



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTOR: ANDRES PAUL LARA NOVILLO

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALMACENADORA,
CONSERVADORA Y DOSIFICADORA DE BOLAS DE PINTURA PARA LA
CANCHA DE PAINTBALL “EXTREME PAINTBALL FIELD”, EN EL
VALLE DE LOS CHILLOS”**

DIRECTOR: ING. SIVANANDA DELGADO

CODIRECTOR: ING. HUGO ORTIZ

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2014

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALMACENADORA, CONSERVADORA Y DOSIFICADORA DE BOLAS DE PINTURA PARA LA CANCHA DE PAINTBALL “EXTREME PAINTBALL FIELD”, EN EL VALLE DE LOS CHILLOS**”, fue realizado en su totalidad por Andres Paul Lara Novillo, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Ing. Sivananda Delgado

DIRECTOR

Ing. Hugo Ortiz

CODIRECTOR

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2014

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

ANDRES PAUL LARA NOVILLO

El proyecto denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALMACENADORA, CONSERVADORA Y DOSIFICADORA DE BOLAS DE PINTURA PARA LA CANCHA DE PAINTBALL “EXTREME PAINTBALL FIELD”, EN EL VALLE DE LOS CHILLOS”**, ha sido ejecutado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos de autor, conforme a las citas que constan en el texto desarrollado, cuyas fuentes se incorporan en el capítulo de referencias bibliográficas.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del presente proyecto de grado.

Andres Paul

Lara Novillo

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2014

AUTORIZACIÓN

Yo: Andres Paul Lara Novillo

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE) la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del proyecto de grado titulado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALMACENADORA, CONSERVADORA Y DOSIFICADORA DE BOLAS DE PINTURA PARA LA CANCHA DE PAINTBALL “EXTREME PAINTBALL FIELD”, EN EL VALLE DE LOS CHILLOS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Andres Paul

Lara Novillo

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2014

DEDICATORIA

A Dios por brindarme fuerza cuando más la necesito, fe para creer en lo que hago y alegría por el don de la vida

A mis padres por darme su amor, enseñanza, comprensión y paciencia, guiándome siempre por el camino correcto, respetando mis decisiones y brindando su apoyo constante en todo momento.

A mi hermano por ser parte fundamental de mi vida, siendo partícipe de mis alegrías y tristezas.

A mi novia Carla y mis amigos por estar presente en las alegrías, tristezas, buenos y malos momentos, compartiendo sus vidas con la mía.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de la Fuerzas Armadas "ESPE", que me ha permitido seguir mis estudios, preparando un futuro profesional y poniendo toda su capacidad para lograr instruir a sus estudiantes de la mejor manera.

Al Sr. Ing. Sivananda Delgado y al Sr. Ing. Hugo Ortiz, por su guía constante y paciente durante la realización de este proyecto de grado.

A todos mis profesores, los cuales han forma parte de la realización de mi persona como un profesional preparado, correcto y apto para el trabajo.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxv
RESUMEN.....	xxvi
CAPITULO 1.....	1
QUE ES EL PAINTBALL.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Factores que afectan el Desempeño de las Bolas de Pintura (BP).....	3
1.3.1.1. Temperatura.....	3
1.3.1.2. Almacenamiento y conservación.....	4
1.3.1.3. Humedad.....	4
1.3.1.4. Luz.....	4
1.3.1.5. Tiempo de almacenamiento.....	5
1.3.1.6. Decantación.....	5
1.3.1.7. Manipulación.....	5
1.3.2. Conclusión.....	6
1.4. Alcance.....	7
1.4.1. Objetivos.....	7
1.4.1.1. Objetivo general.....	7
1.4.1.2. Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO 2.....	9
DESCRIPCIÓN DEL PAINTBALL	9
2.1. Paintball.....	9
2.2. Modalidades de Paintball.....	9

2.2.1.	Recball.....	10
2.2.2.	Speedball.....	10
2.2.3.	Woodsball.....	11
2.3.	Campos de Paintball.....	11
2.4.	Equipo Básico.....	12
2.4.1.	Equipo de protección.....	12
2.4.2.	Marcadora.....	13
2.4.3.	Equipo Adicional.....	13
2.5.	Eliminación de los jugadores.....	13
2.6.	Que son las BP., sus tipos y características.....	14
2.6.1.	Bolas de pintura (BP.).....	14
2.6.2.	Fabricación de las BP.....	15
2.6.3.	Tipos de Bolas.....	16
2.6.3.1.	Bolas de Invierno.....	16
2.6.3.2.	Bolas de Verano.....	17
2.6.3.3.	Bola Reutilizable.....	17
2.6.3.4.	Bolas de Entrenamiento.....	18
2.6.3.5.	Bolas de Torneo.....	18
2.7.	Loaders o Cargadores.....	19
2.7.1.	Cargador Normal o Gravedad.....	19
2.7.2.	Cargador Electrónico o Rotor.....	19
2.7.2.1.	Rotor.....	20
2.8.	Sistemas de Almacenamiento.....	21
2.8.1.	Técnicas de Almacenamiento.....	21
2.8.1.1.	Carga unitaria.....	21
2.8.1.2.	Cajas o cajones.....	22
2.8.1.3.	Estanterías.....	22
2.8.1.4.	Sistemas tipo Silos.....	23
2.9.	Sistemas Eléctricos y Electrónicos.....	23
2.9.1.	Sistemas Eléctricos.....	24
2.9.1.1.	Elementos de un Sistema Eléctrico.....	24
2.9.2.	Sistemas electrónicos.....	25

2.9.2.1.	El transistor.....	25
2.9.2.2.	Microprocesador.....	26
2.9.2.3.	Microcontroladores.....	27
2.10.	Controlador lógico programable (PLC).....	27
2.11.	Controladores Industriales.....	28
2.11.1.	Controlador.....	28
2.11.2.	Sistemas de control de Lazo Abierto.....	29
2.11.3.	Sistemas de control en Lazo Cerrado.....	29
2.11.4.	Señal de control.....	30
2.11.5.	Tipos de controladores.....	30
CAPÍTULO 3.....		31
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....		31
3.1.	Introducción.....	31
3.2.	Planteamiento del problema.....	31
3.2.1.	Dosificación de las BP., de manera rápida y exacta.....	32
3.2.1.1.	Dosificación de las BP.....	32
3.2.2.	Bolas de pintura en las Mejores Condiciones.....	33
3.2.3.	Reserva de las BP., para 2 semanas de funcionamiento.....	34
3.2.4.	Conclusión.....	37
3.3.	Análisis de alternativas.....	37
3.3.1.	Conclusión.....	39
3.4.	Diseño y construcción del área de almacenamiento.....	40
3.4.1.	Selección del material para el cilindro de almacenamiento.....	40
3.4.1.1.	Aluminio.....	43
3.4.1.2.	Acero Inoxidable.....	43
3.4.1.3.	Latón.....	44
3.4.1.4.	Selección.....	44
3.4.1.4.1.	Criterios A Evaluar.....	46
3.4.1.4.2.	Conclusión.....	49
3.4.2.	Selección de la forma del área de almacenamiento.....	49
3.4.2.1.	Criterios A Evaluar.....	51
3.4.2.2.	Conclusión.....	54

3.4.3.	Selección del Tamaño del cilindro de almacenamiento.....	54
3.4.3.1.	Análisis de las BP.....	54
3.4.3.1.1.	G.I.Sports Paintballs.....	54
3.4.3.1.2.	Atomic Paintballs.....	57
3.4.3.1.3.	Blast Paintballs.....	59
3.4.3.1.4.	Camo paintballs.....	61
3.4.3.2.	Análisis de la masa de las BP.....	63
3.4.3.3.	Análisis de Volumen de las BP.....	63
3.4.3.3.1.	Experimento 1: Volumen Recipiente contenedor.....	64
3.4.3.3.2.	Conclusión.....	69
3.4.3.4.	Volumen del cilindro de almacenamiento.....	69
3.4.3.5.	Tamaño del cilindro de almacenamiento.....	70
3.4.3.5.1.	Experimento 2: Altura del cilindro.....	72
3.4.3.5.2.	Conclusión.....	74
3.4.4.	Diseño del cilindro de almacenamiento de BP.....	74
3.4.5.	Análisis de esfuerzos del cilindro de almacenamiento.....	78
3.4.5.1.	Conclusión.....	83
3.4.6.	Análisis de esfuerzos simulado.....	83
3.4.6.1.	Simulación Base circular plana para BP.....	83
3.4.6.2.	Simulación estructura cilindro de almacenamiento.....	86
3.4.6.3.	Conclusión.....	89
3.5.	Diseño sistema de rotación de BP.....	89
3.5.1.	Condiciones de las BP.....	90
3.5.2.	Sistemas de rotación de BP.....	90
3.5.2.1.	Sistema de rotación con aspas.....	90
3.5.2.2.	Sistemas de rotación con base vibratoria.....	91
3.5.2.3.	Sistema de rotación con sistema de refill de BP.....	91
3.5.3.	Selección del sistema de rotación de BP.....	92
3.5.3.1.	Criterios a evaluar.....	93
3.5.3.2.	Conclusión.....	96
3.5.3.3.	Experimento 3: Sistemas de rotación.....	96
3.5.3.4.	Conclusión.....	98

3.5.4.	Diseño y análisis Aspa de rotación de BP.	98
3.5.4.1.	Diseño aspa de rotación de BP.	98
3.5.4.1.1.	Aspa de cara plana.	99
3.5.4.1.2.	Aspa de cara inclinada.	99
3.5.4.1.3.	Aspa cilíndrica.	99
3.5.4.2.	Selección del tipo de aspa para el sistema de rotación de BP.	100
3.5.4.2.1.	Conclusión.	100
3.5.4.3.	Análisis del aspa cilíndrica.	100
3.5.4.3.1.	Demostraciones circunferencias.	101
3.5.4.3.2.	Selección del diámetro del aspa giratoria.	102
3.5.4.3.2.1.	Aspa cilíndrica de igual diámetro que las BP.	102
3.5.4.3.2.2.	Aspa cilíndrica de diferente diámetro que las BP.	104
3.5.4.3.2.3.	Conclusión.	107
3.5.5.	Análisis de esfuerzos del aspa del sistema de rotación de BP.	107
3.5.5.1.	Conclusión.	110
3.5.6.	Calculo de Momento torsor y potencia del aspa de rotación.	110
3.5.6.1.	Conclusión.	113
3.5.7.	Análisis de esfuerzos simulado del aspa de rotación de BP.	113
3.5.7.1.	Conclusiones.	116
3.6.	Diseño de la estructura principal.	116
3.6.1.	Diseños de la estructura principal.	116
3.6.1.1.	Estructura principal con base giratoria centrada.	117
3.6.1.2.	Estructura principal con base giratoria a un costado.	117
3.6.1.3.	Estructura principal con base giratoria externa.	118
3.6.1.4.	Selección de la estructura principal.	118
3.6.1.4.1.	Criterios a evaluar.	119
3.6.1.4.2.	Conclusión.	122
3.6.2.	Análisis de esfuerzos simulados estructura principal.	122
3.6.2.1.	Conclusión.	125
3.7.	Diseño base giratoria de pods.	125
3.7.1.	Características de los Pods.	125
3.7.2.	Selección del número de pods de la base giratoria.	126

3.7.2.1.	Selección de la base giratoria.	127
3.7.2.1.1.	Criterios a evaluar.....	128
3.7.2.1.2.	Conclusión.	130
3.7.3.	Análisis de esfuerzo simulado de la base giratoria de pods.....	130
3.7.3.1.	Conclusión.	132
3.8.	Diseño final maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de BP.....	132
3.9.	Construcción de las Partes de la máquina.	133
3.9.1.	Cilindro de Almacenamiento de BP.....	133
3.9.2.	Estructura Base Principal.	135
3.9.3.	Construcción base giratoria de pods.	137
CAPITULO 4.....		140
DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LA MAQUINA.....		140
4.1.	Introducción.	140
4.2.	Elementos de control en la máquina.	140
4.2.1.	Control automático de temperatura y humedad.	140
4.2.2.	Sistema de rotación automático de BP.	141
4.2.3.	Dosificación de BP.	141
4.2.4.	Base giratoria de BP.....	141
4.2.5.	Control de la máquina.	141
4.3.	Selección sensor de temperatura y humedad.....	142
4.3.1.	Selección.	143
4.3.1.1.	Sensor de temperatura DWYER RHP-3W22.....	143
4.3.1.2.	Sensor de temperatura pt100.....	144
4.3.1.3.	Termopar tipo K de 3M.	144
4.3.1.4.	Criterios a evaluar.....	146
4.3.1.5.	Conclusión.	149
4.4.	Controlador del sistema.	149
4.4.1.	Selección del tipo de controlador.	150
4.4.1.1.	Microcontrolador PIC16F877A.	150
4.4.1.2.	Arduino uno.	151
4.4.1.3.	PLC.	152
4.4.1.4.	Selección.	153

4.4.1.4.1.	Criterios a evaluar.....	154
4.4.1.4.2.	Conclusión.....	157
4.4.2.	Selección del PLC.....	157
4.4.2.1.	PLC logo Siemens 12/24 v DC RC.....	157
4.4.2.2.	PLC Allen Bradley Pico 1760.....	159
4.4.2.3.	PLC Schneider Electric Zelio.....	160
4.4.2.4.	Análisis de costos.....	161
4.4.2.5.	Selección del PLC.....	163
4.4.2.5.1.	Criterios a Evaluar.....	164
4.4.2.5.2.	Conclusión.....	167
4.4.3.	Conexión del PLC Logo Siemens.....	167
4.4.3.1.	Montar PLC logo de Siemens.....	168
4.4.3.2.	Conexión de los Sensores a PLC Logo de Siemens.....	169
4.4.3.3.	Conexión de las salidas.....	169
4.4.3.4.	Limitación de entradas y salidas del PLC Logo de siemens.....	169
4.5.	Circuito de potencia.....	171
4.5.1.	Diseño del circuito de potencia.....	171
4.5.2.	Diseño de la placa del circuito de potencia.....	173
4.6.	Circuito de Acoplamiento de los sensores.....	175
4.6.1.	Características del diseño.....	175
4.6.2.	Velocidad de conmutación para el contador de B.P.....	176
4.6.3.	Diseño del circuito de acople.....	176
4.6.4.	Diseño De la placa del circuito de acoplamiento.....	177
4.7.	Circuito de control de velocidad de los motores de 12Vdc.....	178
4.7.1.	Diseño del control PWM.....	179
4.7.1.1.	Configuración del timer 555.....	180
4.7.1.2.	Diseño del circuito de control de velocidad PWM.....	182
4.7.1.3.	Diseño de la placa del control de potencia del control de PWM.....	183
4.8.	Conexión de la máquina.....	185
CAPITULO 5.....		187
PROGRAMACIÓN DEL PLC LOGO DE SIEMENS.....		187
5.1.	Aspectos previos de la programación del PLC Logo de Siemens.....	187

5.2.	Diagramas de causa-efecto para la programación del PLC.	188
5.2.1.	Diagrama causa-efecto de control de temperatura y humedad.	188
5.2.2.	Diagrama causa-efecto control de rotación.	189
5.2.3.	Diagrama causa-efecto control de dosificación de BP.	189
5.2.4.	Diagrama causa-efecto total de los problemas de la máquina de BP.	190
5.3.	Matriz QFD para las necesidades de control.	190
5.3.1.	Descripción de la Matriz QFD.	191
5.3.2.	Objetivo de las ponderación del sistema.	196
5.3.2.1.	Relación de mejora de las ponderaciones del sistema.	196
5.3.2.2.	Argumento de venta de las ponderaciones del sistema.	196
5.3.2.3.	Ponderación Absoluta.	196
5.3.2.4.	Ponderación relativa.	197
5.4.	Directrices de la programación.	199
5.4.1.	Procesos de control.	199
5.4.2.	IDEF0 del proceso.	199
5.4.2.1.	Proceso del control de temperatura y humedad.	200
5.4.2.2.	Proceso del control de rotación de BP.	202
5.4.2.3.	Proceso de control de dosificación.	203
5.5.	Programación con Logosoft Confort del PLC Logo Siemens.	206
5.5.1.	Bloques de Función del programa Logosoft Confort.	206
5.5.2.	Escalar valores de medida en Logosoft Confort.	208
	CAPITULO 6.	210
	PROTOCOLO DE PRUEBAS.	210
6.1.	Descripción.	210
6.2.	Pruebas Mecánicas.	210
6.2.1.	Prueba 1: Capacidad de almacenamiento.	210
6.2.2.	Prueba 2: Capacidad estructura Base.	211
6.2.3.	Prueba 3: Capacidad Base Giratoria.	211
6.3.	Pruebas eléctricas y electrónicas.	211
6.3.1.	Prueba 1: Funcionamiento del sensor de temperatura y humedad.	211
6.3.2.	Prueba 2: Funcionamiento del sensor inductivo y del motor del aspa giratoria.	211
6.3.3.	Prueba 3: Funcionamiento ventiladores dosificación de aire.	212

6.3.4.	Prueba 4: Funcionamiento calefactor cerámico.	212
6.3.5.	Prueba 5: Funcionamiento Loader.....	212
6.3.6.	Prueba 6: Funcionamiento sensor de posición y motor de la base giratoria.	212
6.4.	Pruebas de funcionamiento de la máquina.	212
6.4.1.	Prueba 1: Funcionamiento llenado directo.	213
6.4.2.	Prueba 2: Funcionamiento llenado en pods.	213
6.4.3.	Prueba 3: Llenado selectivo de BP.	213
6.4.4.	Prueba 4: Funcionamiento luces indicadoras, pantalla y paro de emergencia.	213
6.5.	Conclusiones de las pruebas.	214
CAPITULO 7.....		215
ESTUDIO FINANCIERO		215
7.1.	Introducción.	215
7.2.	Inversión inicial.	215
7.3.	Capital de trabajo.	216
7.4.	Financiamiento.	216
7.5.	Proyección de ingresos y egresos.	216
7.5.1.	Ingresos.....	216
7.5.2.	Egresos.....	217
7.5.2.1.	Costos.	217
7.5.2.2.	Gastos.	218
7.5.2.3.	Egresos totales.	219
7.6.	Flujo neto de efectivo.	219
7.7.	Conclusión.	220
CAPITULO 8.....		221
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		221
8.1.	Conclusiones.	221
8.2.	Recomendaciones.	222
BIBLIOGRAFÍA		224
ANEXOS.....		227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Paquetes básicos de renta de equipos en "Extreme Paintball field"	33
Tabla 2. BP., adicionales a los paquetes ofertados	33
Tabla 3. Rango de las mejores características para BP., Blast.	34
Tabla 4. Número de BP., utilizadas en el mes de Junio 2013 por semana	35
Tabla 5. Número de BP., extras vendidas en el mes de Junio	35
Tabla 6. Número de BP., utilizadas en el mes de Julio 2013 por semana	36
Tabla 7. Número de BP., extras vendidas en el mes de Julio	36
Tabla 8. Stock de 2 semanas de BP., a partir de los promedios de Junio-Julio	37
Tabla 9. Importancia de las características de la maquina por los encargados de "Extreme Paintball Field"	38
Tabla 10. Variables no específicas de las características de la maquina	39
Tabla 11. Propiedades generales del aluminio	43
Tabla 12. Propiedades generales del acero inoxidable	44
Tabla 13. Propiedades generales del latón	44
Tabla 14. Matriz morfológica de la selección del material para el sistema de almacenamiento	45
Tabla 15. Matriz de valoración de la selección del material del sistema de almacenamiento	48
Tabla 16. Evaluación de los criterios de la selección del material del sistema de almacenamiento	49
Tabla 17. Matriz morfológica de la selección de la forma del sistema de almacenamiento	50
Tabla 18. Matriz de valoración de la selección de la forma del sistema de almacenamiento	52
Tabla 19. Evaluación de los criterios de la selección de la forma del sistema de almacenamiento	53
Tabla 20. Medición de la masa de BP., de la marca G.I.Sport	55
Tabla 21. Medición de la diámetro de BP., de la marca G.I.Sport	56
Tabla 22. Medición de la masa de BP., de la marca Atomic Paintballs	57

Tabla 23. Medición del diámetro de BP., de la marca Atomic Paintballs	58
Tabla 24. Medición de la masa de BP., de la marca Blast paintballs	59
Tabla 25. Medición del diámetro de BP., de la marca Blast Paintballs.....	60
Tabla 26. Medición de la masa de BP., de la marca Camo Paintballs.....	61
Tabla 27. Medición del diámetro de BP., de la marca Camo Paintballs.....	62
Tabla 28. Promedio de masa de BP., en 10 mediciones	63
Tabla 29. Promedio de diámetro de BP., en 10 mediciones	63
Tabla 30. Número de BP., para el cilindro 1 del experimento 1	65
Tabla 31. Número de BP., para el cilindro 2 del experimento 1	67
Tabla 32. Cálculo del volumen del cilindro 1	68
Tabla 33. Cálculo del volumen del cilindro 2	68
Tabla 34. Volumen neto ocupado por 50BP., en cilindro 1.	68
Tabla 35. Volumen neto ocupado por 260 BP., en cilindro 2	68
Tabla 36. Porcentaje de espacio libre en cada cilindro, experimento 1	69
Tabla 37. Cálculo altura del cilindro de almacenamiento	71
Tabla 38. Perfiles de acero (DIPAC, 2013).....	75
Tabla 39. Propiedades base circular del cilindro BP., ambiente controlado	84
Tabla 40. Tensiones base circular del cilindro de BP.....	85
Tabla 41. Desplazamientos de la base circular del cilindro de BP	85
Tabla 42. Propiedades de la estructura base del cilindro de BP., ambiente controlado.....	87
Tabla 43. Tensiones estructura cilindro de almacenamiento de BP.	88
Tabla 44. Desplazamientos de la estructura cilindro de almacenamiento de BP.....	88
Tabla 45. Condiciones de las BP., para su almacenamiento	90
Tabla 46. Matriz morfológica de la selección del sistema de rotación de BP.	92
Tabla 47. Matriz de valoración para la selección del sistema de rotación de BP	94
Tabla 48. Evaluación de criterios para la selección del sistema de rotación de BP.....	95
Tabla 49. Características de forma y tamaños de BP	98
Tabla 50. Matriz morfológica para el aspa del sistema de rotación de BP	100
Tabla 51. Propiedades del aspa de rotación	114

Tabla 52. Tensiones sobre el aspa de rotación de BP.....	115
Tabla 53. Desplazamientos del aspa de rotación de BP	115
Tabla 54. Matriz morfológica de la selección de la estructura principal	119
Tabla 55. Matriz de valoración para la selección de la estructura principal.....	121
Tabla 56. Evaluación de los criterios para la selección de la estructura principal.....	121
Tabla 57. Propiedades de la estructura principal de la máquina de BP	123
Tabla 58. Tensiones en la estructura principal de la máquina	124
Tabla 59. Desplazamientos de la estructura principal de la máquina	124
Tabla 60. Características de diferentes diseños de base giratoria de pods.....	126
Tabla 61. Matriz morfológica de la selección del número de pods en la base giratoria	127
Tabla 62. Matriz de valoración para la selección del número de pods en la base giratoria.....	129
Tabla 63. Propiedades de la base giratoria (ambiente controlado).....	131
Tabla 64. Tensiones en la base giratoria de BP.....	131
Tabla 65. Desplazamientos en la base giratoria de BP.....	132
Tabla 66. Características del sensor Dwyer RHP-3W22.....	143
Tabla 67. Características del sensor PT100.....	144
Tabla 68. Características del sensor termopar tipo K 3M	145
Tabla 69. Características conjuntas de los 3 sensores de temperatura.....	145
Tabla 70. Matriz morfológica de la selección del sensor de temperatura	146
Tabla 71. Matriz de valoración de la selección del sensor de temperatura	148
Tabla 72. Criterios evaluados para la selección del sensor de temperatura.....	149
Tabla 73. Características del PIC16F877A	151
Tabla 74. Características del Arduino Uno	152
Tabla 75. Características de los PLC'S.....	152
Tabla 76. Matriz morfológica de la selección del controlador de la máquina.....	153
Tabla 77. Matriz de valoración de la selección del controlador de la máquina.....	156
Tabla 78. Criterios evaluados de la selección del controlador de la máquina	156
Tabla 79. Características del PLC Logo de Siemens.....	158
Tabla 80. Características del PLC Allen Bradley Pico 1760.....	159

Tabla 81. Características del PLC Schneider Electric Zelio.....	160
Tabla 82. Características comunes de los 3 PLC'S	161
Tabla 83. Características particulares de los PLC'S.....	161
Tabla 84. Análisis del costo del módulo básico de cada PLC	162
Tabla 85. Análisis del costos para cada PLC, junto con los componentes necesarios para su funcionamiento.....	162
Tabla 86. Análisis del costo total para cada PLC	163
Tabla 87. Matriz morfológica de la selección del PLC	164
Tabla 88. Matriz de valoración de la selección del PLC	166
Tabla 89. Criterios evaluados de la selección del PLC	166
Tabla 90. Delimitación de entradas y salidas del PLC Logo de Siemens.....	170
Tabla 91. Entradas y salidas totales del PLC Siemens junto con el modulo de expansión y la pantalla Logo TD	170
Tabla 92. Matriz QFD del control de la máquina.....	198
Tabla 93. Simbología utilizada para el diagrama del proceso	200
Tabla 94. Inversión Inicial.....	215
Tabla 95. Capital de Trabajo	216
Tabla 96. Ingresos utilizados para la construcción de la máquina automática de BP.....	217
Tabla 97. Costos de los materiales	217
Tabla 98. Costos de la mano de obra indirecta.....	218
Tabla 99. Gastos.....	218
Tabla 100. Egresos Totales	219
Tabla 101. Flujo Neto de Efectivo	219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pistola NEL-SPOT 007s	2
Figura 2. Campos de Paintball CQB, Quito Woodsball, Adrenalina Paintball Field, de Quito.	2
Figura 3. Bolas de Paintball dañadas, encontradas en el campo "Extreme Paintball Field", Valle de los Chillos.	5
Figura 4. Imagen de partidos de paintball, organizados en Quito por "Extreme Paintball Field"	9
Figura 5. Juego de Paintball recreativo denominado "desembarco de Normandía", organizado en el Lago San Pablo.	10
Figura 6. Imagen de partido de Speedball, EPPL en la cancha de "Adrenalina Paintball Field", en el centro comercial San Luis.	10
Figura 7. Imagen sudamericano de Woodsball, organizado por los Equipos de Guayaquil, en el Cerro del Muerto, Playas.....	11
Figura 8. Campo de "Extreme Paintball Field", Valle de los Chillos.....	12
Figura 9. Equipo utilizado en los juegos de paintball.	13
Figura 10. Fundas de bolas de pintura, marca Blast.....	14
Figura 11. Caja de 2000 B.P. marca Frostbite para invierno.....	16
Figura 12. Caja de 2000 B.P. para verano marca G.I.....	17
Figura 13. Tarro de 500 Bolas reutilizables.	17
Figura 14. Caja de 2000 B.P. de entrenamiento, de Blast.....	18
Figura 15. Caja de 2000 B.P. de marca Marballizer	18
Figura 16. Cargador de gravedad, marca GXG 200 B.P.....	19
Figura 17. Cargador electrónico, Dye, modelo Rotor	20
Figura 18. Rotor de un cargador marca Valken.	21
Figura 19. Pallet de carga unitaria.....	22
Figura 20. Caja para almacenamiento de paintballs.....	22
Figura 21. Estanterías utilizadas para almacenamiento de equipo en "Extreme Paintball Field"	22
Figura 22. Sistema de almacenamiento tipo silo.....	23
Figura 23. Red de distribución eléctrica.....	24
Figura 24. Elementos de un circuito eléctrico.....	25
Figura 25. Primer transistor realizado por físicos W. Shockley, J. Bardeen y W. Brattain.....	25

