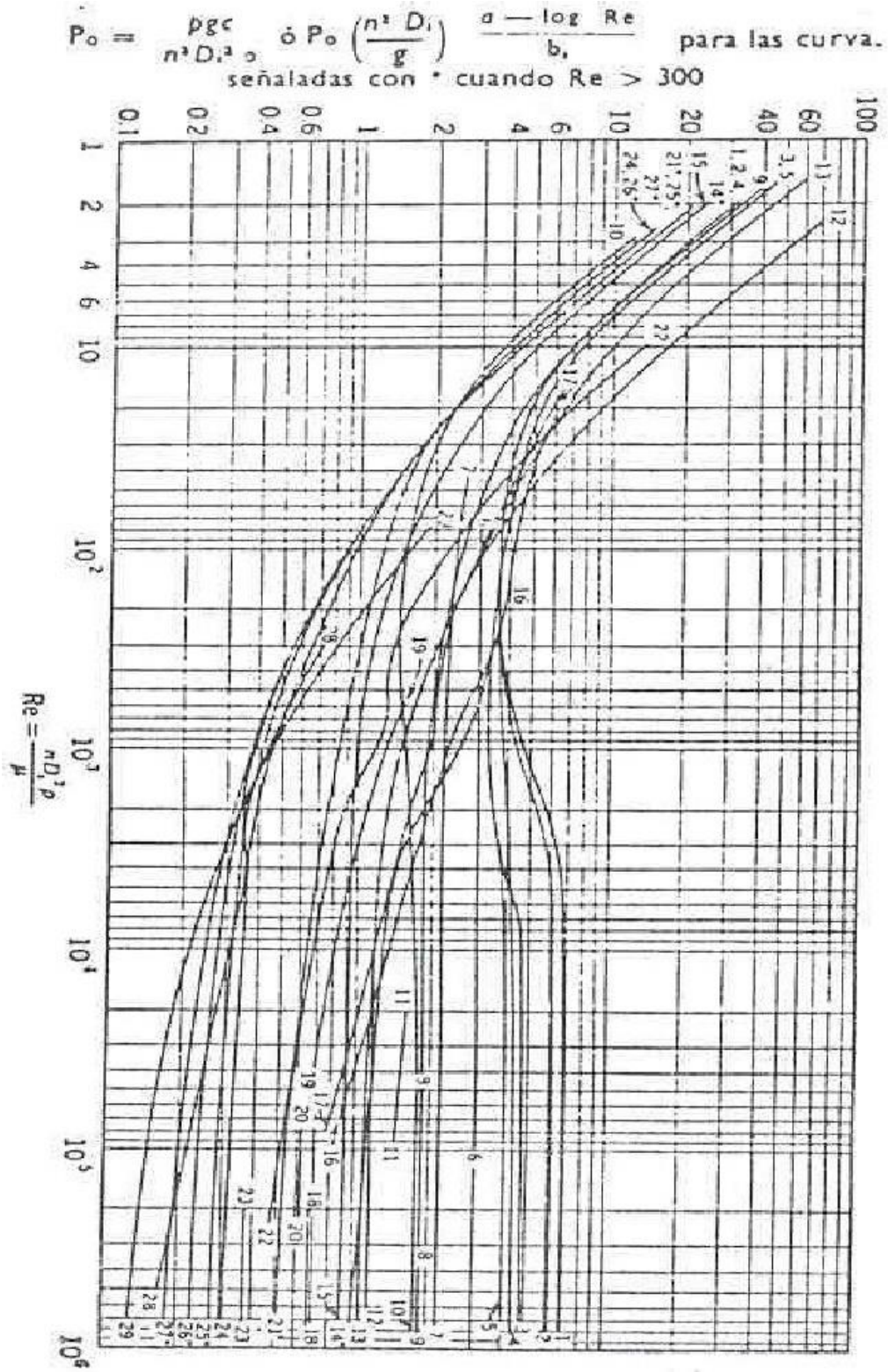
TABLA DE SELECCIÓN DE TIPOS DE IMPULSADORES

IMPULSORES — IMPELLERS

Denominación / Denomination	Hélice / Propeller	Hidrofoil / Hidrofoil	Versafoil / Versafoil	Turbina axial / Pitched blade turbine	Turbina radial / Radial turbine	Cowles / Disperser disc	Ancora / Anchor	Cinta helicoidal / Helical ribbon
Proporciones geométricas standard / Standard Geometries								
Situación / Situation	centrada *centred* descentrada sin bafles *off-centre without baffles* lateral *side-entry*	centrada *centred* descentrada sin bafles *off-centre without baffles* lateral *side-entry*	centrada con bafles *centred with baffles*	centrada con bafles *centred with baffles*	centrada con bafles *centred with baffles*	centrada *centred* descentrada sin bafles *off-centre without baffles*	centrada sin bafles *centred without baffles*	centrada sin bafles *centred without baffles*
Flujo primario / Primary flow	axial *axial*	axial *axial*	axial *axial*	axial y radial *axial and radial*	radial *radial*	radial *radial*	tangencial *tangential*	axial *axial*
Rango de utilización *Range of use* — d/D *d/D*	0'1 - 0'5	0'2 - 0'7	0'5 - 0'98	0'2 - 0'6	0'2 - 0'4	0'1 - 0'5	0'9 - 0'98	0'9 - 0'98
Vol Tang (m/s) / Tang Vel (m/s)	3 - 15	2 - 10	1 - 12	2 - 6	4 - 10	5 - 20	1 - 5	u < 2
Re *Re*	$Re > 10^3$	$Re > 10^2$	Re > 20	$Re > 10^2$	$Re > 10^2$	$Re > 10^3$ turbulento *turbulent*	$Re > 10^2$	$Re < 10^2$ laminar *laminar*
Viscosidad (Pa.s) / Viscosity (Pa.s)	$\eta < 20$	$\eta < 50$	$\eta < 100$	$\eta < 20$	$\eta < 20$	$\eta < 20$	$\eta < 20$	$\eta > 50$
Comentarios / Comments	Tanques pequeños Baja agitación en tanques grandes Baja viscosidad *Small tanks* *Low agitation in large tanks* *Low viscosity*	Buen rendimiento Permite bajos consumos y accionamientos más económicos *Good performance* *Makes low consumption and allows use of more economic drives*	Muy versátil Apta para altas y bajas viscosidades Agitación uniforme en todo el tanque *Very versatile* *Suitable