Figura 26. El primer circuito integrado, por Jack Kilby el 12 de septiembre de 1958.....	26
Figura 27. Esquema de un Microprocesador y sus partes.....	26
Figura 28. Esquema de un microcontrolador y sus partes.....	27
Figura 29. Imagen de diferentes PLC's.....	27
Figura 30. Imagen de una programación tipo Ladder.....	28
Figura 31. Lazo de control donde se describen las entradas, salidas, retroalimentaciones, el controlador y el proceso a ser controlado.....	29
Figura 32. Dibujo de un lazo de control abierto.....	29
Figura 33. Dibujo de un lazo de control cerrado con retroalimentación.....	30
Figura 34. Mapa de las necesidades de la empresa auspiciante.....	32
Figura 35. Mapa de las necesidades de dosificación de BP., de la empresa auspiciante.....	32
Figura 36. Mapa de las condiciones que afectan a las B.P. en sus características.....	34
Figura 37. Promedio de B.P. necesarias para un Stock de dos semanas.....	37
Figura 38. Porcentaje de importancia de las Características que debería tener la maquina dosificadora automática.....	39
Figura 39. Imagen de los diferentes materiales clasificados por color en el programa CES.....	40
Figura 40. Color al que corresponde cada material en el programa CES.....	41
Figura 41. Ingreso de las propiedades requeridas por parte del usuario en el programa CES.....	41
Figura 42. Ingreso de las familias de metales o no metales a los cuales se quiere ingresar en el programa CES.....	42
Figura 43. Resultados del programa, en el cual, los materiales dentro del área roja, cumplen con todas las condiciones indicadas.....	42
Figura 44. Criterios de la matriz de valoración para selección del material.....	48
Figura 45. Criterios evaluados en la selección del material del área de almacenamiento.....	49
Figura 46. Criterios de la matriz de valoración para la selección de la forma del área de almacenamiento.....	53
Figura 47. Criterios evaluados de la selección de la forma del área de almacenamiento.....	54
Figura 48. Variación de la masa de las BP., G.I.Sports.....	55
Figura 49. Variación del diámetro de las BP., G.I.Sports.....	56
Figura 50. Variación de la masa de BP., Atomic Paintballs.....	57

Figura 51. Variación del diámetro de BP., de la marca Atomic Paintballs.....	58
Figura 52. Variación de la masa de BP., Blast Paintballs.....	59
Figura 53. Variación del diámetro de BP., Blast Paintballs.....	60
Figura 54. Variación de la Masa de BP., Camo paintballs.....	61
Figura 55. Variación del diámetro de BP., Camo Paintballs.....	62
Figura 56. Cilindro número 1, experimento de volumen.....	65
Figura 57. Mediciones de BP., para el experimento de volumen cilindro número 1.....	66
Figura 58. Cilindro número 2, experimento de volumen.....	66
Figura 59. Mediciones de BP., para el experimento de volumen cilindro número 1.....	67
Figura 60. Variación de la altura versus el diámetro del cilindro.....	71
Figura 61. Comparación de la altura del cilindro al variar el diámetro.....	72
Figura 62. Cilindro Construido el Cartón para experimento 2.....	73
Figura 63. Cilindro construido para el experimento 2, lleno.....	74
Figura 64. Diseño de la estructura del cilindro contenedor.....	76
Figura 65. Diseño del cilindro de almacenamiento recubierto con una lámina de acero inoxidable.....	76
Figura 66. Diseño de la base del cilindro de almacenamiento de BP.....	77
Figura 67. Tapa del cilindro de almacenamiento.....	77
Figura 68. Diagrama de cuerpo libre del cilindro contenedor.....	78
Figura 69. Propiedades del acero inoxidable.....	82
Figura 70. Base circular del cilindro de almacenamiento para BP.....	84
Figura 71. Estructura del cilindro de almacenamiento de BP.....	86
Figura 72. Tipos de aspas utilizados en la industria.....	91
Figura 73. Sistema de rotación con una base vibratoria.....	91
Figura 74. Sistema de rotación de BP., tipo refill (Rellenado).....	92
Figura 75. Criterios a evaluar para la selección del sistema de rotación.....	94
Figura 76. Criterios evaluados de la selección del sistema de rotación de BP.....	95
Figura 77. Resultado de los criterios evaluados para la selección del sistema de rotación de BP.....	95

Figura 78. Sistema de rotación de BP., vibratorio en la base del cilindro de almacenamiento.....	97
Figura 79. Sistema de rotación de BP., de aspa giratoria, en el cilindro de almacenamiento.....	97
Figura 80. Aspa de cara plana	99
Figura 81. Aspa de cara inclinada.	99
Figura 82. Aspa cilíndrica.	99
Figura 83. Relación entre dos circunferencias.	101
Figura 84. Reacciones en dos circunferencias del mismo radio.....	101
Figura 85. Reacciones en dos circunferencias de distinto diámetro.....	102
Figura 86. Fuerzas entre el aspa y las BP., del mismo radio.	103
Figura 87. Fuerzas entre el aspa y las BP., de diferente diámetro.....	104
Figura 88. Componentes en X y Y, de la fuerza de reacción de las BP.	105
Figura 89. Triangulo de fuerzas de la reacción de las BP.	106
Figura 90. Diagrama de cuerpo libre del soporte del aspa giratoria del sistema de rotación de BP.	107
Figura 91. Aspa del cilindro de rotación, con cargas de torsión.	110
Figura 92. Cargas de BP, concentradas en el aspa de rotación de BP.....	111
Figura 93. Diseño del aspa de rotación de BP.....	114
Figura 94. Estructura principal con base giratoria centrada.	117
Figura 95. Estructura principal con base giratoria a un costado.....	117
Figura 96. Estructura principal con base giratoria externa.	118
Figura 97. Resultados de los criterios evaluados para la selección de la estructura principal.	122
Figura 98. Estructura de la base principal para el análisis de esfuerzos simulados.....	123
Figura 99. Resultado de los criterios evaluados para el número de pods de la base giratoria.	129
Figura 100. Base Giratoria de pods, para el análisis de esfuerzos.....	130
Figura 101. Diseño final de la maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de BP.	133
Figura 102. Diagrama de flujo del proceso de construcción del cilindro de almacenamiento de BP.....	134

Figura 103. Construcción del cilindro de almacenamiento de BP., en cada una de sus fases.	135
Figura 104. Diagrama de flujo del proceso de construcción de la base principal de la maquina automática de BP.	136
Figura 105. Fases de la construcción de la base principal de la maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de BP.	137
Figura 106. Diagrama de flujo del proceso de construcción de la base giratoria de pods.	138
Figura 107. Construcción de la base giratoria de pods para BP.	139
Figura 108. Sensor de temperatura y humedad relativa Dwyer RHP-3W22.	144
Figura 109. Resultado de los criterios evaluados para la selección del sensor de temperatura y humedad.	149
Figura 110. Microcontrolador PIC16F87A.	150
Figura 111. Arduino Uno.	151
Figura 112. Diferentes Plc´s de la marca siemens.	152
Figura 113. Criterios evaluados de la selección del controlador de la máquina.	157
Figura 114. PLC Logo de Siemens.	158
Figura 115. PLC Allen Bradley pico 1760.	159
Figura 116. PLC Schneider Electric Zelio.	160
Figura 117. Resultados de la evaluación para la selección del PLC de la máquina.	166
Figura 118. Pasos para montar un PLC Logo de Siemens.	168
Figura 119. Conexión de las salidas de un PLC Logo de Siemens.	169
Figura 120. Diseño de la alimentación del circuito de potencia y luz de indicación.	171
Figura 121. Entradas de activación de los relés del circuito de potencia.	172
Figura 122. Diodo de protección de la bobina de un relé.	172
Figura 123. Circuito de potencia con 8 entradas de control.	173
Figura 124. Diseño de la placa del circuito de potencia.	174
Figura 125. Revisión del ruteado de las pistas del circuito de potencia.	174
Figura 126. Imagen simulada de la placa de potencia.	175
Figura 127. Placa de potencia terminada.	175
Figura 128. Circuito de acople realizado en Isis Proteus.	176
Figura 129. Placa del circuito de acoplamiento de los sensores de la máquina.	177

Figura 130. Control de ruteado de pistas de la placa de acoplamiento de señal.....	177
Figura 131. Diseño de la placa del circuito de acoplamiento de señales.....	178
Figura 132. Placa del circuito de acople de señal de los sensores de la máquina.....	178
Figura 133. Demostración de la variación del ancho de pulso de una señal.	179
Figura 134. Esquema de conexión de un timer 555.	180
Figura 135. Variación de los tiempos de carga y descarga en un timer 555, cambiando su configuración de conexión.....	181
Figura 136. Alimentación del circuito de control de velocidad por medio de PWM.	182
Figura 137. Configuración astable del timer 555.	183
Figura 138. Transistor de potencia y alimentación del motor para el circuito de control de PWM.	183
Figura 139. Diseño de la placa del control de velocidad de PWM.....	184
Figura 140. Control del ruteado de los elementos del pcb del circuito de control de PWM.	184
Figura 141. Diseño de la placa en 3D del circuito de control de PWM.	185
Figura 142. Circuito de control de PWM para los motores de 12 Vdc.	185
Figura 143. Panel de instrumentos eléctricos y electrónicos de la máquina automática de BP.....	186
Figura 144. Diagrama causa-efecto del control de temperatura y humedad.	188
Figura 145. Diagrama causa-efecto del control de rotación de BP.	189
Figura 146. Diagrama causa-efecto de la dosificación de BP.	189
Figura 147. Diagrama causa-efecto total de la maquina automática de BP.	190
Figura 148. Características "QUE" del QFD de la programación de la maquina.	193
Figura 149. Relaciones "Que vs COMO" de la matriz QFD para la programación.....	194
Figura 150. Correlaciones del "COMO" de la matriz QFD de la programación de la máquina.	194
Figura 151. Análisis de Bech Marking de la matriz QFD de la programación.	195
Figura 152. Valores de la competencia de las características "QUE".....	195
Figura 153. Ponderaciones del sistema de la Matriz QFD.	197
Figura 154. Diagrama del proceso de control de temperatura y humedad.	200
Figura 155. Diagrama de flujo del proceso de control a temperatura y humedad.	201

Figura 156. Proceso del control de rotación de BP.....	202
Figura 157. Diagrama de flujo del proceso de rotación de las BP.....	202
Figura 158. Diagrama del proceso de dosificación de BP.....	203
Figura 159. Diagrama de flujo del proceso de dosificación de BP.....	204
Figura 160. IDEF0 total de los procesos de control de la máquina.....	205
Figura 161. Bloque de función del programa Logosoft Confort.....	206
Figura 162. Inicio de la programación en Logosoft Confort.....	207
Figura 163. Pantalla de programación del programa Logosoft Confort de Siemens.....	208

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.....	228
ANEXO B.....	229
ANEXO C.....	230
ANEXO D.....	231

RESUMEN

El presente documento tiene como objetivo el describir paso a paso el desarrollo del proyecto de diseño, construcción e implementación de una máquina automática para bolas de pintura que tiene la capacidad de almacenar hasta 6300 bolas en un cilindro de almacenamiento, el cual por medio de sensores y actuadores las mantiene en un ambiente controlado de temperatura y humedad establecido de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes de las bolas. Dentro del cilindro de almacenamiento la máquina realiza la rotación de las bolas lo cual impide que las bolas pierdan su forma o se dañen; además la máquina puede dosificar 100 bolas de pintura de manera directa o en pods y dando una opción adicional de poder seleccionar el número a dosificar en el caso de que el vendedor realice algún paquete con un número de bolas específico. La máquina va a ser usada en canchas de paintball, específicamente en la cancha "Extreme Paintball Field", perteneciente a la empresa Quitusport.S.A., ubicada en el valle de los Chillos.

ABSTRACT

This paper describe step by step the development of the design, construction and implementation of an automatic paintball machine that has the ability to store up to 6300 balls in a storage cylinder, which by sensors and actuators kept it in a controlled temperature and humidity controlled environment which was established by the balls manufacturers specifications. Inside of the storage cylinder, the machine performs the rotation of the balls to prevents the balls of losing their shape or being damaged; also the machine can dose 100 paintballs directly or in pods and also giving an additional option to select the number of balls to be dosed in the case of the seller make a packet with a specific number of balls. The machine will be used in paintball fields, specifically in the "Extreme Paintball Field", belonging to the company Quitusport.SA, located in the Chillos Valley.

PALABRAS CLAVES: PROYECTO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, AUTOMÁTICA, MÁQUINA, CONSERVAR, CONTROLADO, TEMPERATURA, HUMEDAD, DOSIFICAR, BOLAS DE PINTURA, PODS.

CAPITULO 1

QUE ES EL PAINTBALL

1.1. Introducción.

El paintball es un deporte, el cual, ha crecido de manera acelerada y progresiva a nivel mundial, principalmente, debido a la gran necesidad de las personas de liberar el estrés y aumentar la aventura en su vida y liberar adrenalina.

Siendo un deporte de reciente crecimiento, en el país, existe todavía muy poca tecnología aplicada hacia el deporte, siendo la mayor evolución de este hacia el equipo de protección y de juego (marcadoras, máscaras, tanques, cargadores de bolas, etc.), mas no hacia los equipos complementarios que surgen a partir de este, como serían sistemas de dosificación de aire, de bolas de pintura, y sistemas de conservación de bolas.

El paintball es un deporte, del cual, han surgido diferentes modalidades de juego, haciendo que los jugadores se especialicen más hacia alguno de ellos, lo que ha provocado una gran diversificación en cuanto a los campos de juego, haciendo que los jugadores pueden practicar este deporte en campos recreacionales, parques, bosques, lagos, e infinidad de lugares de acuerdo al gusto de cada jugador.

1.2. Antecedentes.

El Paintball nace en el año de 1.981 en Estados Unidos, en el estado de New Hampshire, donde los ganaderos usaban pistolas que disparaban bolas de pintura accionadas por pequeños tanques de CO2 para marcar árboles y ganado; de ahí deriva el nombre de las pistolas “marcadoras”. (Paintball España, 2014)

Las tres primeras personas que utilizaron estas marcadoras para el primer juego de paintball en junio de 1981 son Charles Gaines, Bob Gurnsey y Hayes Noel, que utilizaron la marcadora NEL –SPOT 007s como se ve en la figura (1). (Paintball España, 2014)



Figura 1. Pistola NEL-SPOT 007s

Fuente: (32 GRADOS PAINTBALL, 2008)

Actualmente el paintball es un deporte en el que los participantes, utilizan marcadoras, con bolas de pintura (BP.) para impactar y marcar a jugadores u objetivos, dependiendo de cómo se haya decidido jugar entre todos los participantes.

Normalmente en una partida de paintball se enfrentan dos equipos con el fin de eliminar a todos los jugadores del bando rival o alcanzar un objetivo (como capturar una bandera, protección de algún elemento o rescatar a una persona importante). (Paintball España, 2014)

En el Ecuador, actualmente el paintball se ha convertido en una actividad recreacional cada vez más llamativa, creciendo al punto que en apenas 4 años pasó de 4 a más de 30 campos de paintball en todo el país, con presencia en casi todas las provincias del País como los mostrados en la figura (2), proporcionando a las sociedad una actividad que a más de diversión ayuda a su salud mental.



Figura 2. Campos de Paintball CQB, Quito Woodsball, Adrenalina Paintball Field, de Quito.

Fuente: (Quito woodsball, 2014) (CQB Y ADRENALINA PAINTBALL FIELD, 2014)

Los campos de paintball son escenarios creados o seleccionados para permitir que las personas interesadas en este deporte puedan practicarlo de la mejor manera posible. Estos poseen diferentes tipos de cancha y cada una relacionada con un tipo diferente de juego.

1.3. Justificación.

Como previamente ya ha sido mencionado, el paintball es una actividad recreacional que va tomando cada vez más impulso, llegando a jugarse en la mayoría de países del mundo y por lo tanto pasando a convertirse en una industria multinacional, haciéndolo una actividad rentable y de gran movimiento económico.

De igual manera las bolas de pintura (BP.), corresponden el componente esencial del juego, y que genera mayor movimiento económico, debido a que permiten marcar al objetivo deseado y además que son hechas principalmente para que tengan una sola vida.

Las bolas de pintura (B.P.) debido a su composición son sensibles a muchos factores, haciéndolas que se dañen y pierdan sus propiedades, provocando tanto que los jugadores de paintball, como los vendedores de equipos y bolas, se sientan insatisfechos por la pérdida de calidad de estas, y que se vuelvan obsoletas y ya no sean óptimas para usarlas en el juego, o para que puedan ser vendidas.

1.3.1. Factores que afectan el Desempeño de las Bolas de Pintura (BP).

1.3.1.1. Temperatura.

Las bolas de pintura deben conservarse en temperaturas que oscilan entre los 15 a 30 °C (grados centígrados), para lograr que las B.P. mantengan sus características de rompimiento y pintado. Menores temperaturas las endurecen y mayores temperaturas las vuelven elásticas, en ambos casos volviéndose más resistentes al rompimiento o dañándose estas por completo, y volviéndolas inservibles. (Procaps S.A., 2014) (Blast paintballs, 2014)

1.3.1.2. Almacenamiento y conservación.

Las B.P. requieren ser almacenadas de forma adecuada ya que contenedores no adecuados provocarán deformaciones en las bolas, de tal manera que queden unos pequeños círculos planos en la parte en que las B.P. están en contacto con paredes verticales rígidas, por ejemplo. Por esta razón las B.P. vienen en cajas de cartón que no son tan duras, sin embargo es necesario cambiarlas constantemente de posición para que no se afecte su contenido y por recomendación de los fabricantes, no se deben apilar más de 10 cajas por que se podrían aplastar debido a su peso y deformar a las B.P. (Blast paintballs, 2014)

Otros recipientes que se ocupan para contener las B.P. (pods, hoppers, cajas, etc) tampoco son un buen lugar de almacenamiento, porque el mismo peso de las bolas provoca la ya citada deformación, siendo absolutamente necesario la rotación de los contenedores de las B.P. (GEN X GLOBAL, 2014)

1.3.1.3. Humedad.

Las bolas de pintura son higroscópicas, y absorben el agua o la humedad del ambiente. Esto provoca que se hinchen, se deformen y se tornen blandas, de tal manera que no se rompen al impactar en el objetivo, o que simplemente sea inútil su uso y pasen al desecho. (Procaps S.A., 2014)

De igual manera la humedad altera la claridad de las manchas, por lo que conviene conservar las bolas en recipientes estancos, libres de humedad.

1.3.1.4. Luz.

La luz es energía que suele ir asociada al calor, lo que provoca cambios de temperatura muy rápidos. La luz solar directa provoca deformación en las bolas, incluso, cambios químicos que alteran su color y resistencia, haciéndolas obsoletas para el juego. (Procaps S.A., 2014)

1.3.1.5. Tiempo de almacenamiento.

Dependiendo de las diferentes marcas, características y de la fórmula que usan en la elaboración de las bolas. El paso del tiempo puede afectar el color, la forma o la fragilidad de la bola. (Blast paintballs, 2014)

1.3.1.6. Decantación.

Las B.P. poseen varios componentes en la pintura que se encuentra en su interior; los cuales si al mantenerse las bolas estáticas por algún tiempo, la pintura se separa en sus componentes, dejando una parte más espesa o casi sólida (en la parte inferior) y otra más líquida, lo cual afectará a la trayectoria de la bola, al alterar su centro de gravedad, siendo conveniente mover las bolas dentro de la caja o bolsa con cierta frecuencia para evitar su destrucción

1.3.1.7. Manipulación.

La manipulación de las bolas es considerada según los proveedores y jugadores del paintball el momento en el cual se produce la mayor cantidad de pérdida de bolas, sin haber empezado el juego, esto debido a que por no tener un equipo que permite realizar el transvase de la mejor manera, muchas de estas se caen, se pierden, se rompen o se ensucian, lo que hace que ya no se las pueda utilizar para el juego, como se muestra en la figura (3).



Figura 3. Bolas de Paintball dañadas, encontradas en el campo "Extreme Paintball Field", Valle de los Chillos.

El paintball, es una actividad en la cual las bolas de pintura son el componente más importantes, y a su vez la parte más susceptible de sufrir daños debido a la temperatura, humedad, luz, decantamiento, mal almacenamiento, mala conservación y mala manipulación.

También el problema generado en los campos no cuentan con sistemas de almacenamiento; haciendo que ocupen tarros o vasos como unidades de almacenamiento para la provisión de bolas, genera deformación y pérdidas de características de las B.P., ocasionando la destrucción de B.P. por mala manipulación y almacenamiento.

Los problemas debidos a la dosificación, hacen que los vendedores ocupen sistemas para medidas aproximadas, provocando insatisfacción de los clientes y jugadores por falta de certeza en la cantidad de bolas suministradas, pérdidas de la empresa por entrega de mayor cantidad de bolas que las adquiridas por los clientes, problemas para generar balances confiables de la actividad y la incapacidad de generar reportes exactos de bolas consumidas.

1.3.2. Conclusión.

Los campos de paintball de Ecuador en general, y en especial el campo “EXTREME PAINTBALL FIELD” tiene la necesidad de contar con un sistema de almacenamiento, conservación y dosificación de B.P. automático, que permitirá:

- Mejorar la calidad de las bolas de pintura.
- Conservar las BP., en buen estado y por mayor tiempo.
- Permitir que la cancha suministre a sus clientes con mayor precisión la cantidad de bolas especificadas, logrando confianza del cliente y tranquilidad del empresario.
- Generar tablas estadísticas que permitan conocer cuál es el número de BP., consumidas y cuál es la utilidad generada.

El que pequeñas empresas como es el caso de “QuituSport S.A.” con su campo “Extreme Paintball Field”, traten de automatizar procesos referentes a sus áreas, permiten que brinden un mejor servicio, mejorando el trato al cliente, disminuyendo pérdidas por problemas humanos y entre otros constituyendo a la empresa en pionera en esta área.

La creación de una máquina, almacenadora, conservadora y dosificadora de B.P., permitirá a los grupos humanos que practiquen esta actividad, olviden los problemas suscitados por la mala calidad de las bolas de pintura, o por la desconfianza por la venta de estas sin exactitud, y que se enfoquen directamente en lograr desarrollar las habilidades que el paintball ofrece:

- Fomentar las relaciones interpersonales.
- Incrementar el liderazgo.
- Motivar el trabajo.
- Desarrollar la capacidad de planificación.
- Mejorar la comunicación.
- Aprender a trabajar bajo presión.
- Disminuir el estrés.
- Liberar adrenalina.

De tal manera que las personas que practiquen este deporte puedan mejorar el rendimiento y salud ocupacional en cualquiera de las áreas en que se desenvuelva, ya sea esta en el trabajo, casa, universidades, colegios, etc.

1.4. Alcance.

1.4.1. Objetivos.

1.4.1.1. Objetivo general.

Diseñar y construir una máquina automática que sea capaz de almacenar, conservar y dosificar de 4000 hasta 6000 bolas de pintura, para ser instalada y utilizada en Campos de paintball, lo cual va a mejorar la calidad del servicio, reducir las pérdidas, aumentar las ganancias y generar confianza en los clientes.

1.4.1.2. Objetivos específicos.

- Diseñar y construir el sistema de almacenamiento de B.P. en el cual se pueda mantener la mayor cantidad de bolas de pintura sin que estas se vean afectadas por el peso una con otras.
- Delinear, experimentar y realizar el sistema rotador de las B.P. que permita mantener estas de la mejor manera y extender el tiempo de vida útil.
- Implementar los controladores de temperatura y humedad, para mantener las B.P. en sus mejores condiciones, para que no existan pérdidas relacionadas con el cambio de forma o de características propias.
- Implementar un sistema de dosificación de B.P., que permita realizar cargas lo más exactas posible, de manera rápida, evitando pérdidas en las entregas, generando confianza en el consumidor.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL PAINTBALL

2.1. Paintball.

El paintball, es el deporte en el que los participantes usan marcadoras, para disparar pequeñas bolas rellenas de pintura a otros jugadores. En esencia es un juego de estrategia complejo en el cual los participantes alcanzados por BP., son eliminados del mismo en forma transitoria o en forma definitiva dependiendo de la modalidad en la que se esté jugando.

Como se muestra en la figura (4), en una partida de paintball se enfrentan dos equipos con el fin de eliminar a todos los jugadores del bando rival o alcanzar un objetivo (como capturar una bandera o toma de algún objetivo).



Figura 4. Imagen de partidos de paintball, organizados en Quito por "Extreme Paintball Field".

2.2. Modalidades de Paintball.

El paintball como deporte ha ido evolucionando y por lo tanto también ha tenido variaciones en sus formas de juego, lo que ha provocado que se generen 3 modalidades principales que son:

- Recball
- Speedball
- Woodsball

2.2.1. Recball.

El recball, es la modalidad de Paintball que se practica en ambientes naturales acondicionados para dicha actividad de manera recreativa como el mostrado en la figura (5). Esta rama del deporte es mucho más lúdica que competitiva, ya que permite recrear diferentes hechos históricos, conflictos bélicos entre dos países, un enfrentamiento entre terroristas y fuerzas especiales, o cualquier situación simulada.



Figura 5. Juego de Paintball recreativo denominado “desembarco de Normandía”, organizado en el Lago San Pablo.

2.2.2. Speedball.

El speedball (‘bola rápida’) es un tipo de paintball basado en la velocidad y el movimiento, haciendo que las partidas sean rápidas; se desarrolló a partir de los torneos de paintball (o tourneyball) que se jugaba desde principios de los años 1980, pero evolucionó gradualmente hacia sus propios campos planos, artificiales, iluminados, con colores brillantes y más pequeños como el mostrado en la figura (6). (Paintball España, 2014)



Figura 6. Imagen de partido de Speedball, EPPL en la cancha de “Adrenalina Paintball Field”, en el centro comercial San Luis.

Cada partida puede ser diferente, gracias al uso de obstáculos artificiales que suelen ser fácil de mover, una característica muy atractiva para los torneos que se celebran a gran velocidad.

2.2.3. Woodsball.

Se llama woodsball al paintball que se practica en zonas boscosas, si regresamos al inicio del paintball, este deporte empezó como un entretenimiento practicado en estas zonas, aplicándose con mayor frecuencia las variantes de capturar la bandera y eliminación.

El woodsball permite la participación de cualquier número de jugadores con una gran variedad de tipos de búnkeres (escondites o protecciones). El tamaño y orografía del campo típico de woodsball hacen difícil que un jugador pueda ver más de una pequeña parte del mismo en cualquier momento como el mostrado en la figura (7).



Figura 7. Imagen sudamericano de Woodsball, organizado por los Equipos de Guayaquil, en el Cerro del Muerto, Playas.

Este alcance limitado del campo junto con el normalmente elevado número de participantes hace que las partidas de Woodsball normalmente duren más tiempo que las de otras modalidades.

2.3. Campos de Paintball.

Los campos de paintball son escenarios creados para permitir que las personas interesadas en este deporte puedan practicarlo de la mejor manera posible. Estos

poseen diferentes tipos de cancha relacionadas con un tipo diferente de juego.

Los campos de paintball como el de la figura (8), poseen paquetes de renta que permiten a las personas eh instituciones alquilarlos para los juegos, así como siendo las bolas de pintura el elemento básico para el juego, estas pueden ser adquiridas en la cantidad que el jugador crea conveniente, siendo recomendable al menos jugar con 100 BP.

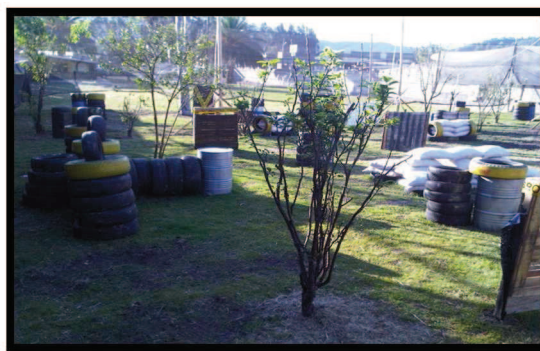


Figura 8. Campo de "Extreme Paintball Field", Valle de los Chillos.

2.4. Equipo Básico.

Para Poder desarrollar un juego de paintball se necesita, de una cantidad de equipo básico como el de la figura (9), el cual va a garantizar el mejor desenvolvimiento del jugador, brindándole toda la protección que este necesita, haciendo que el juego sea lo más seguro y divertido posible.

2.4.1. Equipo de protección.

- **Máscara:** Protección más importante de este deporte, debido a que cubre el área de los ojos e impide las heridas o hasta la perdida de uno de estos por la fuerza del impacto de las BP.
- **Guantes:** Son de uso opcional y protegen las manos de raspones o disparos.
- **Overol:** De uso en campos de renta, para proteger, la ropa de los jugadores.
- **Chaleco de protección:** Disminuye el impacto en el cuerpo de los jugadores.
- **Implementos de juego:** Pueden ser sandanas, gorras, lámparas, etc.

2.4.2. Marcadora.

- **Hoppers:** Almacenadora de bolas de la marcadora.
- **Tanque de aire:** Mantiene la presión para la marcadora hasta 4500 PSI.
- **Bolas de pintura:** Implemento principal del juego.

2.4.3. Equipo Adicional.

- **Fill stations:** permite llenar los tanques de aire de las marcadoras.
- **Compresor de aire:** suministra el aire a los tanques de reserva.
- **Skubas:** son tanques de reserva para llenar los tanques de las marcadoras con los fill stations.
- **Cronógrafo:** mide la velocidad del disparo de la marcadora.
- **Material de limpieza y mantenimiento:** para limpiar el canon, y otras partes de la marcadora que se hayan llenado de polvo por el juego o de pintura de algún impacto.



Figura 9. Equipo utilizado en los juegos de paintball.

2.5. Eliminación de los jugadores.

Los jugadores se eliminan unos a los otros del juego alcanzando a sus oponentes con una bola de pintura que se rompa al impactar contra ellos y les deje una marca de pintura visible. Las reglas acerca del tamaño que ha de tener una marca de pintura para

considerarse un impacto válido pueden variar, pero no cuentan las marcas de pintura dejadas por una bola que se rompa contra cualquier otro objeto antes de alcanzar al jugador, lo que se conoce como salpicadura.

La mayoría de las reglas consideran válidos los blancos en cualquier parte del cuerpo, la ropa, el equipo o cualquier objeto que el jugador lleve o vista. Esto incluye los pies, la marcadora, la mochila o un objeto tomado del campo. Algunas variantes no consideran los blancos sobre la marcadora o la cabeza, o exigen más de un blanco en ciertas zonas del cuerpo para que el jugador sea eliminado.

Los jugadores también pueden ser eliminados de la partida por otras razones, como por ejemplo auto eliminarse gritándolo, ser alcanzados por granadas o minas de pintura (si el juego permite su uso), o por una infracción, como salirse del campo o abandonar el punto de partida antes del comienzo de la misma.

2.6. Que son las BP., sus tipos y características.

2.6.1. Bolas de pintura (BP.)

Las bolas de pintura como las mostradas en la figura (10), son uno de los elementos más importantes para el juego de Paintball, ya que sin estas no existiría el juego, y razón principal de la cual se deriva su nombre.



Figura 10. Fundas de bolas de pintura, marca Blast.

Fuente: (Blast paintballs, 2014)

Las bolas de pintura son pequeñas capsulas esféricas, las cuales explotan al impactar y provocan la salida de la pintura, para que puedan marcar algún elemento u objetivo. Las BP., son fabricadas con ingredientes no tóxicos, que permiten, que estas sean biodegradables, y amigables con el ambiente, al igual que a su vez, permiten que

en el caso de ser ingeridas, no provoquen ningún envenenamiento, ni problemas a las personas u animales que por cualesquier motivo se las coman.

Las Bolas de pintura más comunes son de calibre .68 pulgadas (17,3 mm) de diámetro, pero existen muchos factores que afectan las dimensiones exactas. Paintballs y barrels varían en tamaño de calibre .67 a .71 calibre (17 mm a 18 mm) en su diámetro. Además, las bolas de pintura son raramente perfectamente esféricas, y como ya ha sido mencionado, son muy susceptibles a cambios en sus características externas e internas, forma y tamaño por condiciones del ambiente.

2.6.2. Fabricación de las BP.

Las bolas de pintura, son fabricadas en base a elementos utilizados en la industria alimenticia, cada fabricante, de acuerdo al tipo de bola deseada, varia las proporciones estos elementos para darles a las B.P. diferentes características. (Procaps S.A., 2014)

Las bolas de pintura son fabricadas de la siguiente manera:

- Se vierte agua caliente en una mezcladora junto con edulcorante.
- Se añade elementos alimenticios formulados de manera secreta por el fabricante junto con gelatina, que constituye la base para crear la estructura de la capsula.
- Se mezcla por 30 minutos para después licuarla junto con colorantes alimenticios.
- Se pasa a un bidón frio y se lo deja secar hasta que sea más manipulable, creando una fina lámina llamada lazo de gel.
- Para la pintura, se parte con una base de glicol de polietileno que es un líquido inerte que se usa para la fabricación de jarabes para la tos.
- Se agrega cera de pinturas, para espesar la mezcla y se la deja mezclar por 20 minutos.
- Se agrega pinturas de base alimenticia o vegetal y se la deja mezclar por 20 minutos más.
- Con una maquina especial se coloca el lazo de gel, contra una matriz de medias bolas, la cual genera la forma de la capsula.

- La máquina alinea las 2 mitades de bolas formadas con las matrices, inyecta el relleno de pintura y sella las dos mitades, formando la bola de pintura en sí.
- Las B.P. pasan a una banda transportadora, la cual las lleva a una secadora, que las mantiene rotando por 10 minutos a 60°C (grados centígrados).
- Finalmente las B.P. pasan a una contadora automática, la cual dosifica en las cajas el número de bolas pre programado para su almacenamiento.

2.6.3. Tipos de Bolas.

Así como se han generado diferentes tipos de juego, también han surgido diferentes tipos de B.P. Cada una de ellas orientada a un tipo de juego específico, o necesidad requerida.

Los diferentes tipos de bola que existen son:

- Bolas de invierno
- Bolas de verano
- Bolas reutilizables
- Bolas de entrenamiento
- Bolas de torneo.

2.6.3.1. Bolas de Invierno.

Son fabricadas con una corteza más gruesa para evitar que la bola rompa fácilmente (al enfriarse disminuye la elasticidad y ductilidad del recubrimiento), como la mostrada en la figura (11).



Figura 11. Caja de 2000 B.P. marca Frostbite para invierno.

Fuente: (Draxxus paintball, 2014)

2.6.3.2. Bolas de Verano.

Tienen un menor grosor de corteza, para que no sea demasiado resistente a los impactos porque posee mayor flexibilidad y ductilidad debido al ambiente como la mostrada en la figura (12).



Figura 12. Caja de 2000 B.P. para verano marca G.I.

Fuente: (GISPORTZ, 2014)

2.6.3.3. Bola Reutilizable.

Tienen el mismo calibre y peso que las bolas de un solo uso. El fabricante indicara el número de disparos que aguanta cada bola sin romperse (las hay de más de 10.000), como la mostrada en la figura (13).



Figura 13. Tarro de 500 Bolas reutilizables.

Fuente: (Kingman Training, 2014)

2.6.3.4. Bolas de Entrenamiento.

Son bolas de gama baja, poseen características menores que las utilizadas en competencia, pero que facilitan a los equipos la capacidad de adquirir más BP., para sus entrenamientos debido a su menor valor, como la mostrada en la figura (14).



Figura 14. Caja de 2000 B.P. de entrenamiento, de Blast.

Fuente: (Blast paintballs, 2014)

2.6.3.5. Bolas de Torneo.

Su uso está ligado con torneos de paintball, debido a las características que brindan, su costo es más alto, pero permiten a los jugadores tener certeza en sus tiros.

Su forma es mucho más uniforme y regular que la forma de las bolas de gama baja o media. Al contar con una superficie más “pareja” y carecer de protuberancias, generan menor fricción no sólo con el cañón sino con el aire, lo que va a redundar en un disparo muy preciso, como la mostrada en la figura (15).



Figura 15. Caja de 2000 B.P. de marca Marballizer

Fuente: (Empire Paintball, 2014)

2.7. Loaders o Cargadores.

Son los contenedores que se encuentran en la parte superior de la marcadora y alimenta a la misma, permitiendo que al jugar, posea un depósito de bolas de pintura siempre en la marcadora, haciendo que el juego no sea ininterrumpido, y además, permitiendo que en caso de que las BP., se terminen, tengan la posibilidad de volver a recargar el cargador y seguir jugando.

Dentro de los cargadores de pintura, existen dos tipos principales que son:

- Cargador normal o de gravedad.
- Cargador eléctrico o rotor.

2.7.1. Cargador Normal o Gravedad.

El cargador por gravedad, como el de la figura (16), deja caer la bola de pintura sin ningún sistema interior, simplemente es un contenedor de bolas de pintura para marcadoras de paintball, sobre todo para marcadoras no electrónicas, como las que se encuentran en los campos de alquiler.



Figura 16. Cargador de gravedad, marca GXG 200 B.P.

Fuente: (GEN X GLOBAL, 2014)

2.7.2. Cargador Electrónico o Rotor.

Los cargadores electrónicos o más llamados ROTORES como el de la figura (17), permiten al jugador de paintball experimentado, una cadencia más pronunciada de

disparos de B.P., haciendo que el rotor, le suministre la cantidad de bolas que sea requerida de acuerdo a la marcadora.

Generalmente un cargador electrónico, puede dispensar entre 15 a 30 bolas de pintura por segundo (dependiendo de la marca y las características del rotor), y tienen la capacidad de auto ajustar su torque y su giro de acuerdo a la velocidad requerida para suministrar bolas a la marcadora.



Figura 17. Cargador electrónico, Dye, modelo Rotor

Fuente: (Dye paintball, 2014)

2.7.2.1. Rotor.

El rotor como el de la figura (18), es el elemento más importante del cargador de paintball electrónico, (razón por la cual el cargador también es conocido por ese nombre), y es el que permite la salida de las bolas de pintura de la forma más rápida posible, y evitando estancamientos y problemas de deformación de las bolas. Muchos rotores están conformados por las siguientes partes:

- Aspas giratorias.
- Canal de salida.
- Motor de control.
- Sistema de auto torque.

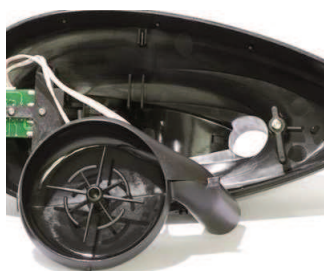


Figura 18. Rotor de un cargador marca Valken.

2.8. Sistemas de Almacenamiento.

Según, (Garavito, 2014), el almacenar es un conjunto de actividades que se realizan para guardar y conservar artículos en óptimas condiciones para su utilización.

El almacenamiento de materiales depende de la dimensión y características de los materiales. Estos pueden exigir una simple estantería hasta sistemas complicados, que involucran grandes inversiones y complejas tecnologías.

Basándose en (Garavito, 2014), la elección del sistema de almacenamiento depende de los siguientes factores:

- Espacio disponible para el almacenamiento de los materiales.
- Tipos de materiales que serán almacenados.
- Estándares de empaquetamiento.
- Volumen y dimensiones de los artículos a ser almacenados.
- Número de artículos guardados.
- Velocidad de atención necesaria.
- Tipo de embalaje.

2.8.1. Técnicas de Almacenamiento.

2.8.1.1. Carga unitaria.

Se da el nombre de carga unitaria a la carga constituida por embalajes que arreglan o acondicionan una cierta cantidad de material para su manipulación, transporte y almacenamiento, como el mostrado en la figura (19).



Figura 19. Pallet de carga unitaria

Fuente: (Garavito, 2014)

2.8.1.2. Cajas o cajones.

Es la técnica de almacenamiento ideal para materiales de pequeñas dimensiones, como tornillos, anillos o algunos materiales de oficina, como plumas, lápices, entre otros, como el mostrado en la figura (20).



Figura 20. Caja para almacenamiento de paintballs.

Fuente: (Blast paintballs, 2014)

2.8.1.3. Estanterías.

Es una técnica de almacenamiento destinada a materiales de diversos tamaños y para el apoyo de cajones y cajas estandarizadas, como la mostrada en la figura (21).



Figura 21. Estanterías utilizadas en Extreme Paintball Field.

2.8.1.4. Sistemas tipo Silos.

Los sistemas tipo silos, son los más utilizados para contener alimentos a granel, dentro de estos aquellos que por su tamaño tienden a comportarse como un fluido, siendo principalmente los granos, o a su vez para contener líquidos. (FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación), 2008)

Pueden ser de muchas formas, pero según sea cualquier material, este se adaptará a la forma del recipiente, razón por la cual se los hace generalmente de forma cilíndrica, ya que permite la mejor distribución del material dentro de él, además que facilita la distribución de esfuerzos que los materiales ahí almacenados ejercen contra las paredes, como los mostrados en la figura (22).



Figura 22. Sistema de almacenamiento tipo silo.

Fuente: (FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación), 2008)

2.9. Sistemas Eléctricos y Electrónicos.

En la vida actual, los sistemas eléctricos y electrónicos, forman parte de la vida cotidiana de las personas, haciendo que muchas personas, no le den la importancia que estos sistemas tienen. Los podemos encontrar desde la toma corriente de las casas, hasta en aparatos cercanos a nosotros, como el teléfono móvil, la televisión, la radio, etc.

2.9.1. Sistemas Eléctricos.

Un sistema eléctrico es el recorrido de la electricidad a través de un conductor, desde la fuente de energía hasta su lugar de consumo. La podemos encontrar en todos los sistemas de distribución de energía, desde los postes de iluminación pública hasta en los tomas de corriente de las casas, como el mostrado en la figura (23).

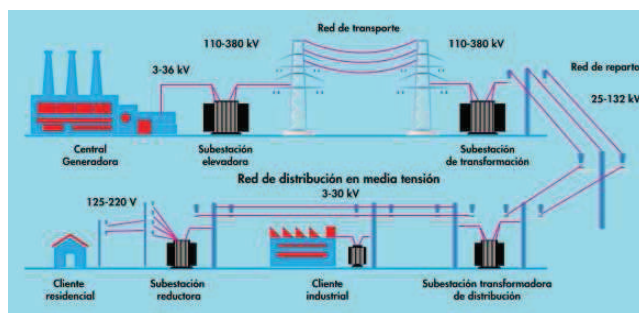


Figura 23. Red de distribución eléctrica.

Fuente: (Revista Eléctrica, 2011)

2.9.1.1. Elementos de un Sistema Eléctrico.

Según (Edminister, 1965), los elementos de un circuito pueden ser:

- Generadores de tensión
- Generadores de corriente
- Fuente eléctrica
- Fuente independiente
- Fuente dependiente
- Resistores
- Capacitores o condensadores
- Inductor o bobina

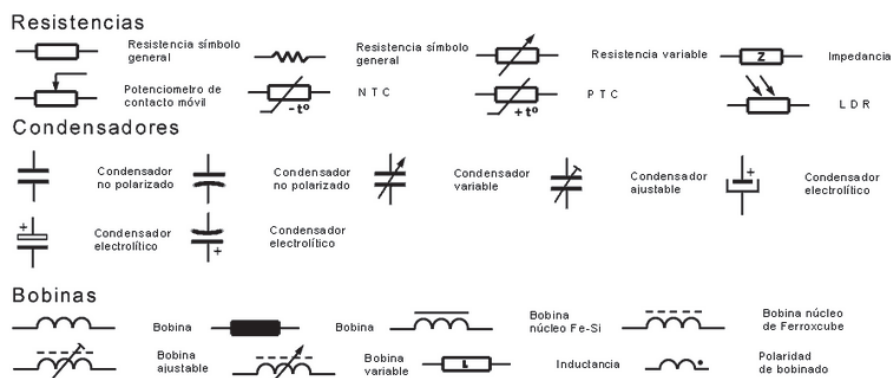


Figura 24. Elementos de un circuito eléctrico.

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f.)

2.9.2. Sistemas electrónicos.

Los sistemas electrónicos tienen su aparición a comienzos del siglo XX con la aparición de los tubos de vacío se pudieron amplificar las señales de radio y los sonidos débiles; el desarrollo de una amplia variedad de tubos para funciones específicas, permitió el desarrollo de las primeras computadoras.

2.9.2.1. El transistor.

El transistor como el de la figura (25), apareció en 1948 y reemplazó al tubo de vacío en la mayor parte de sus aplicaciones, a diferencia de las válvulas, el transistor es un dispositivo controlado por corriente y del que se obtiene corriente amplificada. (Bell laboratories, 2011)



Figura 25. Primer transistor realizado por físicos W. Shockley, J. Bardeen y W. Brattain

Fuente: (Bell laboratories, 2011)

El avance de los transistores, permitió, el desarrollo del circuito integrado como se ve en la figura (26), permitiendo la reducción de los elementos electrónicos, y la miniaturización de todos los equipos electrónicos.

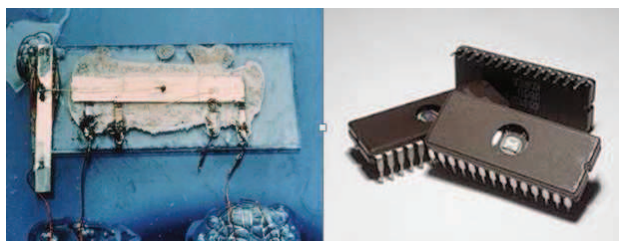


Figura 26. El primer circuito integrado, por Jack Kilby el 12 de septiembre de 1958.

Fuente: (La opinión de Málaga, 2014)

2.9.2.2. Microprocesador.

El microprocesador es la parte fundamental de un CPU, es un componente electrónico compuesto por cientos de miles de transistores integrados en una placa de silicio. (Urbina, 2010).

Un microprocesador como el de la figura (27), está conformado por:

- Unidad aritmética lógica(ALU)
- Unidad de control (UC)
- Buses
- Registros

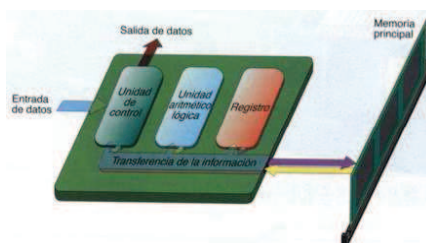


Figura 27. Esquema de un Microprocesador y sus partes.

Fuente: (Urbina, 2010)

2.9.2.3. Microcontroladores.

Según (Urbina, 2010), el Microcontrolador (μC) es un computador completo, de prestaciones limitadas, contenido en el chip de un circuito integrado, programable y con memoria. Sus puertos de entrada/salida soportan el conexionado de sensores y actuadores, como se muestra en la figura (28).

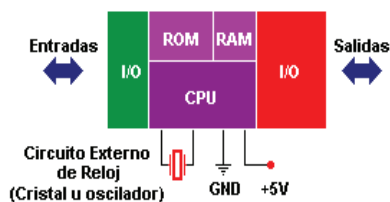


Figura 28. Esquema de un microcontrolador y sus partes

Fuente: (Urbina, 2010)

2.10. Controlador lógico programable (PLC).

Un PLC, es considerado una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización industrial. Con los PLC'S como se muestra en la figura (29), es posible automatizar procesos electromecánicos y tener la certeza de que este va a funcionar de la mejor manera, dando a las personas una gran confiabilidad debido a su robustez.



Figura 29. Imagen de diferentes PLC'S

Fuente: (Micro Technics, 2014)

A diferencia de las computadoras, los PLC están diseñados para múltiples señales de entrada y de salida, esto debido a que se le pueden conectar sensores de temperatura,

humedad, proximidad, o presión y también actuadores de presión, ventiladores, motores, u otros.

Los primeros PLC fueron diseñados para reemplazar sistemas de relés lógicos. Estos PLC fueron programados en "lenguaje ladder" cómo se ve en la figura (30), que se parece mucho a un diagrama esquemático de la lógica de relés.

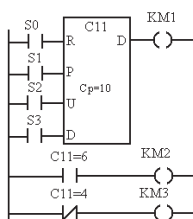


Figura 30. Imagen de una programación tipo Ladder.

Fuente: (Wikipedia.org, 2014)

2.11. Controladores Industriales.

El control automático se ha convertido en parte fundamental de la ingeniería y la ciencia, ya que ha tomado gran importancia en casi todos los ámbitos de los que estamos rodeados, desde sistemas para vehículos inteligentes, hasta en procesos de fabricación de productos de uso cotidiano.

El control automático permite que operaciones esenciales como el control de presión, temperatura, humedad, etc., sean precisas, rápidas, exactas y sin la necesidad de tener una persona específica para cada área.

2.11.1. Controlador.

El controlador de un proceso se limita a realizar rechazo a perturbaciones y tener sensibilidad a cambios en parámetros físicos. Un sistema de control es un conjunto de elementos que interactúan para conseguir que la salida de un proceso se comporte tal y como se desea mediante una acción de control. (Dorf & Bishop, 2005)

En la figura (31), se puede ver cómo está conformado un lazo de control y sus componentes son:

- Entradas o referencias
- Salidas o variables controladas
- Planta o proceso a controlar
- Controlador
- Actuadores
- Transductores

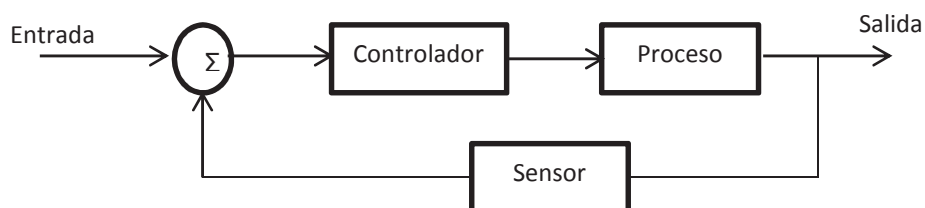


Figura 31. Lazo de control donde se describen las entradas, salidas, retroalimentaciones, el controlador y el proceso a ser controlado.

2.11.2. Sistemas de control de Lazo Abierto.

Un sistema de control en lazo abierto como el de la figura (32), es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida:

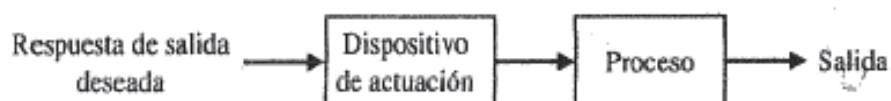


Figura 32. Dibujo de un lazo de control abierto.

Fuente: (Dorf & Bishop, 2005)

2.11.3. Sistemas de control en Lazo Cerrado.

En un sistema de control en lazo cerrado como el de la figura (33), la salida o variable controlada interviene en la acción de control, a este efecto se lo denomina retroalimentación.

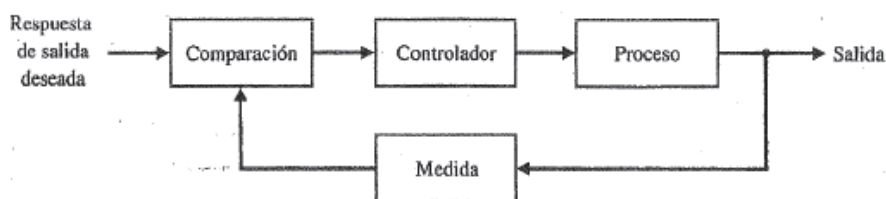


Figura 33. Dibujo de un lazo de control cerrado con retroalimentación.

Fuente: (Dorf & Bishop, 2005)

2.11.4. Señal de control.

La señal de control, es aquella que indica a los actuadores (elementos finales de control) la forma en la que se deben de accionar.

2.11.5. Tipos de controladores.

Según (Dorf & Bishop, 2005), de acuerdo a como se comporta la señal, se tiene los siguientes controladores:

- Control de dos posiciones ON-OFF
- Control proporcional P
- Control integral I
- Control proporcional integral PI
- Control proporcional derivativo PD
- Control proporcional integral derivativo PID
- Control Fuzzy(Lógico)

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

3.1. Introducción.

El diseño mecánico y electrónico de una máquina, es una tarea muy compleja la cual requiere que el diseñador posea muchas habilidades dentro de las diferentes áreas en las que va a tener que trabajar.

El diseñador debe seguir una secuencia de pasos a partir de algunos datos, que van a conformar su entrada (datos iniciales), con lo cual tratara de obtener una solución de ingeniería práctica y funcional que satisfaga un problema particular. El proceso de diseño es un ejercicio de creatividad y aplicación de conocimientos, sumado a un método investigativo y practico, el cual permitirá que el trabajo sea organizado, y retroalimentado, facilitando la obtención de resultados.

El diseñador debe apoyarse en una gran cantidad de recursos, partiendo desde fuentes de información como libros, papers, estudios y hojas de datos; hasta programas de diseño asistido por computadora, permitiendo el simular y verificar sus diseños y saber cuál va a ser el comportamiento de los elementos ante diferentes condiciones.

En este capítulo, se tratara sobre el diseño y la selección de los diferentes elementos que van a conformar la maquina automática de almacenamiento, conservación y dosificación de bolas de pintura para el campo de paintball "Extreme Paintball Field", ubicado en el Valle de los Chillos.

3.2. Planteamiento del problema.

La empresa auspiciante de la máquina, "Quitusport.S.A.", con su cancha de paintball "Extreme Paintball Field"; busca con el desarrollo de la maquina resolver sus necesidades de dosificar de manera rápida bolas de pintura a sus clientes, tener a las BP., en las mejores condiciones posibles para que las bolas no pierdan sus características y mantener siempre un stock de dos semanas de funcionamiento disponible en la máquina como se muestra en la figura (34).

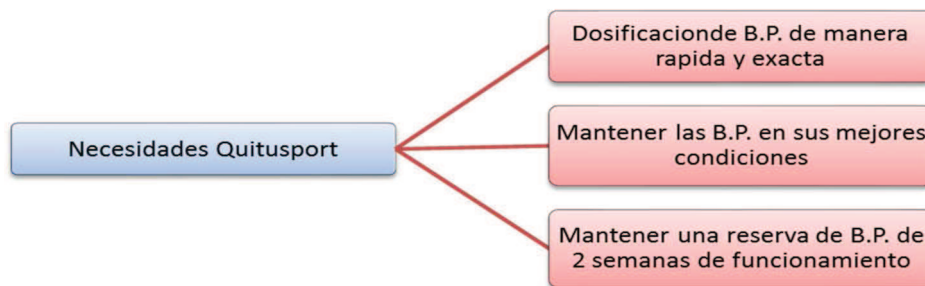


Figura 34. Mapa de las necesidades de la empresa auspiciante

Con las necesidades de la empresa “QUIITUSPORT S.A.”, se obtiene los requerimientos primordiales, y a partir de estos, buscar las necesidades secundarias, que también van a constar como entradas al planteamiento del problema total.

3.2.1. Dosificación de las BP., de manera rápida y exacta.

En la dosificación de las BP., de manera rápida, existe el problema de saber si se va a dispensar las bolas de manera directa, o en un pod, que es otro dispositivo de almacenamiento utilizado en el paintball como se muestra en la figura (35).

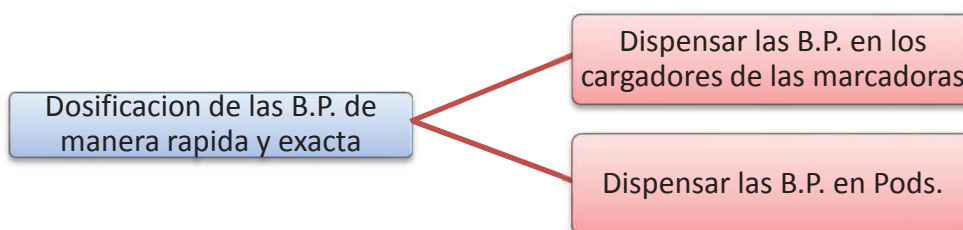


Figura 35. Mapa de las necesidades de dosificación de BP., de la empresa auspiciante.

3.2.1.1. Dosificación de las BP.

La cancha “Extreme paintball Field”, tiene 1 paquete de venta básico y 2 paquetes fiesta, los cuales se diferencian, por los servicios que se brindan, ya que en ambos paquetes, el número de las BP., es el mismo como se ve en la tabla (1).

Tabla 1.**Paquetes básicos de renta de equipos en "Extreme Paintball Field".**

No.	Paquete	Tipo:	Equipo utilizado	Servicios	No. de BP.	Valor (USD)
1	Básico	Personal	Overol Chaleco Mascara Marcadora	Uso de cancha(40 min)	100	10
2	Fiesta 1	Personal	Overol Chaleco Mascara Marcadora	Uso de cancha, áreas de estar, mesas y sillas	100	14
3	Fiesta 3.	Personal	Overol Chaleco Mascara Marcadora	Uso de canchas, área de estar, mesas, sillas, y amplificación	100	18

El valor de las BP., adicionales que se pueden comprar en la cancha "Extreme Paintball Field" se puede ver en la tabla (2).

Tabla 2.**BP., adicionales a los paquetes ofertados.**

Numero de BP.	Valor (USD)
100	6
250	12
500	20
1000	35
2000	65

El valor de las BP., no incluyen IVA, y son valores personales, que solo pueden ser comprados de manera individual, de acuerdo a lo especificado en las normas de "Extreme paintball Field", hacia sus clientes.

3.2.2. Bolas de pintura en las Mejores Condiciones.

Para mantener las B.P. en las mejores condiciones se deberá observar cuales son los factores que afectan las características de las bolas y hacen que éstas, se malogren

y se vuelvan obsoletas para su utilización en el juego como se muestra en la figura (36).

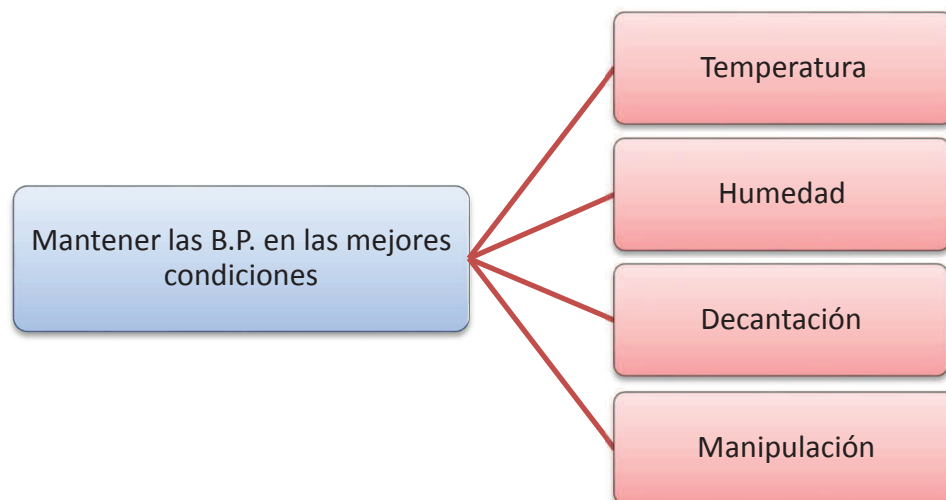


Figura 36. Mapa de las condiciones que afectan a las B.P. en sus características

Para mantener las bolas en las mejores condiciones se debe conocer, cuales son los valores de temperatura, y humedad en la cual las bolas mantienen sus características. Las BP., de marca Blast, serán utilizadas como referencia de comportamiento para este trabajo debido a que son las más utilizadas por la cancha "Extreme Paintball Field", y que sus características se ve en la tabla (3).