for high and low viscosities* *Uniform agitation throughout the tank*	Construcción económica Facilmente adaptable a tanques muy grandes *Economic construction* *Easily adaptable to very large tanks*	Indicada casi exclusivamente para dispersión de gases y transferencia térmica *Recommended almost exclusively for the dispersion of gases and heat transfer*	Alta cizalladura Potencia muy sensible a la viscosidad Especial para emulsiones, pinturas, etc. *High shearing* *Power very sensitive to viscosity* *Especially for emulsions, paints, etc.*	Para agitación cerca de paredes A menudo con rascadores Para trasferencia térmica *For agitation near walls* *Often with scrapers* *For heat transfer*	Ideal para viscosidades muy altas Poco apta para baja viscosidad *Ideal for very high viscosities* *Not very suitable for low viscosities*

ANEXO 5

CURVA DE CORRECIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS



ANEXO 6

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES

1 UNS NÚM.	2 SAE Y/O AISI NO.	3 PROCESAMIENTO	4 S_{ut} RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	5 S_y RESISTENCIA DE FLUENCIA MPa (kpsi)	6 ELONGACIÓN EN 2 in, %	7 REDUCCIÓN EN ÁREA %	8 DURE. BRINE
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

ANEXO 7

TABLA A9: Parámetros del Factor de Condición de Superficie

Surface Finish	Factor a S_{ut}, kpsi	Factor a S_{ut}, MPa	Exponent b
Ground	1.34	1.58	−0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	−0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	−0.718
As-forged	39.9	272.	−0.995

ANEXO 8

TABLA A11: Factor de Temperatura

Temperature, °C	S_T/S_{RT}	Temperature, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

ANEXO 9

TABLA A12: Factor de Confiabilidad

Reliability, %	Transformation Variate z_a	Reliability Factor k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

ANEXO 10

A22 Interruptores con Botón de Presión Sin Luz, 22 mm de diámetro, A22L Interruptores con Botón de Presión Con Luz, 22 mm de diámetro