Tabla 3.

Rangos en los que se mantienen mejores características para BP., Blast.

RANGO	TEMPERATURA(°C)	HUMEDAD(Relativa)	ROTACIÓN
Desde	15	20%	Una vez cada 5 días
Hasta	30	60%	Una vez cada 12 horas

3.2.3. Reserva de las BP., para 2 semanas de funcionamiento.

Para mantener una reserva de B.P., se realizó la medición por 2 meses, del uso

aproximado de bolas de pintura, en la cancha Extreme Paintball Field, en el año 2013. Donde los valores que se obtuvieron son los de las tablas (4, 5, 6, 7,8).

Tabla 4.

Número de bolas utilizadas en el mes de junio del 2013 por semana.

Semana	Número de paquetes vendidos	Número de bolas utilizadas
Primera	20	2400
Segunda	25	3000
Tercera	22	2640
Cuarta	28	3360
Total	95	11.400

Aparte se tendrá, las Bolas extras que pueden ser adquiridas con cada paquete como ya fue especificado anterior mente .Cabe recalcar, que para este tiempo se crearon paquetes promocionales para colonias vacacionales.

Tabla 5.

Número de bolas extras vendidas en el mes de junio del 2013.

Semana	Extras 50	Extras 100	Extras 250	Total
Primera	5	2	0	450
Segunda	3	4	1	800
Tercera	4	2	0	400
Cuarta	2	4	2	1000
Total	14	12	3	2650

Tabla 6.

Número de bolas utilizadas en el mes de julio del 2013 por semana.

Semana	Número de paquetes vendidos	Número de bolas utilizadas
Primera	25	3000
Segunda	22	2640
Tercera	15	1800
Cuarta	16	1920
Total	78	9.360

Aparte se tienen las bolas extras que pueden ser adquiridas con cada paquete como ya fue especificado previamente.

Tabla 7.

Número de bolas extras vendidas en el mes de julio del 2013.

Semana	Extras 50	Extras 100	Extras 250	Total
Primera	4	2	2	900
Segunda	5	1	0	350
Tercera	3	2	0	350
Cuarta	0	3	0	300
Total	12	8	2	1900

De los dos meses, se realizara una ponderación de cuantas B.P. se venden promedio por semana y con esto obtener cual sería el stock necesario que debería tener la maquina por 2 semanas de uso.

Tabla 8.

Stock de dos semanas de BP., a partir de los promedios de BP, utilizados en junio-julio 2013.

Promedio semanal de junio	3512,5
Promedio semanal de julio	2815
Promedio por semana Total	3163,75
Dos semanas de stock	6327,5

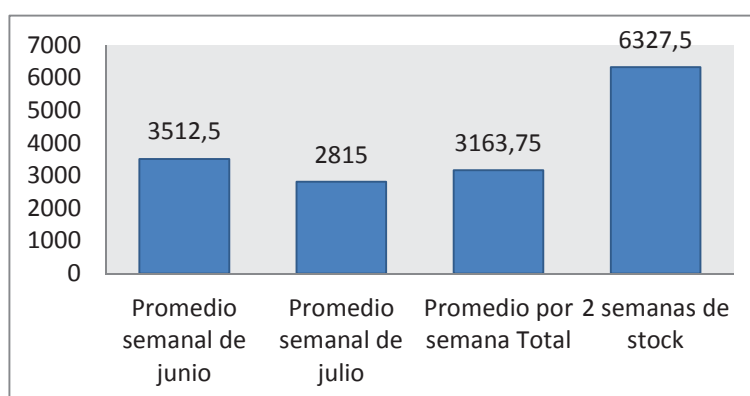


Figura 37. Promedio de B.P. necesarias para un Stock de dos semanas.

3.2.4. Conclusión.

Se debe de realizar una máquina que posea un stock de reserva igual a 6300 BP., las cuales van a estar en un ambiente controlado entre 15 y 30 grados centígrados, con una humedad relativa entre el 20% y 60%, rotando desde cada 12 horas hasta cada 5 días, teniendo que en el momento de dosificar esta sea de manera rápida y precisa, en cantidades 100 unidades, sabiendo que sería necesario poder dispensar las BP., de manera directa, así como en algún otro dispositivo de almacenamiento, además, de poder seleccionar el número de bolas requerido para casos especiales.

3.3. Análisis de alternativas.

Para el análisis de las alternativas, se comenzara con el diseño de la base y almacenamiento de la máquina, ya que de aquí, se partirá con el ensamble de todos los componentes necesarios para el funcionamiento de la máquina.

La máquina va a ser utilizada en canchas de paintball, y las características obtenidas por parte de los encargados de la cancha son:

- Bajo costo
- Robusta
- Buen acabado
- Fácil uso
- Liviana
- Segura y confiable.
- Durable
- Estética
- Fácil mantenimiento

Con las características se establece la importancia a cada una, estos valores van a ir en formato porcentual para poder obtener un grado de importancia referente como en la tabla (9).

Tabla 9.

Importancia de las características de la maquina por los encargados de "Extreme Paintball Field".

Características Deseadas	Porcentaje (%)
Bajo costo	70
Robusta	40
Buen acabado	50
Fácil uso	70
Liviana	15
Segura y confiable.	40
Durable	50
Estética	15
Fácil mantenimiento	40

En la figura (38), se muestra la representación gráfica de la tabla (9).

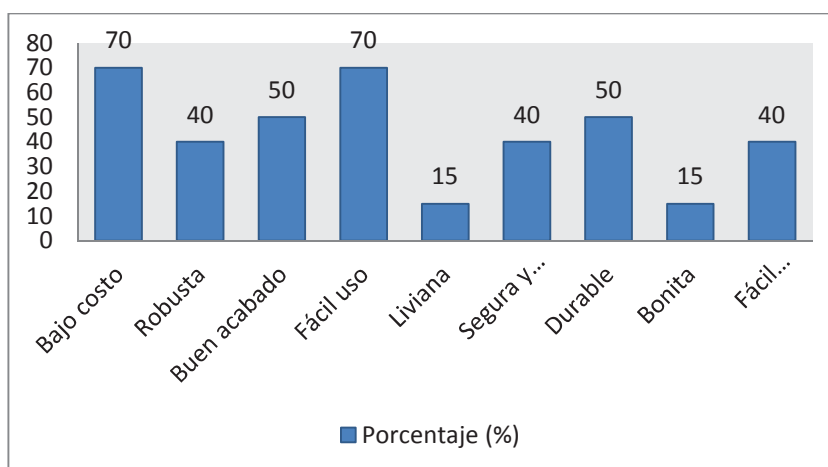


Figura 38. Porcentaje de importancia de las Características que debería tener la maquina dosificadora automática.

Estas características son variables no específicas, es decir, que no las podemos cuantificar con alguna magnitud o valor, por lo que vamos a relacionarlas con variables específicas, como en la tabla (10).

Tabla 10.

Variables no específicas de las características de la máquina.

Variable No especifica	Variable Especifica
Bajo costo	Material
Robusta	Material
Buen acabado	Material
Fácil Uso	Diseño
Segura y confiable	Material, diseño
Durable	Material
Bonita	Diseño
Fácil Mantenimiento	Diseño
Inoxidable	Material

3.3.1. Conclusión.

Lo más importante para que la maquina cumpla con las características se basa principalmente en la selección del material y el diseño propio de este, basándose en las características requeridas.

3.4. Diseño y construcción del área de almacenamiento.

3.4.1. Selección del material para el cilindro de almacenamiento.

Para realizar el diseño del cilindro de almacenamiento, que va a ser la parte más importante de la máquina, se ha tomado en cuenta, 3 materiales, los cuales se han encontrado a partir de su uso en la industria y un estudio de sus propiedades con el programa de materiales CES, en su versión educativa y de circulación Gratuita.

Como limitantes para el programa, se va a definir 3 parámetros, los cuales son:

- Precio y Densidad
- Límites en sus propiedades Mecánicas, Eléctricas y de temperatura
- Selección de un tipo de material, en este caso metal.

Se parte con la gráfica Precio VS Densidad, con la cual se tendrá todos los materiales que existen en el mercado, y que van a estar distinguidos por diferentes colores, como se muestra en la figura (39 y 40).

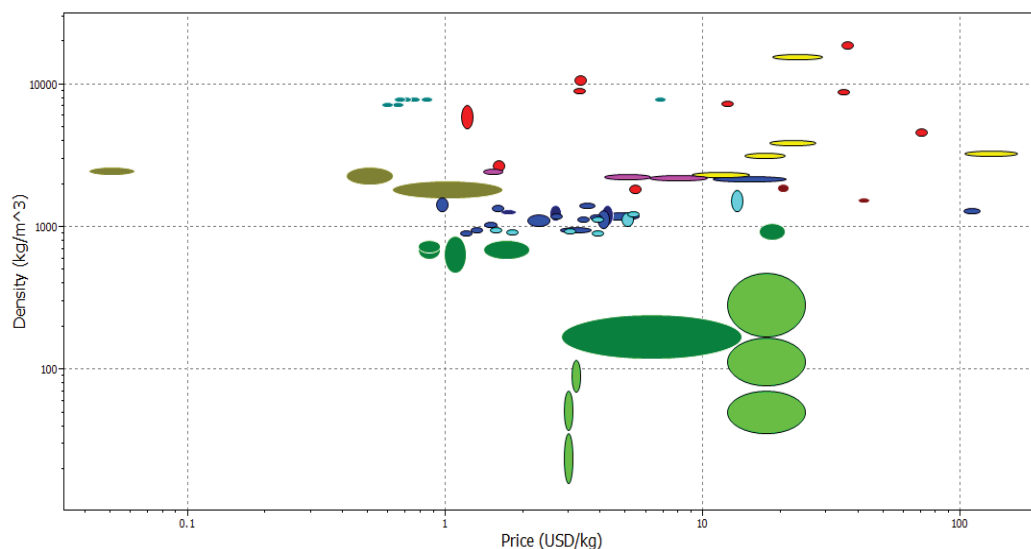


Figura 39. Imagen de los diferentes materiales clasificados por color en el programa CES.

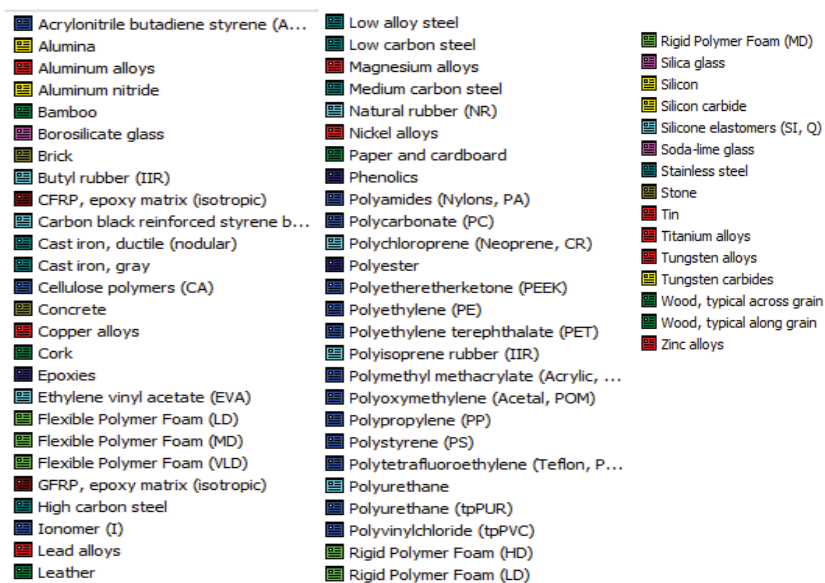


Figura 40. Color al que corresponde cada material en el programa CES.

Con el grafico establecido se limitan las propiedades de los materiales, donde se especificara la dureza (200-1000Mpa), limite elástico (200-1000Mpa), punto de fusión (500-1400Mpa), propiedades ópticas (Opaco), huella ecológica (4-12Kg CO₂) y si es reciclable como se ve en la figura (41).

▼ Mechanical properties			
	Minimum	Maximum	
Young's modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Yield strength (elastic limit)	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="1000"/>	MPa
Tensile strength	<input type="text" value="200"/>	<input type="text" value="1000"/>	MPa
Elongation	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
Hardness - Vickers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Fracture toughness	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa.m ^{1/2}
▼ Thermal properties			
	Minimum	Maximum	
Melting point	<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="1400"/>	°C
▼ Optical properties			
Transparency	<input checked="" type="checkbox"/> Opaque <input type="checkbox"/> Translucent <input type="checkbox"/> Transparent <input type="checkbox"/> Optical Quality		
▼ Eco properties			
	Minimum	Maximum	
Embodied energy, primary production	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MJ/kg
CO ₂ footprint, primary production	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="12"/>	kg/kg
Recycle	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 41. Ingreso de las propiedades requeridas por parte del usuario en el programa CES.

Finalmente, se relaciona a que familia se desea que los materiales pertenezcan, en este caso debido a la facilidad de adquisición y gran variedad en el mercado, se preferirá el uso de metales como se ve en la figura (42).

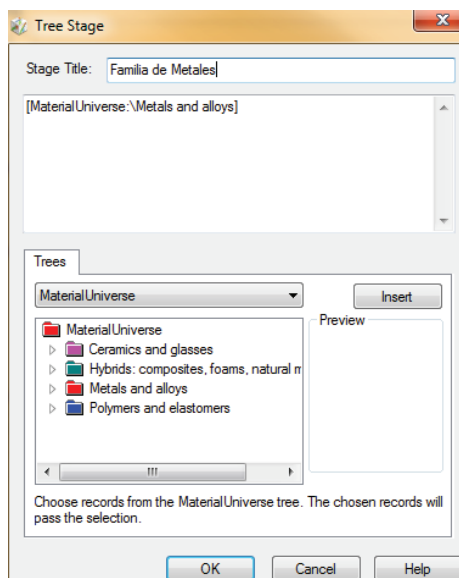


Figura 42. Ingreso de las familias de metales o no metales a los cuales se quiere ingresar en el programa CES.

Con todos los datos ya ingresados en el sistema, tenemos la siguiente gráfica, donde se indica que materiales, son los más óptimos para la necesidad planteada como se muestra en la figura (43).

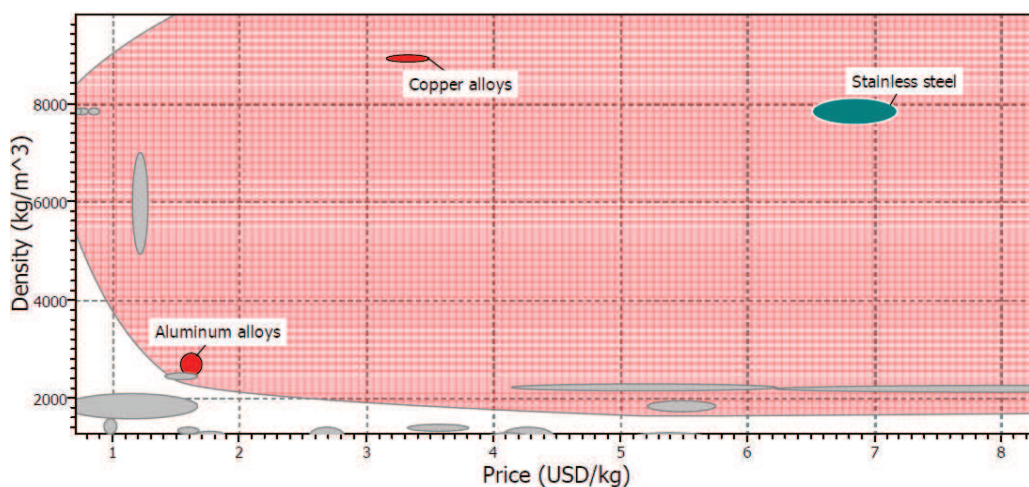


Figura 43. Resultados del programa, en el cual, los materiales dentro del área roja, cumplen con todas las condiciones indicadas.

Los materiales en los que se podría basar la maquina almacenadora, conservadora y dosificadora automática de BP., son:

- Aluminio
- Acero Inoxidable
- Latón

3.4.1.1. Aluminio.

El aluminio es uno de los metales no ferrosos, más utilizados en la industria, debido a la gran cantidad de facilidades que brinda. El aluminio posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil como se demuestran en la tabla (11).

Tabla 11.

Propiedades generales del aluminio.

MATERIAL	ALUMINIO		
	Desde	Hasta	Unidad
Precio	1,54	1,69	USD/Kg
Densidad	2,50E+03	2,90E+03	Kg/m ³
Limite Elástico	30	500	MPa
Limite a la Tensión	58	550	MPa
Punto de Fusión	475	677	°C
Conductor Térmico	Buen Conductor		
Conductor Eléctrico	Buen Conductor		

3.4.1.2. Acero Inoxidable.

El acero inoxidable, resulta de la unión de acero con un 10% de cromo, haciéndolo de muy elevada resistencia a la corrosión, dado que el cromo, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora; tiene una gran demanda en la industria, especialmente alimenticia, debido a sus propiedades que se describen en la tabla (12).

Tabla 12.

Propiedades generales del acero inoxidable.

MATERIAL	ACERO INOXIDABLE		
	Desde	Hasta	Unidad
Precio	6,52	7,17	USD/Kg
Densidad	7,60E+03	8,10E+03	Kg/m ³
Limite Elástico	170	1,00E+03	MPa
Limite a la Tensión	480	2,24E+03	MPa
Punto de Fusión	1,37E+03	1,45E+03	°C
Conductor Térmico	Mal Conductor		
Conductor Eléctrico	Buen Conductor		

3.4.1.3. Latón.

El latón es una aleación de cobre y zinc. En la industrial el porcentaje de Zn se mantiene inferior al 20%. El latón es muy utilizado para la decoración, debido a su brillo similar al oro, siendo utilizado para la bisutería o aplicaciones, como cerraduras, alambres, válvulas, entre otros. Las propiedades del latón se muestran en la tabla (13).

Tabla 13.

Propiedades generales del latón.




MATERIAL	LATÓN		
	Desde	Hasta	Unidad
Precio	3,16	3,48	USD/Kg
Densidad	8,93E+03	8,94E+03	Kg/m ³
Limite Elástico	30	500	MPa
Limite a la Tensión	100	550	MPa
Punto de Fusión	982	1,08E+03	°C
Conductor Térmico	Buen Conductor		
Conductor Eléctrico	Buen Conductor		

3.4.1.4. Selección.

Para la selección del material, se hará una matriz morfológica, la cual indica las ventajas y desventajas de cada material como en la tabla (14).

Tabla 14.

Matriz morfológica selección del material para el sistema de almacenamiento.

SISTEMA	Base principal, Sistema de Almacenamiento		
ÍTEM: Material	Aluminio	Acero Inoxidable	Latón
GRAFICO			
VENTAJAS	Reciclable	Resistente(480 a 2.24×10^3 Mpa)	Inmune al Agua salada
	Gran uso en la industria	Gran uso en la Industria	Color Llamativo(Parecido al oro)
	Liviano($2,5 \times 10^3$ a $2,9 \times 10^3$ Kg/m ³)	Fácil mecanización(soldadura, troquelado, doblado)	Inoxidable
	Bajo Costo(1,54 a 1,69 USD/Kg)	Soporta el calor(punto de fusión $>1300^\circ\text{C}$)	Propiedad antibacteriana(efecto del cobre)
	Inoxidable	Inoxidable	Fácil mecanizado(Soldadura, troquelado, doblado)
DESVENTAJAS	Difícil Mecanizado(troquelado, doblado)	Costo muy elevado	Muy pesado(8.9×10^3 a 8.94×10^4 Kg/m ³)
	Difícil de Soldar(mal acabado superficial)	Pesado($7,6 \times 10^3$ a 8.1×10^3 Kg/m ³)	Uso en Bisutería(color dorado)
	Gran huella ecológica(11.2 a 13.1 kg CO ₂)		No aislante del calor(Buen conductor térmico)
	No aislante del Calor(Buen conductor térmico)		Gran huella ecológica(4.9 a 6.7 Kg CO ₂)

3.4.1.4.1. Criterios A Evaluar.

Con la matriz morfológica el diseñador puede guiarse a través de esta y ubicar los criterios con los que puede evaluar a las diferentes opciones para encontrar aquella que sea la más adecuada.

Los valores que se utilizara para la tabla de los criterios a evaluar, será asignando un valor a cada ítem y que sumados todos lleguen a una puntuación de 100.

- **Manufactura:** La capacidad de un material de ser manejado de acuerdo a las necesidades del diseñador, es uno de los rasgos más importantes que se analiza en la selección de cuál va a ser el más práctico y fácil de manufacturar. A este criterio se le asignó un valor de 30 puntos, siendo 30 cuando es más fácil de manufacturar o trabajar con él, y siendo 0 cuando más difícil sea su manejo.
- **Seguridad:** Un material debe permitir al diseñador el tener un grado de confianza, de seguridad, que sea capaz de soportar el trabajo al que va a ser sometido, y que lo cumpla de sobremanera, dando un rango de seguridad que le permita al diseñador confiar en este. Para este criterio se asignó un valor de 5 puntos, siendo el más alto cuando mayor seguridad brinde al diseño y siendo el menor aquel que no cumpla con la seguridad requerida.
- **Mantenimiento:** Un material debe ser seleccionado para permitir un correcto mantenimiento, siendo que si se necesita arreglar este de alguna manera, o de darle algún mantenimiento preventivo, sea el más sencillo. A este criterio se le asignó un valor de 5 puntos, siendo el más alto cuando el mantenimiento sea el más sencillo, y el más bajo cuando el mantenimiento sea el más difícil.
- **Costos:** El costo de un material va relacionado con la selección de este para su aplicación, generalmente existen materiales los cuales pueden satisfacer una necesidad de diseño de sobremanera, pero que debido a su precio, es imposible su utilización. A este criterio se le asignó un valor de 15 puntos, siendo 15 cuando el material sea más fácil de adquirir y 0 cuando el material sea el de mayor valor.

- **Tamaño:** El tamaño del material, permite a este poder realizar una mejor selección al diseñador, ya que tiene mayor diversidad de selección. El que el material se pueda adquirir en diferentes tamaños, lo hace más versátil en su utilización, ya que se tiene de donde escoger para las diferentes necesidades. A este criterio se le asignó un valor de 5 puntos siendo el más alto, cuando mayor cantidad de tamaños y medidas existan en el mercado y 0 cuando menor sea la cantidad de tamaños existentes en el mercado.
- **Funcionalidad:** La funcionalidad de un material está dada, en su capacidad de poder utilizarse en diferentes aplicaciones, haciéndolo más versátil y por tal, de mayor ocupación dentro de la industria. A este criterio, se le asignó un valor de 10 puntos, siendo el más alto cuando mayor funcionalidad posea el material, y siendo el menor valor aquel cuando el material, no presente ninguna funcionalidad.
- **Pieza Estándar:** Un material debe tener la capacidad de poder ser manipulado para poder realizar piezas estándar, es decir que sea de fácil reproducción y por tal en caso de existir algún problema pueda ser reemplazado fácilmente. A este criterio, se le asignó un valor de 5 puntos siendo el valor más alto, cuando más fácil sea su reproducción y el menor valor cuando más difícil sea su manejo y reproducción.
- **Masa:** La masa de un material es muy importante en el diseño de una máquina o herramienta, ya que de este dependerá directamente el peso de la máquina, haciendo de esta la parte más importante de la construcción de una máquina. A este criterio se le asignó 10 puntos siendo el valor más alto cuando menor sea su masa y el más bajo cuando mayor sea su masa.
- **Sustentabilidad:** Últimamente la sustentabilidad de un material es muy importante debido a que con esto se conoce que impacto genere en nuestro ambiente la extracción y procesamiento de este material. A este criterio se le asignó un valor de 15 puntos, siendo el más alto, cuando el material es más sustentable y siendo el menor, cuando el material sea el más difícil de extraer.

Tabla 15.

Matriz de valoración de la selección del material del sistema almacenamiento.

Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Manufactura	M	30
2	Seguridad	S	5
3	Mantenimiento	MT	5
4	Costos	C	15
5	Tamaño	T	5
6	Funcionalidad	F	10
7	Piezas estándar	PS	5
8	Masa	MA	10
9	Sustentabilidad	ST	15
			100

En la figura (44), se muestra los valores de la tabla (15), de una manera gráfica para fácil interpretación.

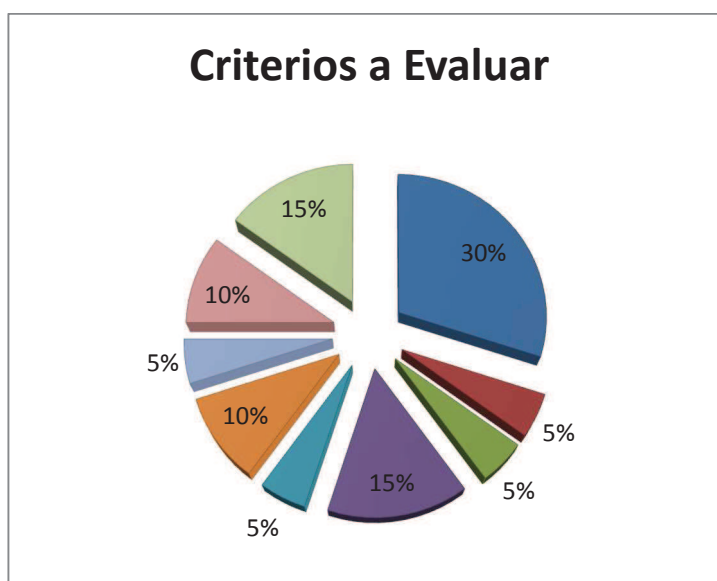


Figura 44. Criterios de la matriz de valoración para selección del material

Con los Criterios a evaluar, podemos valorar cada material según la matriz morfológica y con eso poder elegir el material ideal de acuerdo al puntaje más alto que saque cada material, de acuerdo a cuan apto sea a cada criterio evaluado.

Tabla 16.

Evaluación de criterios para la selección del material del sistema de almacenamiento.

ÍTEM	CRITERIOS										
	TIPOS	M	S	MT	C	T	F	PS	MA	ST	TOTAL
Material	Aluminio	10	4	5	10	3	9	2	9	6	58
	Acero Inoxidable	26	4	5	7	3	8	2	8	12	75
	Latón	20	5	3	8	3	7	2	6	14	68

La figura (45), muestra los resultados obtenidos de los criterios evaluados.

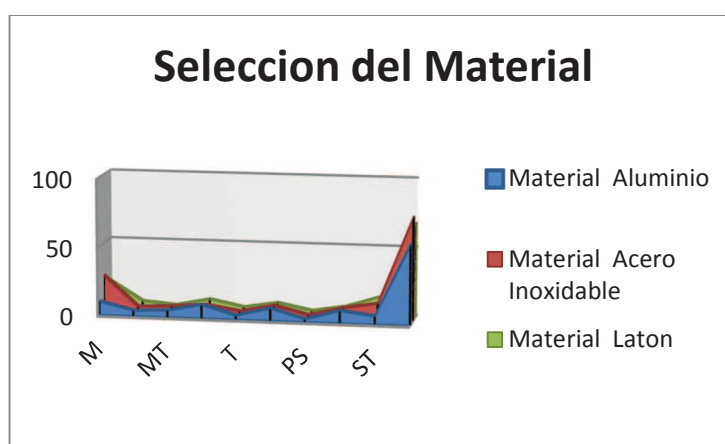


Figura 45. Criterios evaluados en la selección del material del área de almacenamiento.

3.4.1.4.2. Conclusión.

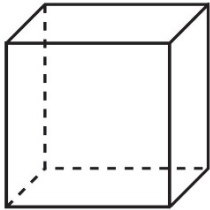

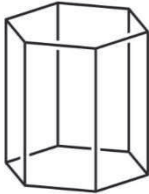
El acero inoxidable, va ser el material utilizado para el área de almacenamiento, debido a las propiedades y ventajas que brinda gracias a sus características.

3.4.2. Selección de la forma del área de almacenamiento.

Para la forma del área de almacenamiento, se inicia con la selección de 3 tipos de contenedores, y se realizara una matriz morfológica, seguida de un análisis de cuál es la forma más óptima que debería tener el espacio de almacenamiento y conservación de BP.

Tabla 17.

Matriz morfológica de la selección de la forma del área de almacenamiento.

SISTEMA	Base principal, Sistema de Almacenamiento		
ÍTEM: Forma	Cubo	Cilindro	Hexagonal
GRAFICO			
VENTAJAS	Gran volumen	Gran volumen	Forma más llamativa (Posee 6 lados)
	Simetría en su forma	Recirculación de elementos	Posee algunas ventajas del cubo y del cilindro
	Caras rectas (Fácil montaje de elementos)	Fácil construcción	Caras rectas, para montaje de elementos
		Pocos métodos de mecanizado (Barolar y soldar)	
DESVENTAJAS	Ángulos Rectos (pueden interferir en la forma de las B.P.)	Peso se distribuye por toda su forma	Difícil construcción (Bastantes procesos de mecanizado)
	Difícil construcción (Procesos de mecanizado)	Difícil montar elementos (No posee paredes rectas)	Gran cantidad de soldaduras (no buen acabado superficial)
	No permite recirculación (Choques de elementos con las esquinas)		Presenta ángulos (Puede interferir con la forma de las B.P.)
	Varias sueldas (Acabado superficial no muy bueno)		Problemas con recirculación (Choque de elementos con las paredes)

De igual manera, se realizó la valoración con los que se evaluarán las formas de los contenedores, para encontrar la forma más eficiente para la máquina.

3.4.2.1. Criterios A Evaluar

- **Manufactura:** Un contenedor de forma sencilla, sin muchas esquinas, ni cortes especiales, es aquel que va a permitir una fácil, rápida y mejor manufactura. A este criterio se le asignó un valor de 30 puntos, siendo 30 cuando es más fácil de manufacturar, y siendo 0 cuando más difícil sea su manejo.
- **Seguridad:** Un contenedor es seguro, cuando su forma brinda la confianza, que no va a dañarse de manera rápida, y además brinda seguridad en su funcionamiento. Para este criterio se asignó un valor de 5 puntos, siendo el más alto cuando mayor seguridad brinde al diseño y siendo el menor aquel que no cumpla con la seguridad requerida.
- **Mantenimiento:** Un contenedor es de fácil mantenimiento, cuando su forma no tiene esquinas o rincones de difícil acceso para su limpieza o arreglo. A este criterio se le asignó un valor de 5 puntos, siendo el más alto cuando el mantenimiento sea el más sencillo, y el más bajo cuando el mantenimiento sea el más difícil.
- **Costos:** El costo de la construcción de un contenedor, se basa en la cantidad de material que se va a ocupar, y los procesos necesarios para su construcción dependiendo de su forma. A este criterio se le asignó un valor de 15 puntos, siendo 15 cuando la forma sea más fácil de realizar y 0 cuando la forma requiera una mayor cantidad de procesos y material.
- **Funcionalidad:** La funcionalidad de un contenedor está dada en la capacidad que tiene de admitir cuerpos dentro de sí, y que estos interactúen de la mejor manera con su forma. A este criterio, se asignó un valor de 10 puntos, siendo el más alto cuando mayor funcionalidad posea el contenedor con cierta forma, y siendo el menor valor cuando el contenedor, no presente ninguna funcionalidad.
- **Pieza Estándar:** Un contenedor debe tener la capacidad, de poder ser reemplazado de manera fácil y rápida en el caso de ocurrir algún daño. A este

criterio, se le asignó un valor de 5 puntos siendo el más alto, cuando más fácil sea su reproducción y el menor valor cuando más difícil sea su reproducción.

- **Masa:** La masa de un contenedor es importante, ya que este será parte de la máquina, y mientras más elaborado sea, mayor masa tendrá. A este criterio se le asignó 10 puntos siendo el valor más alto cuando menor sea su masa y el más bajo cuando mayor sea su masa.
- **Sustentabilidad:** la sustentabilidad es importante debido a que con esto se conoce que impacto genera en nuestro algún elemento. A este criterio se le asignó un valor de 15 puntos, siendo el más alto cuando la forma sea más sustentable y siendo el menor, cuando la forma sea menos amigable con el ambiente.

Tabla 18.

Matriz de valoración para la selección de la forma del sistema de almacenamiento.

Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Manufactura	M	30
2	Seguridad	S	5
3	Mantenimiento	MT	5
4	Costos	C	20
5	Funcionalidad	F	10
6	Piezas estándar	PS	5
7	Masa	MA	10
8	Sustentabilidad	ST	15
			100

Como se muestra en la figura (46), con los criterios a evaluar se debe tener un total de 100 puntos, haciendo que el diseño propuesto que mejor puntaje obtenga sea el más adecuado.

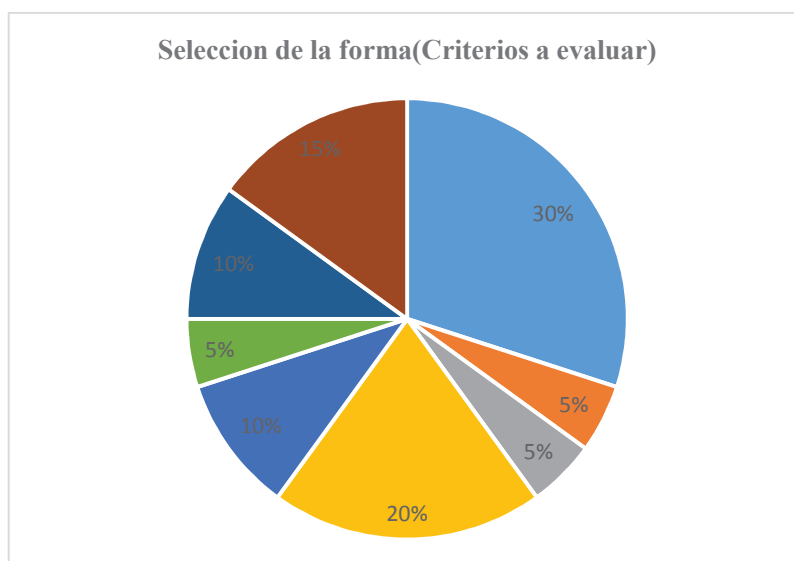


Figura 46. Criterios de la matriz de valoración para la selección de la forma del área de almacenamiento.

Con los criterios, se hará la matriz de evaluación y se dará un valor a cada criterio. Cada criterio evaluado deberá tener un valor máximo, dependiendo de qué tan óptimo sea para ese criterio.

Tabla 19.

Evaluación de criterios para la selección de la forma del área de almacenamiento.

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS									
		TIPOS	M	S	MT	C	F	PS	MA	ST	TOTAL
Cilindro de almacena_miento	Forma	Cubo	20	3	3	14	8	1	6	10	65
		Cilindro	26	4	5	18	10	1	8	12	84
		Hexagonal	15	2	2	10	9	1	4	8	51

La figura (47), muestra los resultados obtenidos en los criterios evaluados.

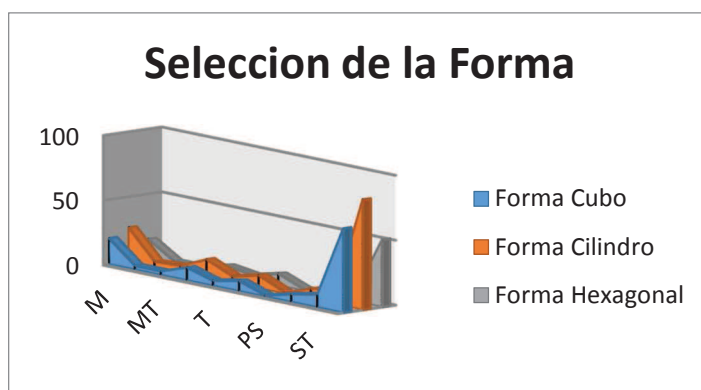


Figura 47. Criterios evaluados de la selección de la forma del área de almacenamiento.

3.4.2.2. Conclusión.

La forma cilíndrica es la que mejor se adapta a las necesidades planteadas para el contenedor de BP., debido a que facilita su construcción y permite ser reparado o reemplazado de la manera más rápida.

3.4.3. Selección del Tamaño del cilindro de almacenamiento.

Para seleccionar el tamaño del cilindro de almacenamiento, se realizará una medición de 4 marcas de BP., analizar su masa y diámetro para obtener el tamaño del cilindro necesario para almacenar 6300 BP.

3.4.3.1. Análisis de las BP.

Las 4 marcas más utilizadas de BP., en el Ecuador son:

- G.I.Sports Paintballs
- Atomic Paintballs
- Blast Paintballs
- Camo Paintballs

3.4.3.1.1. G.I.Sports Paintballs.

Se realizó la medición a 10 BP., de la marca G.I.Sports, para sacar datos de su masa, así como de su diámetro y poder promediarlos en las tablas (20 y 21).

Tabla 20.

Medición de masa de BP, de la marca G.I.Sports

BOLAS DE PINTURA G.I.Sports	
MEDICIÓN	MASA(gr)
1	3,020
2	3,000
3	3,050
4	3,040
5	3,050
6	3,030
7	3,020
8	3,020
9	3,030
10	3,010
Promedio	3,027

La figura (48), muestra la variación de la masa de las BP., G.I.Sports.

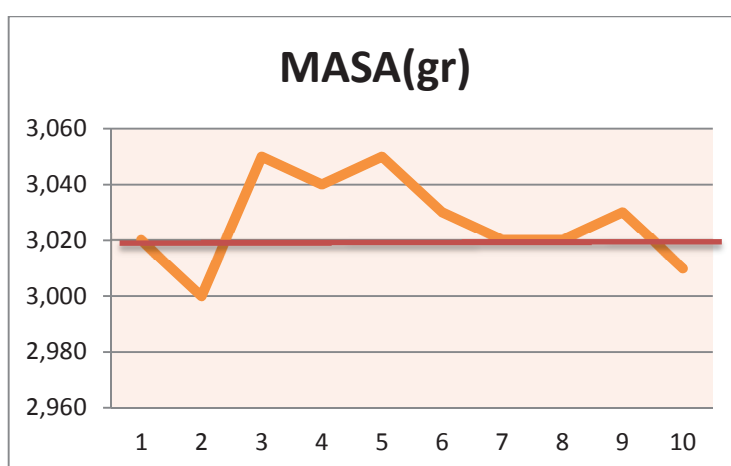


Figura 48. Variación de la masa de las BP., G.I.Sports.

Tabla 21.

Medición del diámetro de BP., de la marca G.I.Sports.

BOLAS DE PINTURA G.I.Sports		
MEDICIÓN	Diámetro(plg)	Diámetro(mm)
1	0,682	17,323
2	0,676	17,170
3	0,680	17,272
4	0,678	17,221
5	0,680	17,272
6	0,677	17,196
7	0,681	17,297
8	0,682	17,323
9	0,677	17,196
10	0,681	17,297
Promedio	0,679	17,257
RADIO	0,340	8,628

La figura (49), muestra la variación del diámetro de las BP., marca G.I.Sports

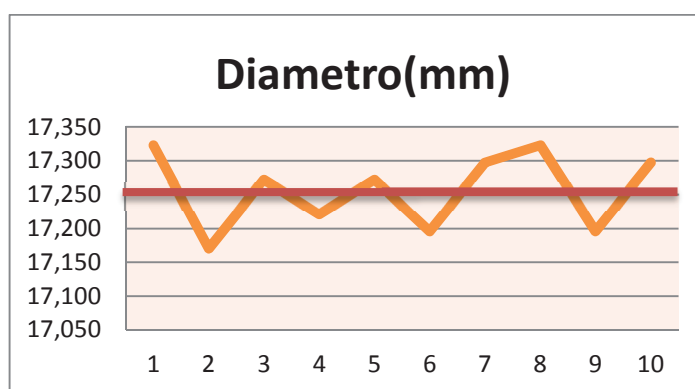


Figura 49. Variación del diámetro de las BP., G.I.Sports.

3.4.3.1.2. Atomic Paintballs.

Se realizó la medición de masa y diámetro de 10 BP., de la marca Atomic Paintballs, y poder obtener los promedios de ambas mediciones como se ve en la tabla (22 y 23).

Tabla 22.

Medición de masa de BP., de la marca Atomic Paintballs.

BOLAS DE PINTURA Atomic Paintballs	
MEDICIÓN	MASA(gr)
1	2,750
2	2,860
3	2,850
4	2,860
5	2,770
6	2,780
7	2,850
8	2,880
9	2,860
10	2,790
Promedio	2,825

En la figura (50), se ve la variación de la masa de las BP., Atomic Paintballs.

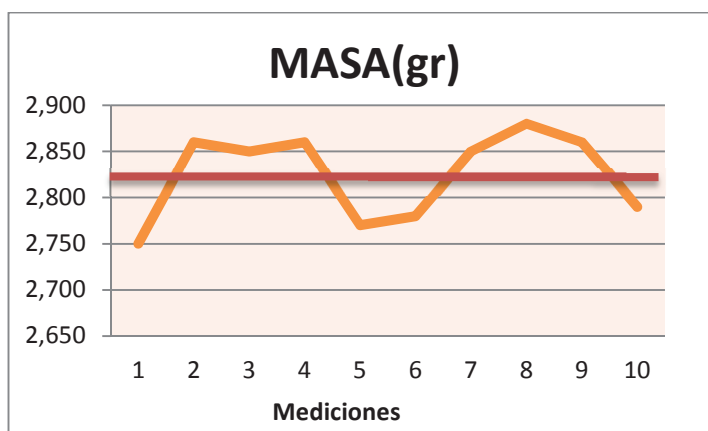


Figura 50. Variación de la masa de BP., Atomic Paintballs.

Tabla 23.

Medición del diámetro de BP., de la marca Atomic Paintballs.

BOLAS DE PINTURA Atomic Paintballs		
MEDICIÓN	Diámetro(plg)	Diámetro(mm)
1	0,677	17,196
2	0,678	17,221
3	0,681	17,297
4	0,675	17,145
5	0,676	17,170
6	0,677	17,196
7	0,676	17,170
8	0,677	17,196
9	0,680	17,272
10	0,677	17,196
Promedio	0,677	17,206
RADIO	0,339	8,603

En la figura (51), se ve la variación del diámetro en las BP., Atomic Paintballs.

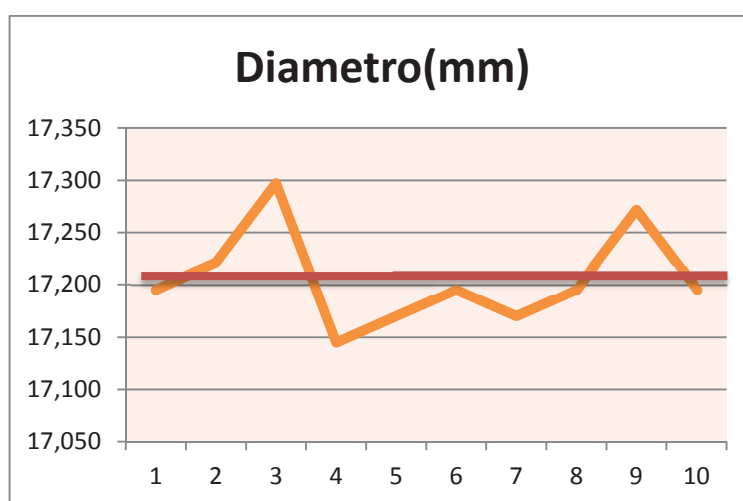


Figura 51. Variación del diámetro de BP., de la marca Atomic Paintballs.

3.4.3.1.3. Blast Paintballs.

Se realizó la medición del diámetro y la masa de 10 BP., de la marca Blast paintballs, para poder realizar un promedio de ambas mediciones, como se ven en la tabla (24 y 25).

Tabla 24.

Medición de masa de BP., de la marca Blast Paintballs.

BOLAS DE PINTURA Blast	
MEDICIÓN	MASA(gr)
1	2,500
2	2,460
3	2,600
4	2,620
5	2,560
6	2,570
7	2,620
8	2,580
9	2,580
10	2,600
Promedio	2,569

En la figura (52), se puede observar la variación de la masa de las BP., Blast paintballs.

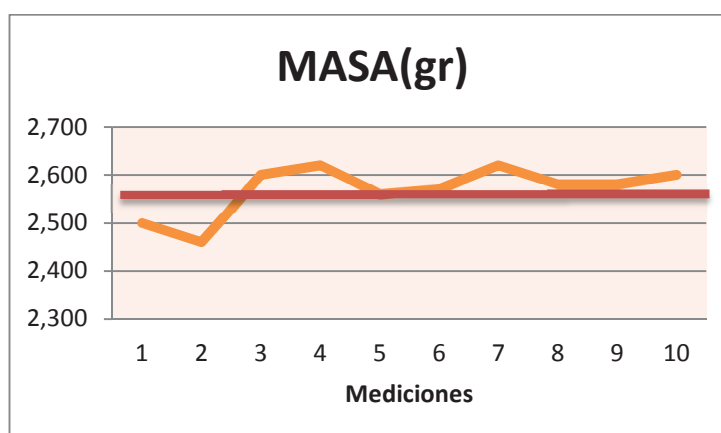


Figura 52. Variación de la masa de BP., Blast Paintballs.

Tabla 25.

Medición del diámetro de BP., de la marca Blast Paintballs.

BOLAS DE PINTURA Blast		
MEDICIÓN	Diámetro(plg)	Diámetro(mm)
1	0,670	17,018
2	0,682	17,323
3	0,674	17,120
4	0,675	17,145
5	0,678	17,221
6	0,679	17,247
7	0,676	17,170
8	0,680	17,272
9	0,675	17,145
10	0,675	17,145
Promedio	0,676	17,181
RADIO	0,338	8,590

En la figura (53), se puede observar la variación del diámetro de las BP., Blast Paintballs.

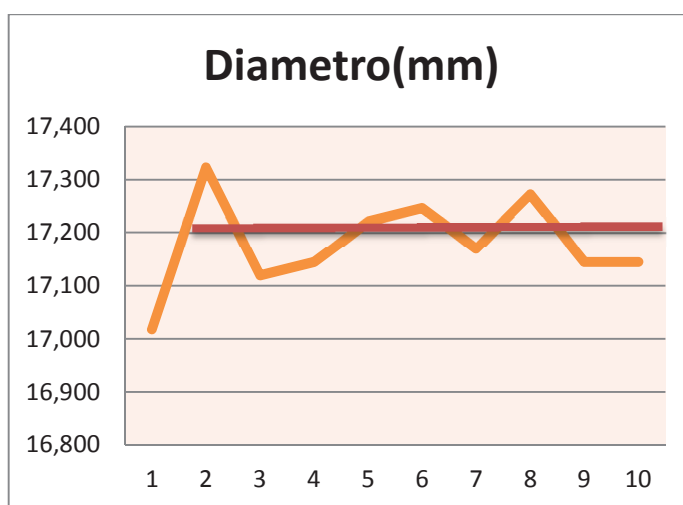


Figura 53. Variación del diámetro de BP., Blast Paintballs.

3.4.3.1.4. Camo paintballs.

Se realizó la medición de la masa y diámetro de 10 BP., de la marca Camo Paintballs, para poder obtener promedios de ambas mediciones como se ven en la tabla (26 y 27).

Tabla 26.

Medición de 10 B.P. de la marca Camo

BOLAS DE PINTURA Camo	
MEDICIÓN	MASA(gr)
1	2,540
2	2,500
3	2,480
4	2,560
5	2,600
6	2,550
7	2,560
8	2,480
9	2,530
10	2,550
TOTAL	2,535

La figura (54) muestra a variación de la masa de las BP., Camo paintballs.

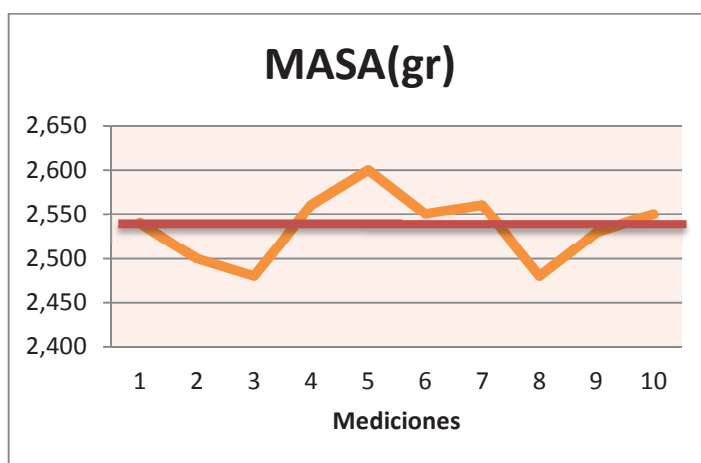


Figura 54. Variación de la Masa de BP., Camo paintballs.

Tabla 27.

Medición del diámetro de BP., de la marca Camo Paintballs.

BOLAS DE PINTURA Camo		
MEDICIÓN	Diámetro(plg)	Diámetro(mm)
1	0,672	17,069
2	0,673	17,094
3	0,677	17,196
4	0,667	16,942
5	0,674	17,120
6	0,676	17,170
7	0,677	17,196
8	0,678	17,221
9	0,678	17,221
10	0,669	16,993
TOTAL	0,674	17,122
RADIO	0,337	8,561

En la figura (55), se muestra la variación del diámetro de las BP., marca Camo.

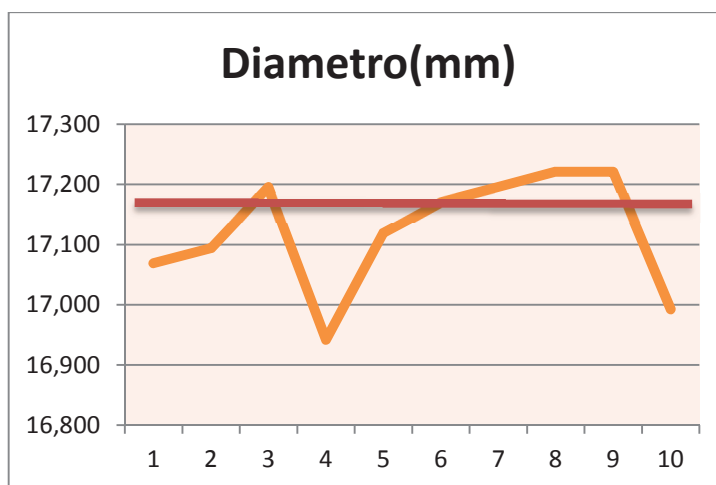


Figura 55. Variación del diámetro de BP., Camo Paintballs.

3.4.3.2. Análisis de la masa de las BP.

De las tablas anteriores, se puede realizar el promedio de la masa de las BP., y realizar el cálculo de la masa total que tendría 6300 BP, como en la tabla (28).

Tabla 28.

Promedio de masa de BP., para cada marca en 10 mediciones.

BP.	Masa(gr)
G.I.Sports	3,03
Atomic	2,83
Blast	2,57
Camo	2,53
Promedio	2,74

De donde podemos obtener que la masa total de BP., que se podrán almacenar dentro del cilindro de la maquina será:

$$M.Total = M.Prom BP * \# Total BP \quad (1)$$

$$M.Total = 2,74(gr) * 6300 (BP)$$

$$M.Total = 17262(gr) = 17,26(Kg)$$

3.4.3.3. Análisis de Volumen de las BP.

De las tablas anteriores, se realizara el promedio de los diámetros de los 4 tipos de BP., y realizar el análisis del volumen necesario del cilindro de almacenamiento, como se ve en la tabla (29).

Tabla 29.

Promedio de diámetros de BP., para cada marca en 10 mediciones.

B.P.	Diámetro(mm)
G.I.Sports	17,257
Atomic	17,206
Blast	17,181
Camo	17,122
Promedio	17,192
Radio	8,596

Para facilitar el manejo de las unidades, se pasara de mm a cm.

$$8,596 \text{ mm} \rightarrow 0,859 \text{ cm}$$

Para calcular el volumen que tiene una bola de paintball, se utilizara la ecuación 2 (Larburu, 2001), la fórmula del volumen de una esfera. La cual es:

$$Vol. Esfera = \frac{4}{3} * \pi * r^3 \quad (2)$$

Donde (r) es el radio de la circunferencia de la esfera, que en este caso sería el radio promedio de las B.P.

$$Vol. Esfera = \frac{4}{3} * \pi * 0,8596^3$$

$$Vol. Esfera = 2,649 \text{ cm}^3$$

Debido a su forma, al agrupar esferas, se forman espacios vacíos, la unión entre esferas es de manera tangencial (solo en un punto por bola), por lo que se necesitara tener un contenedor de mayor volumen que el volumen neto ocupado por las BP., para lo cual se realizará el siguiente experimento.

3.4.3.3.1. Experimento 1: Volumen Recipiente contenedor.

Objetivo: conocer cuál sería el volumen necesario para almacenar 6300 B.P. en un recipiente cilíndrico.

Procedimiento:

- Se utilizara o se construirá dos cilindros de 37,5(mm) de radio por 50(mm) de altura, y de 80(mm) de radio por 60(mm) de alto, respectivamente.
- Se llenara de BP., los cilindros, y se lo agitara para permitir que las BP., se acomoden y ocupen de manera eficiente el espacio del recipiente.

- Se contarán todas las B.P. que entraron en el cilindro y se realizará los cálculos de volumen ocupado.
- El experimento deberá ser realizado por 5 veces, en cada cilindro para obtener el promedio en las mediciones y ser más exactos con los resultados.

Cilindro Numero 1.

Se realizó el experimento para el cilindro de 375(mm) de radio por 50(mm) de alto como el de la figura (56) y se obtuvo los resultados de la tabla (30).



Figura 56. Cilindro número 1, experimento de volumen.

Tabla 30.

Mediciones de Numero de BP., para el cilindro número 1, experimento de volumen.

Cilindro Numero 1 (#BP)	
Medición 1	48
Medición 2	50
Medición 3	50
Medición 4	51
Medición 5	47
Promedio	49,2

En la figura (57), se muestra los valores de la tabla (30).

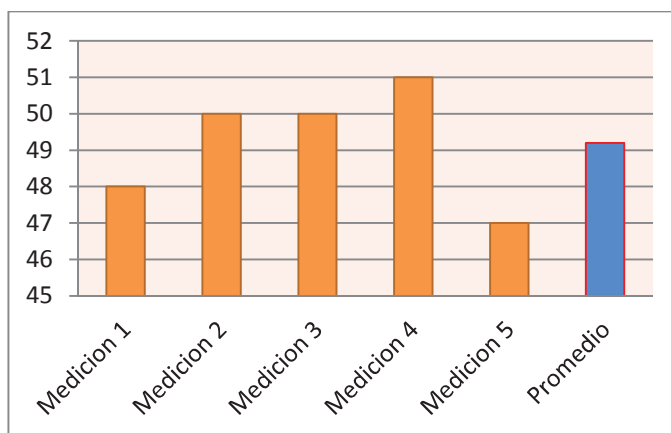


Figura 57. Mediciones de BP., para el experimento de volumen cilindro número 1.

Cilindro Numero 2.

Se realizaron las mediciones para el cilindro de 80(mm) de radio y 60(mm) de alto, como el de la figura (58), del cual se obtuvo los resultados de la tabla (31).



Figura 58. Cilindro número 2, experimento de volumen.

Tabla 31.

Mediciones de número de B.P., para el segundo cilindro.

Cilindro Numero 2 (#B.P.)	
Medición 1	257
Medición 2	260
Medición 3	262
Medición 4	261
Medición 5	258
Promedio	259,6

En la figura (59), se muestra los valores de la tabla (31).

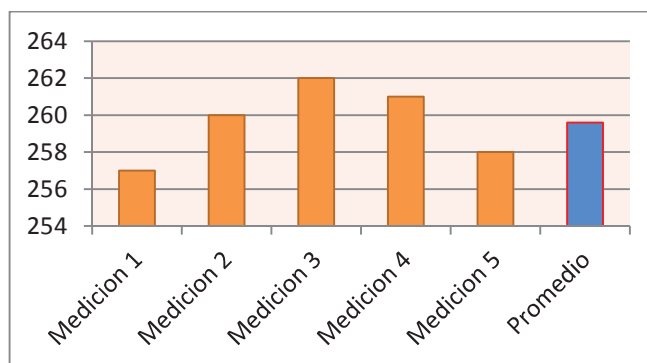


Figura 59. Mediciones de BP., para el experimento de volumen cilindro número 1.

El volumen de los recipientes, se lo obtendrá a partir de la ecuación 3 (Larburu.N, 2001), para cálculo del volumen en un cilindro, del cual se tiene la formula.

$$Vol. Cilindro = \pi * h * r^2 \quad (3)$$

Donde (h) será la altura del cilindro y (r) será el radio del cilindro.