Sin Luz



Redondo, plano **A22-F**



Redondo, de proyección **A22-T**



Redondo, protección completa **A22-G**



Redondo, media protección **A22-H**

Sin Luz



Cuadrado, de proyección **A22-C**



Cuadrado, protección completa **A22-D**



Redondo, tipo hongo 30 mm de diám. **A22-S**



Redondo, tipo hongo 40 mm de diám. **A22-M**

Con Luz



Redondo, de proyección, con luz **A22L-T**



Redondo, protección completa, con luz **A22L-G**



Redondo, media protección, con luz **A22L-H**



Cuadrado, de proyección, con luz **A22L-C**



Cuadrado, protección completa, con luz **A22L-D**

ANEXO 11

Breakers



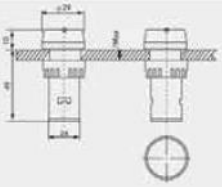
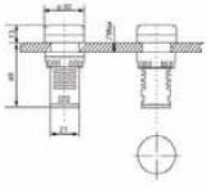
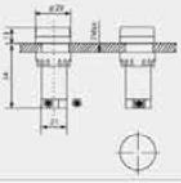
2	B71 92B02H	**19435**	B71 92C02H	**19455**	B71 92D02H	**19475**	6
4	B71 92B04H	**19437**	B71 92C04H	**19457**	B71 92D04H	**19477**	6
6	B71 92B06H	**19124**	B71 92C06H	**19169**	B71 92D06H	**19214**	6
10	B71 92B10H	**19125**	B71 92C10H	**19170**	B71 92D10H	**19215**	6
16	B71 92B16H	**19126**	B71 92C16H	**19171**	B71 92D16H	**19216**	6
20	B71 92B20H	**19127**	B71 92C20H	**19172**	B71 92D20H	**19217**	6
25	B71 92B25H	**19128**	B71 92C25H	**19173**	B71 92D25H	**19218**	6
32	B71 92B32H	**19129**	B71 92C32H	**19174**	B71 92D32H	**19219**	6
40	B71 92B40H	**19130**	B71 92C40H	**19175**	B71 92D40H	**19220**	6
50	B71 92B50H	**19131**	B71 92C50H	**19176**	B71 92D50H	**19221**	6
63	B71 92B63H	**19132**	B71 92C63H	**19177**	B71 92D63H	**19222**	6



2	B71 93B02H	**19439**	B71 93C02H	**19459**	B71 93D02H	**19479**	4
4	B71 93B04H	**19441**	B71 93C04H	**19461**	B71 93D04H	**19481**	4
6	B71 93B06H	**19133**	B71 93C06H	**19178**	B71 93D06H	**19223**	4
10	B71 93B10H	**19134**	B71 93C10H	**19179**	B71 93D10H	**19224**	4
16	B71 93B16H	**19135**	B71 93C16H	**19180**	B71 93D16H	**19225**	4
20	B71 93B20H	**19136**	B71 93C20H	**19181**	B71 93D20H	**19226**	4
25	B71 93B25H	**19137**	B71 93C25H	**19182**	B71 93D25H	**19227**	4
32	B71 93B32H	**19138**	B71 93C32H	**19183**	B71 93D32H	**19228**	4
40	B71 93B40H	**19139**	B71 93C40H	**19184**	B71 93D40H	**19229**	4
50	B71 93B50H	**19140**	B71 93C50H	**19185**	B71 93D50H	**19230**	4
63	B71 93B63H	**19141**	B71 93C63H	**19186**	B71 93D63H	**19231**	4

ANEXO 12

LUZ PILOTO

AD22 series LED indicators	Type code	Diameter	Voltage	Color	Overall dimensions
	AD22-22B	Φ22	21-DC.AC6V 22-DC.AC12V 23-DC.AC24V 24-DC.AC36V 25-DC.AC48V 26-DC.AC110V 27-DC.AC127V 31-DC.AC220V 32-AC380V	● Red ● Green ● Yellow ○ White ● Blue	
	AD22-22D	Φ22	21-DC.AC6V 22-DC.AC12V 23-DC.AC24V 24-DC.AC36V 25-DC.AC48V 26-DC.AC110V 27-DC.AC127V 31-DDC.AC220V 32-AC380V	● Red ● Green ● Yellow ○ White ● Blue	
AD22 series Double color signal lamp 	AD22-22Dry	Φ22	23-DC.AC24V 24-DC.AC36V 25-DC.AC48V 26-DC.AC110V 27-DC.AC127V 28-DC.AC220V 31-DC.AC220V 32-AC380V	● Red ● Green ● Red ● Yellow	

ANEXO 13

FOTOS DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN







7.- BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- SIGHLEY. J, MITCHELL. L, (1985) Diseño en Ingeniería mecánica, McGRAW – HILL, México
- CRAIG. J, (2006), Robótica, Pearson Educación, México.
- LUIS, H. ARNALDO, M. GALO, N. (2008), Tutoría de la investigación Científica. Quito.
- BOLTON, W. Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica, Alfaomega.
- GERHART. P, GROSS. R, HOCHSTEIN. J, Fundamentos de la Mecánica de Fluidos, Wesley Iberoamérica. Buenos Aires, Argentina
- M.ZLOKARNIK Y H.JUDAT, (1988), Correlación de número de Reynolds, , Stirring
- WARREN L. MCCABE, JULIAN C. SMITH , (1981.)Operaciones Básicas de la Ingeniería Química.

INTERNET

- http://www.directindustry.es/prod/krones/mezcladores-dinamicos-para-bebida-gaseosa-7266-571656.html
- http://www.directindustry.es/prod/krones/mezcladores-dosificadores-para-la-industria-de-la-bebida-7266-571672.html
  http://www.monografias.com/trabajos16/estrategia-produccion/estrategia produccion/estrategia
- produccion.shtml
- http://www.ingenierosmecanicos.org/definicion.htm
- http://corazongeniomecanico.blogspot.com/2010/03/definicion-de-ingenieria mecanica.html
- http://www.cdafrance.com
- http://www.polarisautomaziono.com
- http://www.powerflex.com
- http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/circular2/fluido.htm