Con lo cual se procede a obtener el volumen tanto para el cilindro número 1, así como para el cilindro número 2, respectivamente, como se muestran en las tablas (32 y 33).

Tabla 32.

Cálculo del volumen del Cilindro número 1.

Volumen Cilindro 1	
Radio(cm)	3,75
Alto(cm)	5
Volumen (cm ³)	220,90

Tabla 33.

Calculo del volumen del cilindro número 2.

Volumen Cilindro 2	
Radio(cm)	8
Alto(cm)	6
Volumen(cm ³)	1206,40

Con los valores obtenidos en la tabla 30, y la tabla 31, se calculara el volumen que ocuparían las bolas en cada cilindro como si ocupasen todo el espacio, es decir el volumen neto el cual se calculara de la siguiente manera.

$$Vol. Neto BP = \#BP * Vol. Esfera BP \quad (4)$$

Tabla 34.

Volumen neto ocupado por las 50 BP., en el cilindro número 1.

Volumen	
Numero de bolas	50
Volumen(cm ³)	132,50

Tabla 35.

Volumen neto ocupado por las 260 BP., en el cilindro número 2.

Volumen	
Numero de bolas	260
Volumen(cm ³)	688,90

Con estos valores, se puede obtener la diferencia de espacio entre el volumen del cilindro, y el volumen que ocuparía el total de bolas en cada cilindro respectivamente, para calcular el porcentaje de espacio libre que hubo en cada cilindro como se muestra en la tabla (36).

Tabla 36.

Porcentaje de espacio libre en cada cilindro.

Diferencia Cilindro 1(cm³)	88,41
Porcentaje de espacio libre	40,02%
Diferencia Cilindro 2(cm³)	517,44
Porcentaje de espacio libre	42,89%

3.4.3.3.2. Conclusión.

Se debe aumentar de un 40 a 45 por ciento de volumen, en el cilindro contenedor, del volumen neto calculado que ocuparían las 6300 BP., para poder almacenarlas.

3.4.3.4. Volumen del cilindro de almacenamiento.

Una bola de paintball tiene un volumen promedio de 2,649cm³, por lo que el volumen total ocupado por 6300 BP., se lo podrá calcular de la siguiente manera.

$$Vol.Necesario = \#BP * Vol.BP. \quad (5)$$

De los datos ya obtenidos previamente.

$$Vol.Necesario = 6300(BP) * 2,649(cm^3)$$

$$Vol.Necesario = 16693(cm^3)$$

Con el volumen necesario calculado de 16693(cm³) , se podrá calcular el excedente de volumen para almacenar 6300 BP, que por motivos de seguridad se utilizara el mayor valor que es de 45% del volumen neto ocupado por las BP., y se lo calculara de la siguiente manera.

$$Vol. extra necesario = Vol. necesario BP * \frac{45}{100} \quad (6)$$

$$Vol. extra necesario = 16693(cm^3) * \frac{45}{100}$$

$$Vol. extra necesario = 7511,97(cm^3)$$

Con lo que el volumen que debe tener el cilindro de almacenamiento de las BP., deberá ser:

$$Vol. Cilindro = Vol. necesario + Vol. extra necesario(45%) \quad (7)$$

$$Vol. Cilindro = 16693(cm^3) + 7511,97(cm^3)$$

$$Vol. Cilindro = 24205(cm^3)$$

3.4.3.5. Tamaño del cilindro de almacenamiento.

A criterios de diseño, se decidió asignar un rango de diámetro, para la base circular del cilindro de almacenamiento, que va de los 200(mm) a los 400(mm) de diámetro.

El rango de diámetro asignado, permitirá el conocer las diferentes alturas, que tendrían los cilindros de almacenamiento, para un valor dado dentro del rango, y poder seleccionar la mejor opción en base a este análisis.

Como ya se tiene el valor de volumen total necesario, se utilizara la ecuación (3), y se despejara la altura.

$$h = \frac{Vol. cilindro}{\pi * r^2} \quad (8)$$

Con la ecuación (8), se procederá a realizar la tabla (37) de estimaciones de altura, para el cilindro del área de almacenamiento, en base al rango asignado.

Tabla 37.

Cálculo de altura del cilindro de almacenamiento.

Supuestas Alturas para cilindro Contenedor				
Prueba	Diámetro(cm)	Radio(cm)	Volumen(cm ³)	Alto(cm)
1	20	10	24205	77,05
2	22	11	24205	63,68
3	24	12	24205	53,50
4	26	13	24205	45,59
5	28	14	24205	39,31
6	30	15	24205	34,24
7	32	16	24205	30,10
8	34	17	24205	26,66
9	36	18	24205	23,78
10	38	19	24205	21,34
11	40	20	24205	19,26

En la figura (60) se muestran los valores de la tabla (37).

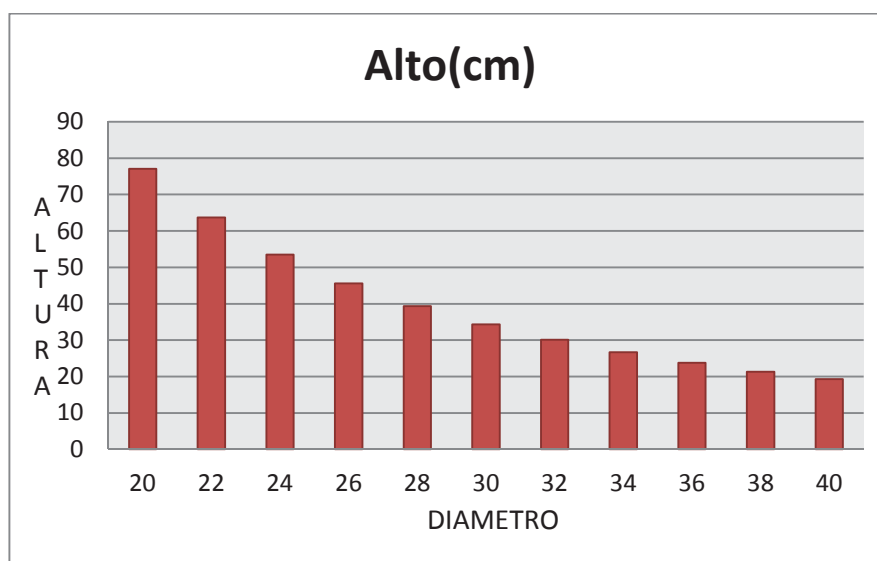


Figura 60. Variación de la altura versus el diámetro del cilindro.

Se puede ver, que la altura del cilindro disminuye de manera lineal, mientras el diámetro va aumentando, con lo cual se podría manejar un rango de altura de entre los 190(mm) y 800(mm) de alto, como se ve en figura (61).

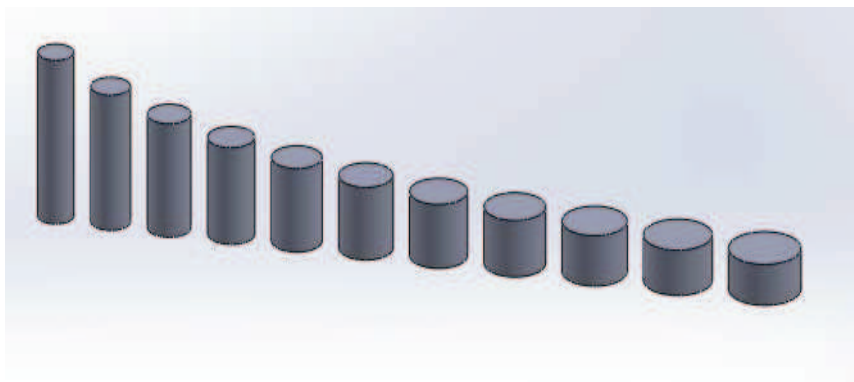


Figura 61. Comparación de la altura del cilindro al variar el diámetro.

Con la tabla 37, se realizara un experimento para ver el comportamiento de un Cilindro de diámetro máximo, y tratar de irlo variando para ver el comportamiento de las BP.

3.4.3.5.1. Experimento 2: Altura del cilindro.

Objetivo:

Conocer el comportamiento de las BP, ante un ambiente parecido al que se va a tener como cilindro de almacenamiento; ver si el cilindro construido puede soportar la carga máxima que se va a utilizar en el cilindro de almacenamiento real.

Procedimiento

- Se construirá un recipiente de 400(mm) de diámetro por 20(mm) de altura, ya establecidos en la tabla del tamaño de altura del cilindro, como el de la figura (62).
- Se llenara el recipiente con BP, y se observar el comportamiento del cilindro contenedor realizado en cartón, de acuerdo a como se lo va llenando con las B.P., hasta llegar al valor deseado, como se ve en la figura (63).



Figura 62. Cilindro Construido el Cartón para experimento 2.

En el Experimento se pudo analizar:

- Un contenedor de diámetro muy grande, no es recomendable, ya que aunque permite una baja altura de apilamiento, genera dificultades de movimiento, además al tener un solo orificio de salida, es complicado el lograr que las bolas se dirijan hacia el con una superficie grande de base.
- Si el contenedor fuese delgado, el apilamiento de BP., sería de gran altura, y de igual manera va a dificultar el movimiento de cualquier mecanismo interno de rotación de BP., y provocara deformación de las mismas.
- Hay que recordar que dentro del cilindro de almacenamiento, van a estar ubicados actuadores y algunos sensores del sistema, lo cual, por apreciación se estima que será necesario entre 80 a 120mm de altura dentro del cilindro, solo para equipos, con lo cual, cualquier cilindro que se elija va a tener que aumentar su tamaño, haciendo que un contenedor alto se vuelva desproporcionado.



Figura 63. Cilindro construido para el experimento 2, lleno.

3.4.3.5.2. Conclusión.

El tamaño razonable, después del análisis realizado en el experimento 2 es que el tamaño más óptimo para el cilindro de almacenamiento, tenga una altura de 300mm, dando como tal, que el diámetro necesario, sea igual a 320mm.

3.4.4. Diseño del cilindro de almacenamiento de BP.

Para el diseño del cilindro metálico de almacenamiento, se seleccionó un perfil tipo platina de acero de transmisión A36, (DIPAC, 2013), de la tabla (38), con las siguientes características:

- Calidad: Acero ASTM A36 SAE 1008
- Largo Normal: 6 metros
- Acabado: Natural

Se seleccionara la platina: PLT25X3, de 25 (mm) de ancho y de 3 (mm) de espesor.

Tabla 38.

Perfiles de acero. (DIPAC, 2013)

DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00



Para poder realizar el control de la temperatura y humedad, además de la dosificación de BP., va a ser necesario ocupar un espacio dentro del cilindro, con lo cual, se decidió aumentar la altura del cilindro con 120mm, los cuales se destinaron a montaje de elementos y además permitirá crear una zona de calentamiento, como se muestra en la figura (64 y 65).

Que tendría las siguientes medidas:

- Alto: 420(mm)
- Diámetro Interior: 320(mm)
- Diámetro exterior: 32,6(mm)

Para poder realizar los diseños de las partes de la máquina, se recurrirá a la utilización del programa de dibujo tipo CAD/CAE, Solidworks 2013 Professional.

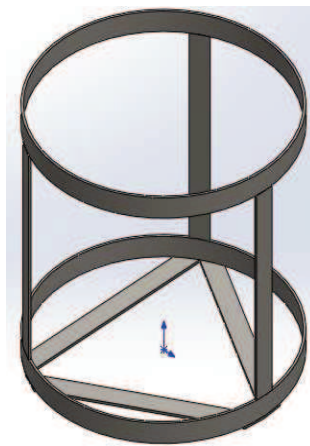


Figura 64. Diseño de la estructura del cilindro contenedor.

Se hará el recubrimiento de la estructura, basándose en la selección ya realizada del material, donde el acero inoxidable va a ser el material utilizado.

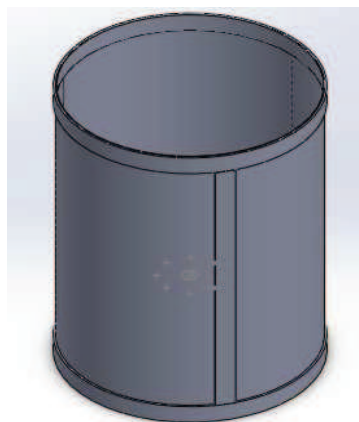


Figura 65. Diseño del cilindro de almacenamiento recubierto con una lámina de acero inoxidable.

Debido al aumento en el tamaño del cilindro de almacenamiento, se debe realizar un sistema de soporte de la base, el cual mantenga la altura necesaria para el almacenamiento de las BP, dentro de él, y además brinde el espacio para montaje de elementos y la cámara de almacenamiento.

Se diseñó, un triángulo de soporte, en el cual se va a montar la base circular metálica, donde se asentarán las BP., dentro de las estructura, y además donde se podrá ubicar componentes, de ser necesario, como se ve en la figura (66).

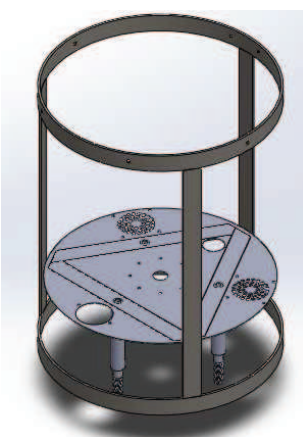


Figura 66. Diseño de la base del cilindro de almacenamiento de BP.

Finalmente, será necesario, el diseñar la tapa del cilindro de almacenamiento, en la cual, deberá estar ubicado el sensor de temperatura y humedad, esto debido a que va a ser junto con la base, las únicas partes planas, donde se puedan ubicar elementos, como en la figura (66 y 67).

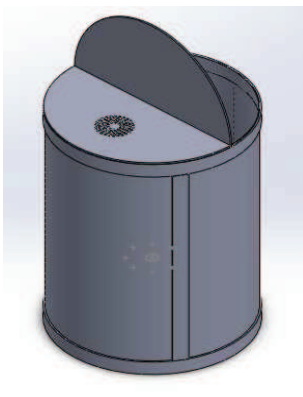


Figura 67. Tapa del cilindro de almacenamiento.

3.4.5. Análisis de esfuerzos del cilindro de almacenamiento.

Para el análisis de esfuerzos, se ha considerado realizar un análisis para la base y a partir de esto deducir, si es necesario el realizar análisis a partes en las cuales no van a existir, o si existiesen, van a estar bajo mínimas condiciones de esfuerzos o tensiones.

Para comenzar el análisis, se realizara un diagrama de cuerpo libre, donde se indicaran las fuerzas que actúan en los elementos como se ve en la figura (68).



Figura 68. Diagrama de cuerpo libre del cilindro contenedor.

Para comenzar el estudio, debido a que el sistema se encuentra en equilibrio, se puede realizar un análisis de fuerzas, por medio de la utilización de la ecuación (9)

$$\sum F_x = m * a \quad (9)$$

Tanto en el eje X, como en el eje Y, no existen desplazamientos ni movimientos, por lo que se puede asumir claramente que el cuerpo se encuentra en reposo y por tal se tendrá.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum Fy = 0$$

Si bien el cuerpo se encuentra en reposo va a tener una masa en su interior, cuando se encuentre llena de B.P., por lo que podemos despejar las fuerzas que actúan en el eje de las Y.

$$\sum Fy = \text{Peso BP} - F. \text{Reaccion} \quad (10)$$

$$\text{Peso BP} - F. \text{Reaccion} = 0$$

De donde podemos despejar el peso por sus componentes.

$$\text{Peso} = \text{masa} * \text{gravedad} \quad (11)$$

Con lo que se puede despejar la fuerza de reacción(N), por ser una normal a la fuerza aplicada por las BP., sobre la base del cilindro.

$$\text{Masa} * \text{gravedad} - \text{normal} = 0$$

$$m * g - N = 0$$

$$N = m * g \quad (12)$$

De la ecuación (12), se tiene que la masa es igual al número de bolas que va a tener el cilindro contenedor a su máxima capacidad. Con lo que se procede a despejar los valores y calcular la fuerza de reacción del cilindro de almacenamiento.

$$N = 20(Kg) * 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$N = 196 \left(Kg \frac{m}{s^2} \right) = 196 \text{ Newtons}$$

Para poder manejar este valor se realizara una transformación a KgF, con lo cual

$$196 \text{ N} \left| \frac{1 \text{ KgF}}{9,8 \text{ N}} \right. = 20 \text{ KgF}$$

Ahora si bien el análisis se lo realizo sobre la estructura del cilindro, el área de control será la base circular metálica de este, donde el área, va a ser igual al diámetro de la base principal del sistema, cabe recalcar que en la parte superior, va a tener tres agujeros, con lo cual, estas áreas van a ser restadas.

El área de la base circular metálica del cilindro de almacenamiento será igual:

$$\text{Area base circular} = A. \text{total} - A. \text{Agujero1} - A. \text{Agujero2} - A. \text{Agujero3} \quad (13)$$

Dado que los orificios, tanto de salida de bolas como de respiraderos del cilindro, son del mismo tamaño, se puede asumir:

$$A. \text{Agujero 1} = A. \text{Agujero 2} = A. \text{Agujero 3}$$

El área de la base circular para el análisis de esfuerzos será igual:

$$\text{Area base circular} = A. \text{total} - 3 * A. \text{agujero} \quad (14)$$

El área para una circunferencia según (Larburu.N, 2001), es igual:

$$A. \text{Circulo} = \pi * r^2 \quad (15)$$

Donde (r), es el radio del circulo en la ecuación (15), y que podremos despejar de la ecuación (14).

$$\text{Area base circular} = \pi * r_1^2 - 3 * \pi * r_2^2$$

Donde se puede simplificar la ecuación y se tendrá:

$$\text{Area base circular} = \pi * (r_1^2 - 3r_2^2) \quad (16)$$

De (Budynas & Nisbett, 2008), se tiene que el esfuerzo uniformemente distribuido

en un elemento es igual:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (17)$$

Donde (F) es la fuerza uniforme distribuida sobre una superficie, y (A), es el área transversal en la cual se aplica la fuerza. Con lo que se puede proceder a despejar en la ecuación (17), la ecuación (16), y despejar los valores obtenidos en la ecuación (12) de la fuerza aplicada.

$$\sigma = \frac{F}{\pi * (r_1^2 - 3r_2^2)} \quad (18)$$

De los planos se obtiene que R1 es igual al radio de la base circular y el radio R2 corresponde a los agujeros realizados para la salida de BP., y sistema de ventilación los cuales miden 160(mm) o 6,3(plg) y 50(mm) o 2(plg) respectivamente.

Para pasar a unidades de manejo de esfuerzos, se transformara los 20 Kgf a lbf.

$$20(Kgf) \left| \frac{2,2lbf}{1Kgf} \right. = 44lbf$$

Con lo cual se procede a despejar la ecuación (18).

$$\sigma = \frac{44(lbf)}{\pi * ((6,3)^2 - 3(2)^2)}$$

$$\sigma = 0,4 \left(\frac{lbf}{plg^2} \right) = 0,4 psi$$

Con esto se puede hacer el cálculo del factor de seguridad que según (Budynas & Nisbett, 2008), se calcula de la siguiente manera:

$$nd = \frac{\text{Resistencia de perdida de la funcion}(s)}{\text{Esfuerzo permisible}(\sigma)} \quad (19)$$

Se utiliza el limite elástico del material como la función de perdida que se muestra en la figura (69), debido a que el cilindro no va a estar sometido a movimiento ni

ciclos de trabajo, sino más bien, va a soportar esfuerzos, por lo que va a tener deformación.

Stainless steel			
Layout: Edu Level 1		Show/Hide	
Caption			
One the left: Siemens toaster in brushed austenitic stainless steel (by Porsche Design). On the right, scissor in ferritic stainless steel; it is magnetic, austenitic stainless is not.			
General properties			
Density	7.6e3	- 8.1e3	kg/m ³
Price	* 6.52	- 7.17	USD/kg
Mechanical properties			
Young's modulus	189	- 210	GPa
Yield strength (elastic limit)	170	- 1e3	MPa
Tensile strength	480	- 2.24e3	MPa
Elongation	5	- 70	%
Hardness - Vickers	130	- 570	HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 175	- 753	MPa
Fracture toughness	62	- 150	MPa.m ^{1/2}
Thermal properties			
Melting point	1.37e3	- 1.45e3	°C
Maximum service temperature	750	- 820	°C
Thermal conductor or insulator?	Poor conductor		
Thermal conductivity	12	- 24	W/m.K
Specific heat capacity	450	- 530	J/kg.K
Thermal expansion coefficient	13	- 20	µstrain/°C

Figura 69. Propiedades del acero inoxidable

Fuente: (Programa CES de materiales, 2011)

Utilizando la ecuación (19), de factor de seguridad o confiabilidad, se tiene:

$$nd = \frac{S}{\sigma}$$

Por manejo de unidades, se procede a transformar los 0,4(psi) a pascales.

$$0,4psi \left| \frac{6894,75Pa}{1psi} \right. = 2757,9Pa$$

$$2757,9 Pa \left| \frac{0,000001MPa}{1Pa} \right. = 0,0027MPa$$

$$nd = \frac{170(MPa)}{0,0027(MPa)} = 62962$$

3.4.5.1. Conclusión.

- La resistencia del material, ante el trabajo que va a realizar es sobredimensionada, debido a que las características que posee, tanto de dureza, como de elasticidad, son muchísimo más grandes, que los esfuerzos máximos a los que van a ser sometidos.
- El ser un material sobredimensionado para el diseño, no implica que esté mal seleccionado, ya que por su costo, resistencia a la corrosión, fácil manejo, y fácil manufactura; hacen que sea el mejor material, y además permita al diseñador el estar seguro de que no va a ser necesario el realizar un análisis de esfuerzos de cada parte de la máquina, debido a que brinda toda la confianza de soportar y poder manejar sin ningún problema la masa de 6300 BP.
- Para conocer el comportamiento de las partes de la máquina, se recomienda únicamente el realizar un análisis de esfuerzos simulados con un programa tipo CAD/CAE, y ahorrar tiempo en el diseño y análisis de resultados.

3.4.6. Análisis de esfuerzos simulado.

Para el análisis de esfuerzo simulado, se utilizó el programa de dibujo tipo CAD/CAE Solidworks en su versión 2013 profesional. Se comenzó realizando los dibujos de las piezas, y se utilizó la herramienta de simulación Solid Simulations, para poder hacer un análisis de elementos finitos, en el cual el programa realiza el mallado y hace los cálculos, siempre y cuando el dibujo o ensamble no tengan problemas de diseño y se haya especificado sus características(ambiente controlado).

3.4.6.1. Simulación Base circular plana para BP.

Se realizó el análisis de esfuerzos simulado de la base circular plana del cilindro de almacenamiento como se ve en la figura (70), junto con la estructura del mismo, con el uso del programa de dibujo asistido tipo CAD/CAE, Solidworks 2013 profesional, en el cual por medio de la herramienta de simulación de esfuerzos, se

puede predecir comportamientos de elementos dibujados, y sometidos simulaciones en un ambiente controlado.

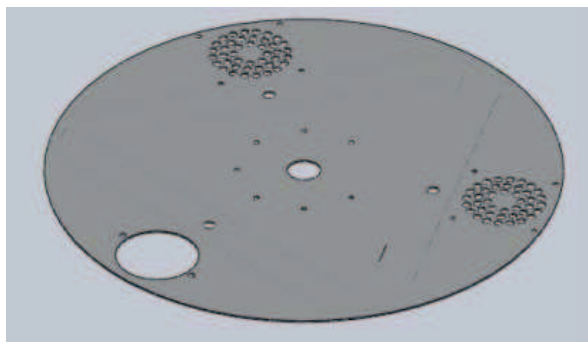
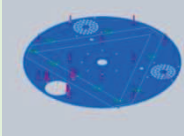


Figura 70. Base circular del cilindro de almacenamiento para BP.

Es necesario realizar el dibujo 3D, en un ambiente controlado donde se ubica el tipo de material, las sujeciones, los puntos o áreas de las cargas y las propiedades que tendrá, con lo que el programa podrá realizar un mallado del elemento, y determina, que partes, son aquellas donde se localizan los mayores esfuerzos.

Tabla 39.

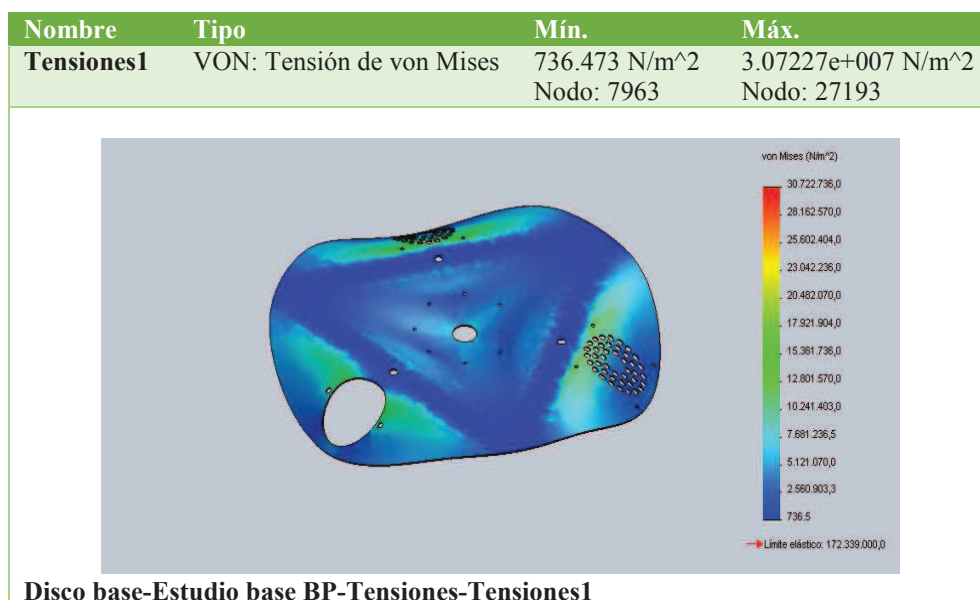
Propiedades de la base circular del cilindro de BP., (ambiente controlado).

Referencia de modelo	Propiedades		Componentes
	Nombre:	Acero inoxidable al cromo	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(discobasevibratoria)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises	
	Límite elástico:	1.72339e+008 N/m ²	
	Límite de tracción:	4.13613e+008 N/m ²	
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson:	0.28	
	Densidad:	7800 kg/m ³	
	Módulo cortante:	7.7e+010 N/m ²	
	Coefficiente de dilatación térmica:	1.1e-005 /Kelvin	
Datos de curva: N/A			

Los resultados obtenidos del análisis de esfuerzos simulados se los puede ver en las tablas (40 y 41).

Tabla 40.

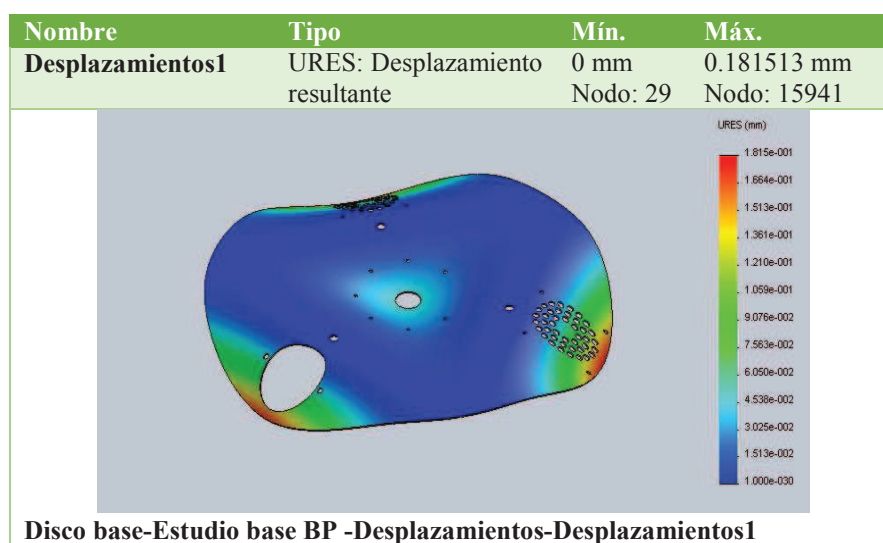
Tensiones base circular del cilindro de BP.



La tensión máxima que se va a encontrar en la base circular de las BP., es en la simulación igual a 30(MPa), en un material cuyo límite elástico es de 170(MPa).

Tabla 41.

Desplazamientos de la base circular del cilindro de BP.



Se puede observar en la simulación de desplazamientos, que en las áreas de color rojo, podría llegarse a dar desplazamientos menores a 0,19(mm), con lo cual se puede decir que va a ser una deformación despreciable.

3.4.6.2. Simulación estructura cilindro de almacenamiento.

En el análisis de la estructura del cilindro como se ve en la figura (71), se incluyó la base circular de BP., para permitir tener una simulación en conjunto del comportamiento de la base, junto con la estructura, y como se transmiten los esfuerzos a través de la base hacia toda la estructura del cilindro de almacenamiento.

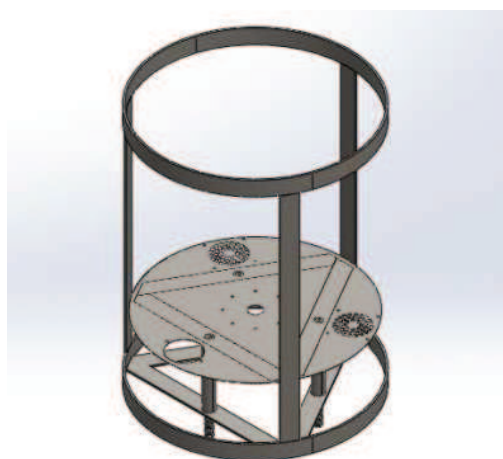
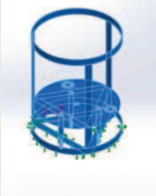


Figura 71. Estructura del cilindro de almacenamiento de BP.

Se realizó el ambiente controlado de la estructura, especificando las características de esta, donde se incluían los materiales utilizados, las formas, tamaño de las platinas utilizadas, las sujeciones, los diferentes elementos que la componen, y los puntos donde va a existir cargas.

Tabla 42.

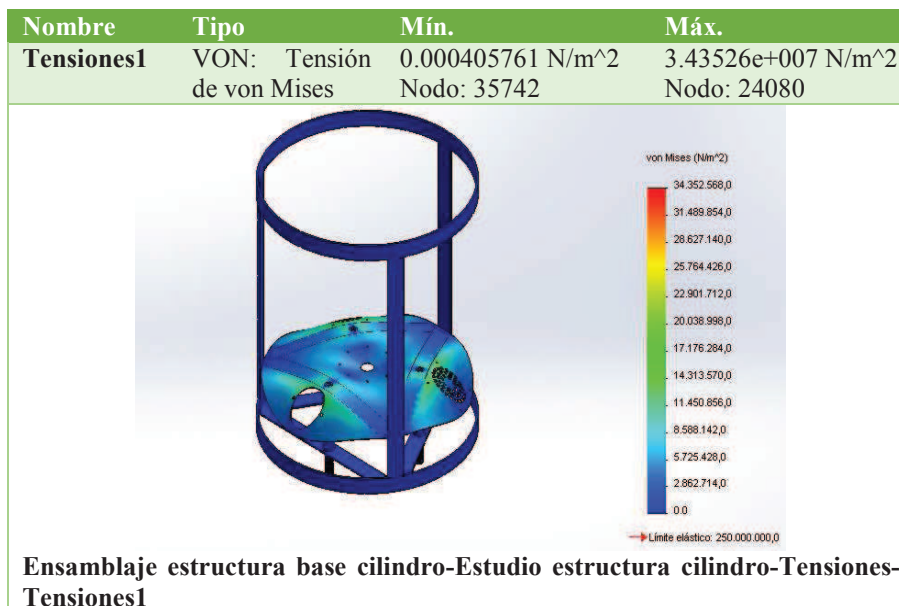
Propiedades de la estructura base del cilindro de BP., (Ambiente controlado).

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	ASTM A36 Acero	Sólido 1(Cortar-Extruir2)(base circular soporte BP-1),
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	Sólido 1(Saliente-Extruir5)(cilindro estructura-1),
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(enstriagi2.1-1/platinatriagi2.1-1),
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(enstriagi2.1-1/platinatriagi2.1-2),
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(enstriagi2.1-1/platinatriagi2.1-3),
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²	Sólido 1(Barrer1)(pata base-1),
	Coefficiente de Poisson:	0.26	Sólido 1(Barrer1)(pata base-2),
	Densidad:	7850 kg/m ³	Sólido 1(Barrer1)(pata base-3),
	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(separador base circular-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(separador base circular-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(separador base circular-3)
Datos de curva:N/A			

En las tablas (43 y 44), se muestran los resultados del análisis simulado de la estructura del cilindro de almacenamiento de BP.

Tabla 43.

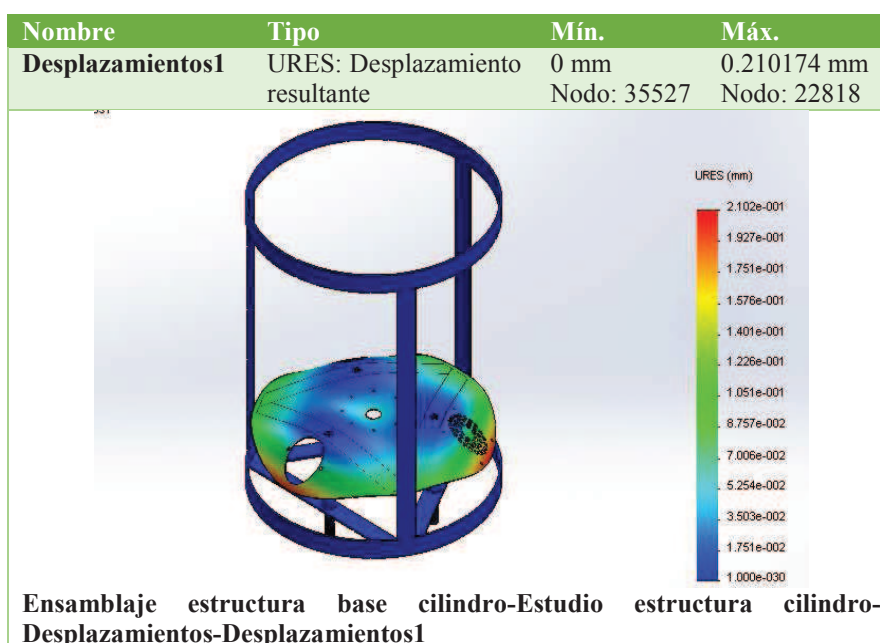
Tensiones Estructura cilindro de almacenamiento BP.



Como se puede observar en la tabla (44), las tensiones máximas de la estructura del cilindro serán de hasta 35(MPa), en el acero inoxidable de la base y acero A36 de las platinas de la estructura que tienen límites elásticos de 170 a 250 (MPa).

Tabla 44.

Desplazamientos Estructura cilindro almacenamiento BP.



Los desplazamientos en la tabla (45), indican que en la simulación las áreas en color rojo, son aquellas donde se presentarían las mayores deformaciones que llegarían a ser de hasta 0,2(mm), siendo estas despreciables para el tipo de diseño.

3.4.6.3. Conclusión.

De los análisis de esfuerzos simulados por medio del programa Solidworks, se pudo concluir:

- El material seleccionado para ser la base circular de la estructura de BP., que es el acero inoxidable, cumple sin ningún problema con esta tarea, debido a que para la carga a la que va a ser sometida, de 20(KgF), no se llega ni cerca al límite elástico, teniendo deformaciones en los casos de cargas máximas y suponiendo que la carga sea solo sobre ese punto de la malla, inferiores a 1(mm).
- De igual manera que en el cálculo del análisis de esfuerzos sobre la base circular de BP., se puede observar en el análisis simulado, que la base junto con la estructura, permiten de sobremana el funcionamiento de la máquina, sin comprometer ningún elemento, y dando un margen de seguridad excesivamente alto, haciendo que el diseño de la máquina, sea el mejor esperado.

3.5. Diseño sistema de rotación de BP.

Para el sistema de rotación de las BP., se ha tomado en cuenta la necesidad de mover las bolas de manera periódica para evitar el estancamiento de la pintura dentro de estas, y evitar la deformación debido a la interacción de unas con otras.

Se partirá con la selección de 3 sistemas de rotación de los cuales se hará la elección del sistema más óptimo.

Para realizar esto se partirá de condiciones, las cuales fueron tomadas de las indicaciones establecidas por los fabricantes de la pintura, y que indicarán cuán importante y necesaria es esta rotación.

3.5.1. Condiciones de las BP.

Por recomendaciones de los fabricantes, se establece:

- Las BP., mientras se encuentran dentro de sus cajas, deben rotarse cada 1 a 2 semanas.
- Se debe apilar un máximo de 3 cajas de pintura, para prevenir el aplastamiento.
- Cuando las bolas de pintura están fuera de la caja de protección, no se debe de superar los 500(mm) de apelación.
- De igual manera se debe de rotar las bolas de pintura que se encuentran fuera de su caja para recipientes mayores a 200(mm) de alto, cada 3 a 5 días, para impedir la deformación de estas por su masa y el contacto provocado por unas hacia otras BP.,

Tabla 45.

Condiciones de las BP., para su almacenamiento.

Condiciones Iniciales	ESTIMADO
BP., en caja de 2000 Unidades	Cada 1 a 2 semanas rotación
Apilar cajas	Máximo 3
BP., fuera de Caja	No apilar mayor a 500(mm)
BP., en recipientes de dosificación	Cada 3 a 5 días rotación

3.5.2. Sistemas de rotación de BP.

Se procede a seleccionar tres tipos de sistemas de rotación, los cuales se han escogido por medio de experimentación, y son:

- Sistema de rotación con aspas internas
- Sistema de rotación con base vibratoria
- Sistema de rotación tipo refill (rellenado) de BP.

3.5.2.1. Sistema de rotación con aspas.

Es aquel sistema que utiliza aspas en el interior del recipiente contenedor, y que

por medio del giro de estas logra la rotación de las bolas en su interior, como se puede observar en la figura (72).

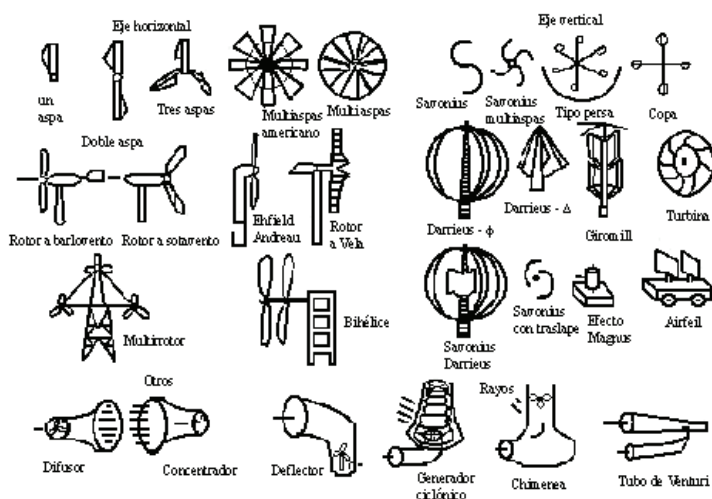


Figura 72. Tipos de aspas utilizados en la industria.

Fuente: (Instituto latinoamericano de la comunicación educativa, s.f.)

3.5.2.2. Sistemas de rotación con base vibratoria.

Es aquel sistema que por medio de la vibración o movimiento de su base, logra que las bolas cambien de posición, haciendo que roten. Para este sistema, no es necesario que la frecuencia de vibración sea alta, sino más bien, un sistema con poco movimiento como se muestra en la figura (73).

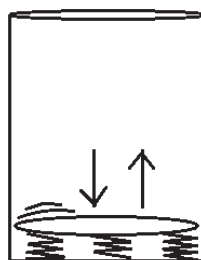


Figura 73. Sistema de rotación con una base vibratoria.

3.5.2.3. Sistema de rotación con sistema de refill de BP.

El sistema utiliza el vaciado del cilindro de almacenamiento tomando las BP., que se encuentran en la parte inferior, y reingresándolas en la parte superior del cilindro

como se muestra en la figura (74).

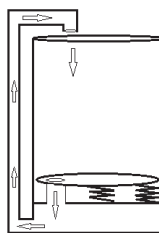


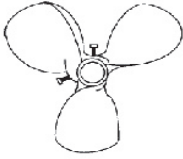
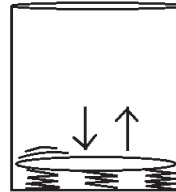
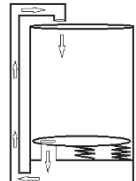
Figura 74. Sistema de rotación de BP., tipo refill (Rellenado).

3.5.3. Selección del sistema de rotación de BP.

Para el sistema de rotación, se hará una matriz morfológica, la cual indicara las ventajas y desventajas, de los sistemas propuestos como se ve en la tabla (46).

Tabla 46.

Matriz morfológica de la selección del sistema de rotación de BP.

SISTEMA	Base principal, Sistema de Almacenamiento		
ÍTEM: Material	Sist. Aspas Internas	Sist. Base Vibratoria	Sist. Refill
GRAFICO	 Propeller		
VENTAJAS	Aspas internas no visibles	Sistema no visible	Sistema seguro de reordenamiento
	Sistema de rotación rápida	Baja cantidad de esfuerzo	Más funciones al rotor
	No muchos esfuerzos	Garantiza la salida de todas las bolas	Mantiene BP. en constante movimiento
	Bolas en movimientos.	Mejor distribución del aire	Garantiza el movimiento de las BP.
DESVENTAJAS	Agrega masa al sistema	La base completa del cilindro se mueve	Podría generar rotura de BP., en la caída
	Generar corte	Generar desgaste de las piezas	Sistemas extras necesarios para la subida de BP.
	No garantiza la salida de todas las bolas del sistema	La base puede sufrir deformaciones.	no es un buen sistema de circulación del aire

3.5.3.1. Criterios a evaluar.

Los criterios a evaluar en la matriz de valoración van a tener diferentes valores, los cuales sumados deben dar 100 puntos, haciendo que el valor más alto sea el que cumpla mejor con los requisitos. Los criterios a ser evaluados son:

- **Manufactura:** Es importante conocer la factibilidad de manufactura del sistema, es decir, cuan fácil y practico va a resultar su fabricación. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea fácil de construir y el valor más bajo cuando sea compleja su construcción de acuerdo al razonamiento propio.
- **Seguridad:** Es necesario conocer si el sistema funciona bien y no va a causar ningún daño al manipulador o al producto. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor alto cuando el sistema sea seguro y cero el de menor seguridad de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Mantenimiento:** Es necesario siempre realizar mantenimientos, para poder garantizar el funcionamiento de la máquina. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando más fácil de poder realizar mantenimiento y cero el que presente mayor complejidad en su mantenimiento o arreglo, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Costo:** El costo de la creación de este sistema, debe ser lo más rentable posible, tanto para el constructor como para el inversor. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más barato en su construcción y cero el de mayor valor económico, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Tamaño:** El tamaño del sistema es una de las partes más fundamentales debido a que en esto se basa el tamaño de la estructura base de la máquina y su atractivo. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea de menor tamaño y cero el de mayor tamaño, de acuerdo al razonamiento del diseñador.

- **Funcionalidad:** La funcionalidad es importante debido a que debe de satisfacer las necesidades del usuario. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea el más óptimo y cero el de menor funcionalidad.
- **Masa:** La masa que tenga el sistema determinara, que el equipo sea de fácil transporte, o este se vuelva fijo. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más ligero y cero el de mayor peso, de acuerdo al razonamiento del diseñador.

Tabla 47.

Criterios a evaluar para la selección del sistema de rotación de BP.

Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Manufactura	M	20
2	Seguridad	S	10
3	Mantenimiento	MT	10
4	Costos	C	15
5	Tamaño	T	15
6	Funcionalidad	F	20
8	Masa	MA	10
			100

En la figura (75), se muestra una gráfica de los valores dados a los criterios a evaluar en la tabla (47).

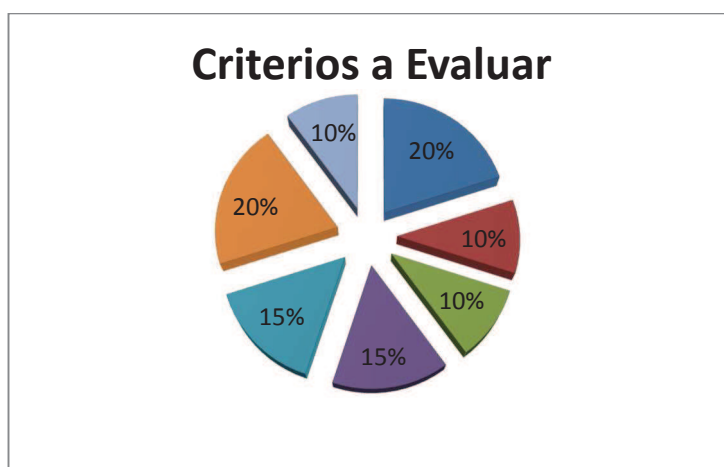


Figura 75. Criterios a evaluar para la selección del sistema de rotación.

Con todos los parámetros ya establecidos, se procede a evaluar los diferentes sistemas como se muestra en la tabla (48), teniendo los siguientes resultados.

Tabla 48.

Criterios evaluados para la selección del sistema de rotación de BP.

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS								
		TIPOS	M	S	MT	C	T	F	MA	TOTAL
Base Principal	Rotación	Sist. Aspas rotatorias	16	6	8	12	14	16	8	80
		Sist. Base Vibratoria	18	8	6	14	10	17	6	79
		Sist. Refill	10	7	4	8	7	10	4	50

En las figuras (76 y 77), se muestran los resultados obtenidos en los criterios evaluados para la selección del sistema de rotación.

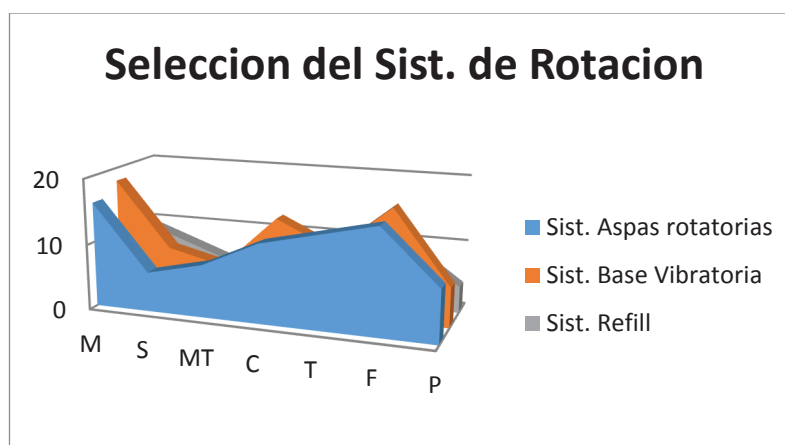


Figura 76. Criterios evaluados de la selección del sistema de rotación de BP.

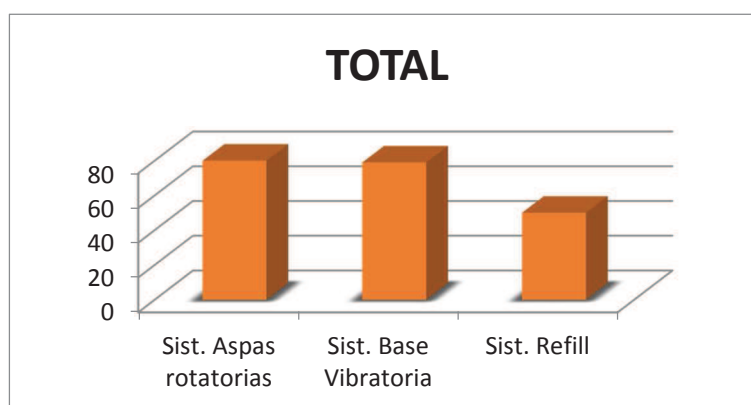


Figura 77. Resultado de los criterios evaluados para la selección del sistema de rotación de BP.

3.5.3.2. Conclusión.

El sistema de rotación con base vibratoria, al igual que el sistema de rotación de aspa giratoria, son los sistemas que más sobresalen en la evaluación de criterios.

La forma de poder seleccionar el sistema que brinde las mejores características, se la realizara con un experimento, el cual observara ambos sistemas de rotación, y su comportamiento, con las BP.

3.5.3.3. Experimento 3: Sistemas de rotación.

Objetivo:

Realizar los sistemas de rotación tipo agitador y aspa giratoria, para conocer sus comportamientos, ver sus debilidades y conocer cuál es aquel que mejor se comporta y cumple con las necesidades planteadas.

Procedimiento 1.

- En la estructura del cilindro de almacenamiento ya construida, realizar el sistema vibratorio, a partir de 3 resortes fijados en la base.
- Ubicar los resortes, en los puntos en los cuales la base metálica, se une con la estructura del cilindro de almacenamiento.
- Realizar pequeños movimientos, y ver el comportamiento de las BP, ante la vibración provocada, de ser necesario aumentar el movimiento.

Procedimiento 2.

- En la estructura ya construida, realizar un sistema de aspa giratoria, apoyado en la base del cilindro de almacenamiento.
- Realizar el movimiento del aspa, y observar el comportamiento de las BP, ante este sistema.

Resultados.

Como se puede observar en la figura (78), se realizó un sistema vibratorio, basado en resortes, los cuales van a mover la base del cilindro.



Figura 78. Sistema de rotación de BP., vibratorio en la base del cilindro de almacenamiento.

De igual manera se hizo la construcción de un sistema de aspa como se puede observar en la figura (79), con un brazo metálico y se comprobó su comportamiento.



Figura 79. Sistema de rotación de BP., de aspa giratoria, en el cilindro de almacenamiento.

3.5.3.4. Conclusión.

- El sistema de rotación de base vibratoria no funciona de manera correcta, debido a que, las BP., se ubican de tal manera que no permiten su salida por el orificio de dosificación.
- El sistema de rotación de aspa, permite el movimiento de la BP., en el cilindro almacenador, haciendo que cambien de posición y se ordenen de otra manera.
- El sistema de rotación de aspa permitió que en el caso de que haya atoramiento de las BP., en la salida del orificio dosificador; el aspa arrastre a las bolas y continúe el sistema dosificando.

El sistema que mejores resultados presento y por cual, el que debería utilizarse para la rotación de las BP., es aquel basado en un aspa giratoria.

3.5.4. Diseño y análisis Aspa de rotación de BP.

Para este sistema se va a utilizar un aspa giratoria, la cual va a permitir que las bolas dentro del cilindro dosificador, circulen al ser empujadas por esta.

3.5.4.1. Diseño aspa de rotación de BP.

Para el diseño del aspa, se consideró principalmente la forma y tamaño de las BP como se muestra en la tabla (49).

Tabla 49.

Características de forma y tamaño de BP.

Forma	Esfera
Tamaño	0,68 (plg) o 17(mm) de diámetro

Dentro de los diferentes tipos de aspas, se observó que para un sistema de esferas, y debido a que no se necesita un gran movimiento, ni que estén en rotación constante, un aspa de mínima superficie será la mejor opción, dentro de lo que se tendrá:

- Aspa de cara plana
- Aspa de cara Inclinada
- Aspa cilíndrica

3.5.4.1.1. Aspa de cara plana.

Es aquella, que tiene una gran superficie de contacto, por lo que genera un gran movimiento, pero a su vez necesita de mayor energía, ya que a mayor superficie, mayor contacto, y mayor carga como se muestra en la figura (80).

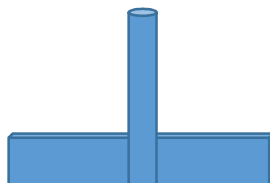


Figura 80. Aspa de cara plana

3.5.4.1.2. Aspa de cara inclinada.

Es utilizada generalmente para alimentos y líquidos espesos, ya que posee una gran superficie y su inclinación permite que su contenido no solo se mueva axialmente, sino que también este sea alzado o elevado como la que se muestra en la figura (81).

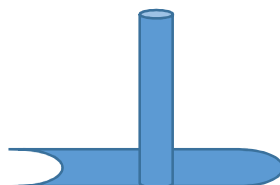


Figura 81. Aspa de cara inclinada.

3.5.4.1.3. Aspa cilíndrica.

Se utiliza cuando la necesidad de mezcla no es alta y se requiere un movimiento continuo del contenido. Es considerada la de menor impacto ya que posee la menor superficie de contacto con el contenido a mezclar como se ve en la figura (82).



Figura 82. Aspa cilíndrica.

3.5.4.2. Selección del tipo de aspa para el sistema de rotación de BP.

Se hará una selección de acuerdo a las necesidades para el aspa, que serán:

- El aspa debe poder realizar el movimiento de las BP., cada cierto periodo.
- El aspa ayudara al sistema de dosificación.
- El aspa deberá evitar aplastamientos o cortes.
- El aspa brindara a las BP., un entorno amigable.

Se procederá en base a las necesidades para el aspa, a realizar un análisis de ventajas y desventajas para cada tipo de aspa y poder seleccionar cual será la que mejor cumpla con las necesidades como se muestra en la tabla (50).

Tabla 50.

Análisis de ventajas y desventajas para el aspa del sistema de rotación de BP.

	Aspa cara plana	Aspa cara inclinada	Aspa cilíndrica
VENTAJAS	-Gran rotación	-Descompone el empuje en direcciones horizontal y vertical	-Ambiente amigable debido a la misma forma de las bolas -Bajo impacto en la rotación -Superficie de contacto mínima -No posee caras planas
DESVENTAJAS	-Gran superficie de contacto -Puede provocar cortes por las esquinas y superficies rectas -Requiere mayor potencia debido a que posee un gran arrastre	-Gran superficie de contacto -Puede provocar cortes por las esquinas y superficies rectas	-No se encontraron desventajas aparentes para este diseño

3.5.4.2.1. Conclusión.

El aspa cilíndrica cumpliría de sobremanera con la necesidad de agitar o reorganizar las BP., ya que no se requiere que se encuentre en constante movimiento, y causa el menor impacto debido a su mínima área de contacto.

3.5.4.3. Análisis del aspa cilíndrica.

La relación que se forma entre dos circunferencias o cuerpos redondos, es muy importante para el diseño del aspa, ya que si esta es de un diámetro mayor que las BP.,

es probable que se den trabas, rotura de las bolas, aplastamientos, etc. El estudio del tamaño apropiado en base a las suposiciones de los puntos de contacto de estos permitirá realizar un estudio y selección apropiada para el tamaño del aspa.

Como en la figura (83), cuando la distancia entre los centros de las circunferencias, es igual a la suma de los radios, se formara un punto de contacto. Este punto formado en la unión de las circunferencias toma el nombre de "Punto de tangencia", y es tangencial a la línea formada por los radios de la esfera.

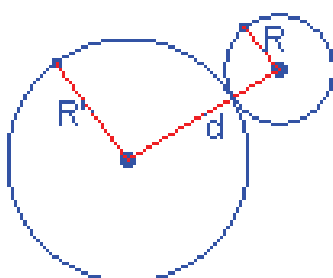


Figura 83. Relación entre dos circunferencias.

3.5.4.3.1. Demostraciones circunferencias.

Si se tiene dos circunferencias del mismo radio, unidas en un punto de tangencia, y ubicadas en una superficie plana horizontal, como en la figura (84); se tendrá que las reacciones de las circunferencias, en el punto de contacto sean horizontales.

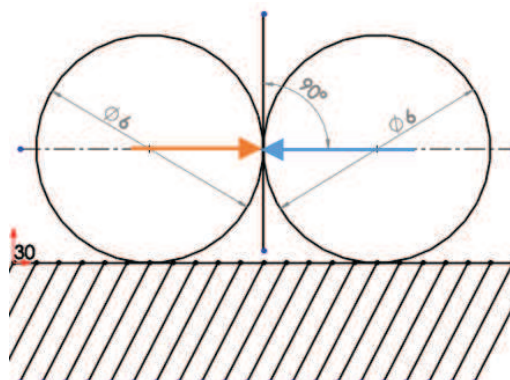


Figura 84. Reacciones en dos circunferencias del mismo radio.

Si se tiene dos circunferencias en contacto y una es de diferente radio, como en la figura (85); el punto de tangencia se desplazara de acuerdo a los radios, dando que la línea imaginaria perpendicular a los radios se incline y las reacciones de las esferas en el punto de contacto sean compuestas, teniendo reacciones en 2 ejes.

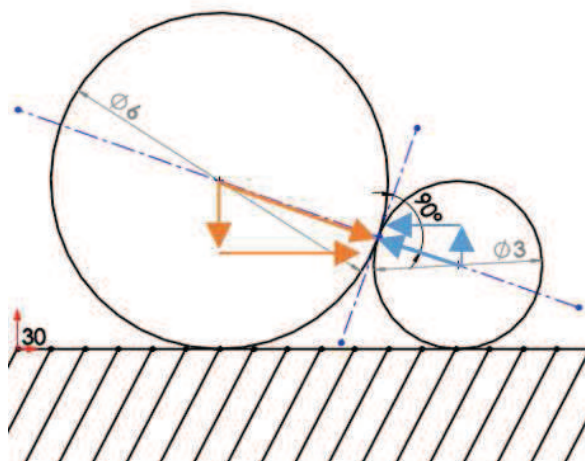


Figura 85. Reacciones en dos circunferencias de distinto diámetro.

3.5.4.3.2. Selección del diámetro del aspa giratoria.

Para la selección del diámetro apropiado para el aspa giratoria del sistema de reordenamiento de BP., se hará la selección a partir de 2 casos de diferentes diámetros y analizando cuál sería su comportamiento con las bolas de pintura.

- Aspa cilíndrica de igual diámetro que las BP.
- Aspa cilíndrica de diferente diámetro que las BP.

3.5.4.3.2.1. Aspa cilíndrica de igual diámetro que las BP.

Si el aspa cilíndrica es de igual diámetro que las B.P., las reacciones que se tendrán entre el aspa y las BP., será para un estudio estático utilizando la ecuación (9):

$$\sum F = m * a$$

Donde debido a que el sistema se encuentra en equilibrio, se asume que no hay aceleración y por tal, esta es igual a cero.

$$\sum F = 0$$

Para un análisis de este tipo, como se ve en la figura (86), se tendrá una fuerza ejercida por el aspa (F. Aspa) y por tal una reacción de las BP. (Reacción BP).

$$\sum F = 0$$

$$F. Aspa - Reaccion BP = 0$$

$$F. Aspa = Reaccion BP$$

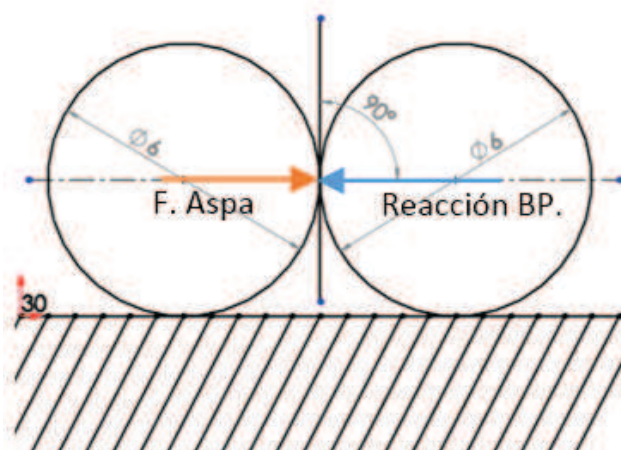


Figura 86. Fuerzas entre el aspa y las BP., del mismo radio.

La fuerza (F. Aspa), deberá ser mayor a la reacción que ofrecen las BP., para provocar movimiento. El problema radica en que la fuerza solo es en una dirección y va a empujar las BP., en una dirección horizontal, pero sin garantizar las que se encuentren en otras posiciones.

3.5.4.3.2.2. Aspa cilíndrica de diferente diámetro que las BP.

Si el aspa circular es de cualquier diámetro diferente a las B.P., se tendrá un sistema complejo de fuerzas, y reacciones, bajo las cuales va a estar sujeta las BP., se lo podrá analizar haciendo un estudio con la ecuación (9).

$$\sum F = m * a$$

Debido a que el sistema se encuentra en equilibrio, se asume que no hay aceleración y por tal, esta es igual a cero.

$$\sum F = 0$$

Para un análisis de este tipo, como se ve en la figura (87), se tendrá una fuerza ejercida por el aspa (F. Aspa) y por tal una reacción de las BP. (Reacción BP).

$$F. Aspa - Reaccion BP = 0$$

$$F. Aspa = Reaccion BP$$

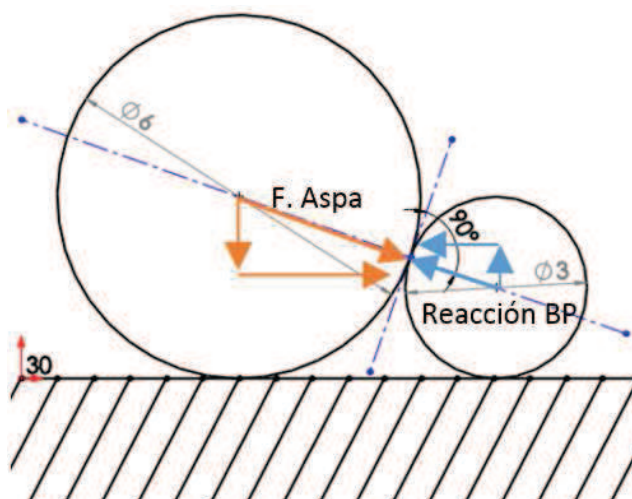


Figura 87. Fuerzas entre el aspa y las BP., de diferente diámetro.

Ahora bien, las reacciones son las mismas, pero las fuerzas se descomponen en el sistema de coordenadas, como se puede ver en la figura (88).

$$F = F_x + F_y$$

Las componentes de la fuerza F, son igual:

$$F_x = F * \sin \theta \quad (20)$$

$$F_y = F * \cos \theta \quad (21)$$

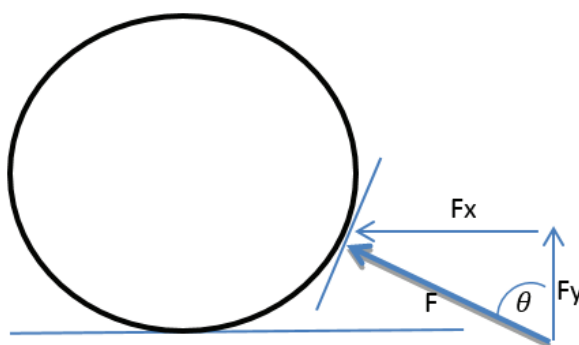


Figura 88. Componentes en (X) y (Y), de la fuerza de reacción de las BP.

El valor de estas reacciones, y en especial, hacia cual dirección tendera su aplicación va a estar estrechamente relacionada con este ángulo (θ).

Esto es importante ya que no solo es necesario empujar las bolas, sino también de poder alzarlas y reacomodarlas, caso contrario, el aspa podría aplastarlas y generaría cortes o bolas amorfas, no aptas para el juego.

Ahora por trigonometría se tendrá:

$$\sin \theta = \frac{\text{Cat. opuesto}}{\text{hipotenusa}} \quad (22)$$

$$\cos \theta = \frac{\text{Cat. adyacente}}{\text{hipotenusa}} \quad (23)$$

Para que las reacciones sean iguales tanto en el eje (X) y (Y), debe por tal el valor del seno y del coseno del ángulo (θ), iguales para poder tener el mismo valor en cualquier dirección.

Despejando la hipotenusa de la ecuación (22) y de la ecuación (23), eh igualando.

$$\frac{\text{Cat. opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{\text{Cat. adyacente}}{\text{hipotenusa}}$$

Para que la fuerza sea distribuida de mejor manera, los vectores de la fuerza tanto en el eje X como en el eje Y deben ser iguales, como en la figura 89, para esto se debería tener un triángulo de fuerzas equilátero eh isósceles, con ángulos iguales, para que las fuerzas en ambos sentidos sean iguales.

$$\sin \theta = \cos \theta$$

La suma de los ángulos del triángulo de la figura (89), da:

$$\theta + \theta + 90^\circ = 180^\circ$$

$$2\theta = 90^\circ$$

$$\theta = 45^\circ$$

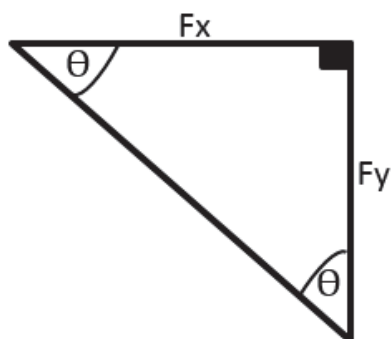


Figura 89. Triangulo de fuerzas de la reacción de las BP.

La fuerza en el eje x deberá ser un poco mayor, por lo que se debe limitar el ángulo (θ) a un rango, donde siempre se tenga que el eje axial sea mayor o igual al eje radial, siendo el ángulo (θ), de 45 a 90 grados, ya que en 90 grados el seno es igual a 1, desapareciendo la componente en y.

3.5.4.3.2.3. Conclusión.

Para la construcción del aspa, se debe partir con el diámetro de las BP., el cual ya se especificó un promedio de 0,68 pulgadas (tabla 29), se podrá construir un aspa de hasta ½ pulgada de diámetro, la cual se encuentra dentro del análisis, ya que proveería un ángulo (θ) de cerca de 80 grados, y además es de fácil adquisición debido a que es una medida estándar de varilla de acero.

3.5.5. Análisis de esfuerzos del aspa del sistema de rotación de BP.

Se hará un análisis de esfuerzos, matemático y simulado, con el cual se conocerá, si la medida seleccionada puede satisfacer el funcionamiento del aspa giratoria del sistema de rotación de BP.

Para comenzar el análisis, se procederá a realizar un diagrama de cuerpo libre, donde se indicaran las fuerzas que actúan en el aspa como se muestra en la figura (90).

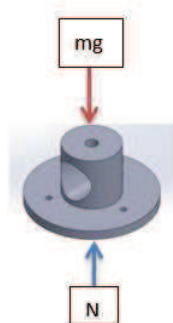


Figura 90. Diagrama de cuerpo libre del soporte del aspa giratoria del sistema de rotación de BP.

Tanto en el eje X, como en el eje Y, no existen desplazamientos ni movimientos, por lo que se puede asumir claramente que el cuerpo se encuentra en reposo y por tal se tendrá.

$$\sum F = m * a$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum Fy = 0$$

Si bien el cuerpo se encuentra en reposo va a tener una masa en su interior, cuando se encuentre llena de B.P., por lo que se puede despejar las fuerzas que actúan en el eje de las Y.

$$\sum Fy = \text{Peso BP} - F. \text{Reaccion}$$

$$\text{Peso BP} - F. \text{Reaccion} = 0$$

Con lo cual, despejando de la sumatoria de fueras del diagrama de cuerpo libre de la figura 90, se tendrá:

$$\text{Masa} * \text{gravedad} - \text{normal} = 0$$

$$m * g - N = 0$$

$$N = m * g \quad (24)$$

Despejando de los valores obtenidos se tendrá:

$$N = 20(Kg) * 9,8 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$N = 196 \left(Kg \frac{m}{s^2} \right) = 196 \text{ Newtons}$$

Para poder manejar este valor se hace una transformación a KgF, con lo cual

$$196 N \left| \frac{1KgF}{9,8N} \right. = 20 KgF$$

Con lo que se puede hacer un análisis de esfuerzo clásico utilizando la ecuación (17), debido a la simplicidad de la base soporte del aspa giratoria, con lo cual se tendrá:

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

Donde el área, va a ser igual al diámetro de la base principal del sistema, cabe recalcar que en la parte superior, va a tener un pequeño roscado para un perno de sujeción por lo que esta área debe ser restada.

$$A = AM - Am \quad (25)$$

De la ecuación (15), se sabe que el área de una circunferencia es igual:

$$A. \text{Circulo} = \pi * r^2$$

Con lo que despejando de la ecuación (17) se tendrá:

$$\sigma = \frac{F}{\pi * (r_1^2 - r_2^2)}$$

Para pasar a unidades de manejo de esfuerzos, se transformara los 20 Kgfs a lbf.

$$20(Kgf) \left| \frac{2,2lbf}{1Kgf} \right. = 44lbf$$

Despejando

$$\sigma = \frac{44(lbf)}{\pi * ((0,70862)^2 - (0,11812)^2)}$$

$$\sigma = \frac{44(lbf)}{\pi * ((0,70862)^2 - (0,11812)^2)}$$

$$\sigma = 28,61 \left(\frac{lbf}{plg^2} \right) = 28,61 \text{ psi}$$

Utilizando la ecuación (19), para el factor de seguridad o confiabilidad, se tiene:

$$nd = \frac{\text{Resistencia de perdida de la funcion}(s)}{\text{Esfuerzo permisible}(\sigma)}$$

Se utiliza el límite elástico del material como la función de pérdida, debido a que el cilindro no va a estar sometido a movimiento ni ciclos de trabajo, sino más bien, va a soportar esfuerzos, por lo que va a tener deformación.

Por manejo de unidades, se procede a transformar los 0,4(psi) a pascales.

$$28,61\text{psi} \left| \frac{6894,75\text{Pa}}{1\text{psi}} \right. = 197344,62\text{Pa}$$

$$197344,62\text{Pa} \left| \frac{0,000001\text{MPa}}{1\text{Pa}} \right. = 0,197\text{MPa}$$

$$nd = \frac{170(\text{MPa})}{0,197(\text{MPa})} = 862,94$$

3.5.5.1. Conclusión.

El material al igual que el diseño que se ha realizado, cumple de sobremanera, con el funcionamiento que se desearía, brindando la seguridad, y dando un margen de seguridad elevado, lo que implica que no existirá inconvenientes con el funcionamiento.

3.5.6. Cálculo de Momento torsor y potencia del aspa de rotación

Se realizará el cálculo del momento de torsión en el aspa del sistema de rotación como se muestra en la figura (91), para poder calcular la potencia requerida para el funcionamiento, y obtener el dimensionamiento del motor.

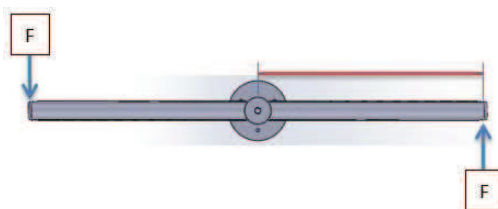


Figura 91. Aspa del cilindro de rotación, con cargas de torsión.

Donde el momento de torsión (M) es igual a la fuerza (F) ejercida multiplicada por el brazo de palanca o distancia (d). (Tippens, 2011)

$$M = F * d \quad (26)$$

En el cilindro de almacenamiento, el peso máximo de BP., será igual a carga ejercida, por el número máximo de bolas que deben ser almacenadas o igual 20 Kg.

La masa de las BP., se va a distribuir hacia las paredes y también en todos los puntos de contacto con el aspa, la que recibirá fuerzas de empuje de todas las direcciones, y por lo tal reacciones, con lo que el esfuerzo que caiga sobre el aspa, o que esta deba de realizar, no será completo sino que se podría asumir que estaría dividido para cada punto de contacto y cada interacción.

Para poder realizar un cálculo, la fuerza se puede concentrarse como si se ejerciera en lugares específicos del aspa como se muestra en la figura (92), y para poder realizar un manejo de masa más elevado, se supondrá que toda la carga se distribuye en dos puntos de contacto como en la ecuación (27).

$$M. Aplicada aspa = \frac{Masa\ maxima\ BP}{2} \quad (27)$$

Previamente ya se estableció 20 (Kg) como la masa máxima del cilindro de almacenamiento.

$$M. Aplicada aspa = \frac{20(Kg)}{2}$$

$$M. Aplicada aspa = 10 (Kg)$$

Se supondrá que el cuerpo del eje y el aspa, son un solo cuerpo, debido a que son construidas del mismo material y con los mismos tratamientos.

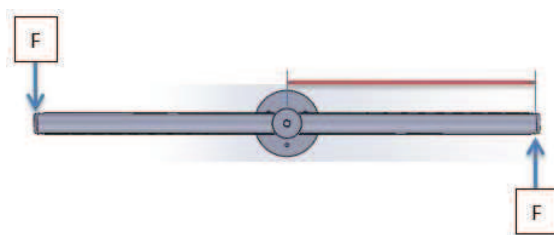


Figura 92. Cargas de BP, concentradas en el aspa de rotación de BP.

Para el cálculo de la fuerza que se aplica en el aspa, se tiene la masa aplicada en el aspa.

$$F = 10(Kg) * 9,8 \left(\frac{m}{s^2}\right)$$

$$F = 98 \left(Kg \frac{m}{s^2}\right) = 98 \text{ Newtons}$$

Utilizando la ecuación (26), para momento o par torsor, se puede despejar tanto los valores de fuerza como de distancia al punto de aplicación de la masa, la cual va a ser de 150(mm), debido a que el cilindro en su parte interior es de 160(mm) de radio.

$$\tau = 98(N) * 0,15(M)$$

$$\tau = 14,7(N * m)$$

Donde se puede realizar una transformación de unidades de potencia, para un mejor manejo de unidades.

$$14,7 N * m \left| \frac{1W * seg}{1N * m} \right. = 14,7 W * seg$$

Se podrá obtener la potencia instantánea requerida, para poder hacer que el aspa puede mover o rotar la masa de BP., ubicada dentro del cilindro de almacenamiento.

$$P. \text{instantanea} = \frac{P}{T} \quad (28)$$

Donde (P) es igual a la potencia calculada en segundos, mientras que (T), es el tiempo en el cual se quiere conocer la potencia ocupada.

$$P. \text{instantanea} = \frac{14,7(W * seg)}{1(seg)}$$

$$P. \text{instantanea} = 14,7 W$$

Para el diseño del aspa giratoria se utilizara un motor de 12 Vdc, con sistema de

engranaje de alto torque, el cual es de fácil adaptación, con lo que se procederá a demostrar si este motor cumple o no con la potencia necesaria.

Por especificaciones del motor, se tiene que su máxima corriente de consumo va a ser igual a 3,5 (A), funcionando a 12 V dc. La potencia del motor será igual:

$$P = V * I$$

$$P = 12(Vdc) * 3,5(A)$$

$$P = 42 (W)$$

Se utilizara la ecuación (19), en la cual para conocer si el motor cumple con la potencia necesaria, se utilizara como dato de perdida de la función a la potencia calculada del motor, y como dato permisible a la potencia necesaria para hacer poder girar el aspa.

$$nd = \frac{\textit{perdida de la funcion}}{\textit{Esfuerzo permisible}}$$

$$nd = \frac{42(W)}{14,7(W)} = 2,85$$

3.5.6.1. Conclusión.

El motor seleccionado da un factor de seguridad, de casi el triple de la capacidad necesaria, haciéndolo óptimo para su uso en esta aplicación.

3.5.7. Análisis de esfuerzos simulado del aspa de rotación de BP.

Para el análisis de esfuerzos de este sistema, se utilizara el programa de dibujo técnico asistido tipo CAD/CAE, Solidworks 2013 profesional, con su herramienta de simulación para esfuerzos por medio del método de elementos finitos.

En la figura (93), se muestra el dibujo del aspa diseñada para el mecanismo de rotación y que será utilizada en el análisis de esfuerzo simulado.

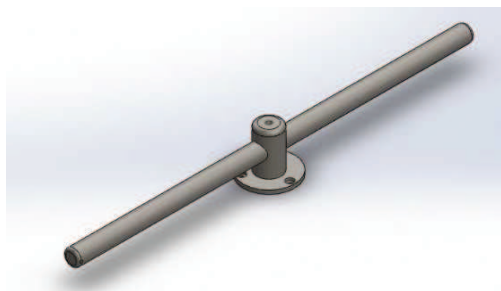



Figura 93. Diseño del aspa de rotación de BP.

Se realizó el ambiente controlado de la estructura, especificando las características de esta, donde se incluían los materiales utilizados, las formas, tamaño de las platinas utilizadas, las sujeciones, los diferentes elementos que la componen, y los puntos donde va a existir cargas.

Tabla 51.

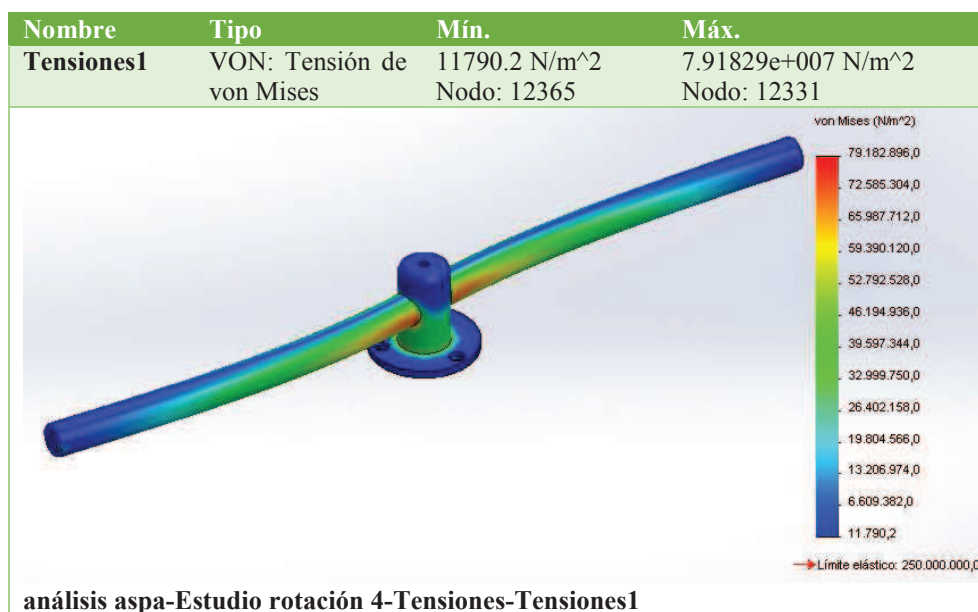
Propiedades del aspa de rotación de BP., (ambiente controlado).

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: $2.5e+008 \text{ N/m}^2$ Límite de tracción: $4e+008 \text{ N/m}^2$ Módulo elástico: $2e+011 \text{ N/m}^2$ Coeficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m^3 Módulo cortante: $7.93e+010 \text{ N/m}^2$	Sólido 1(Saliente-Extruir6)(análisis aspa)
Datos de curva:N/A		

En la tabla (52 y 53), se mostraran los resultados obtenidos en el análisis simulado de esfuerzos para el aspa de rotación de BP., y con esto poder conocer el comportamiento que esta tendrá bajo cargas estimadas.

Tabla 52.

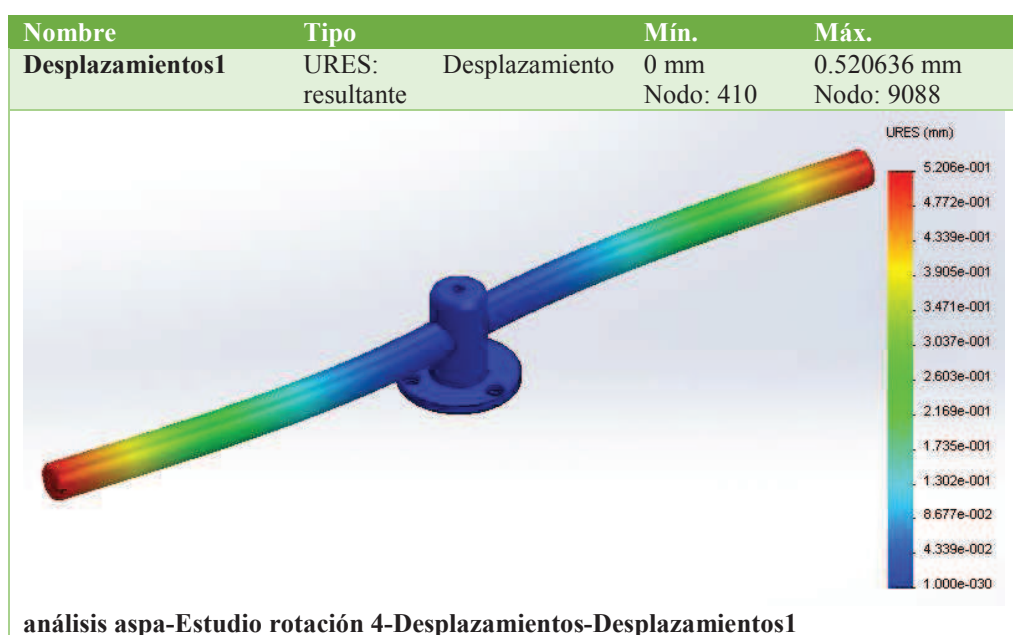
Tensiones sobre el aspa de rotación de BP.



Como se puede observar en la tabla (52), las tensiones máximas a las que podría llegar la estructura del cilindro de almacenamiento, serán de hasta 79(MPa), en materiales como el acero A36 que tienen límites elásticos de 170 a 250 (MPa).

Tabla 53.

Desplazamientos del aspa de rotación de BP.



3.5.7.1. Conclusiones.

Del análisis de esfuerzos simulado por medio del programa Solidworks, se pudo concluir:

- El acero A36, cumple sin ningún problema con el diseño y función del aspa de rotación, debido a que para la carga a la que va a ser sometida, de 20(KgF), no se llega ni cerca al límite elástico, teniendo deformaciones máximas inferiores a 0.5(mm).
- Al igual que en el análisis de esfuerzos, en el análisis simulado el diseño del aspa de rotación de BP., permite el buen funcionamiento, sin comprometer ningún elemento y con un margen de seguridad alto.

3.6. Diseño de la estructura principal.

Para la estructura principal, se debe de considerar diferentes opciones de diseño, y poder realizar la selección del más apropiado a las necesidades de los usuarios y de la máquina.

3.6.1. Diseños de la estructura principal.

Se va a proceder con 3 modelos de estructuras bases, que previamente fueron diseñadas, y que cumplen principalmente con los requerimientos de la estructura que serán los siguientes:

- Soportar el cilindro de almacenamiento y conservación de las B.P.
- Integrar el sistema de almacenamiento con el sistema dosificador.
- Mantener dentro de sí, los instrumentos del sistema de control de la máquina.
- Permitir que el sistema de dosificación de B.P., de manera directa o en la base giratoria funcionen correctamente.

Dentro de las propuestas de diseño para la estructura base de la maquina se tendrá:

- Estructura principal con base giratoria centrada.
- Estructura principal con base giratoria en un costado.

- Estructura principal con base giratoria externa.

3.6.1.1. Estructura principal con base giratoria centrada.

Con este diseño de estructura base, se trata de hacer que en el centro de la base principal del equipo se encuentre montado la base giratoria y forme parte de la estructura, además que en el mismo frente se localizaría el panel de control, haciendo que el usuario de la maquina la utilice de manera directa desde un solo lado y sin hacer más movimientos como se puede observar en la figura (94).

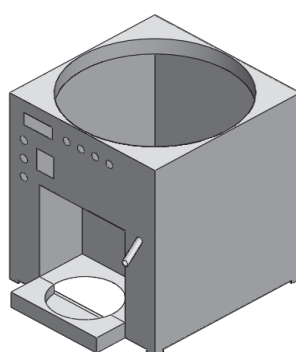


Figura 94. Estructura principal con base giratoria centrada.

3.6.1.2. Estructura principal con base giratoria a un costado.

En el diseño se permite que la maquina sea un solo cuerpo, además de la reducción del tamaño de la base ya que al ubicarse en un lado el cuerpo de la base giratoria, ingresaría un cuarto de la base giratoria en vez de ser la mitad de esta, además al ubicarse a un costado permite ubicar el panel de control en un frente más amplio y sin interrupciones como se observa en la figura (95).

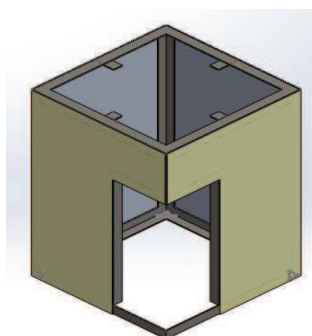


Figura 95. Estructura principal con base giratoria a un costado.

3.6.1.3. Estructura principal con base giratoria externa.

En el diseño como se observa en la figura (96), se optimiza el espacio destinado al panel de control de la máquina, haciendo que la distribución de los botones, luces, alarmas y HMI, sea más amplia y de mejor manejo para el usuario, pero haciendo que la máquina se divida en dos cuerpos.

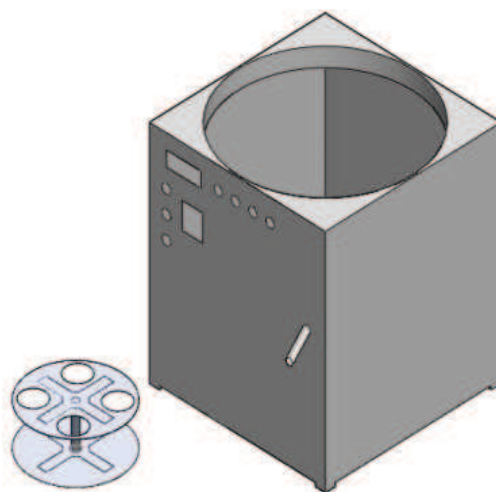


Figura 96. Estructura principal con base giratoria externa.

3.6.1.4. Selección de la estructura principal.

Para seleccionar la mejor de las opciones se hará una matriz morfológica, donde el diseñador podrá observar de mejor manera las características de cada diseño, junto con apreciaciones para poder realizar una mejor selección.

Cabe recordar que para realizar la matriz morfológica de la selección de la estructura principal, tanto los diseños, como los elementos criterios utilizados fueron realizados de acuerdo al criterio del diseñador, y por lo que él considera como más adecuado para la estructura principal de la máquina.

Tabla 54.

Matriz morfológica de la selección de la estructura principal.

SISTEMA Control de almacenadora, dosificadora automática B.P.			
ÍTEM: Estructura principal	Estructura con base giratoria centrada	Estructura con base Giratoria en un costado	Estructura con base giratoria externa
GRAFICO			
VENTAJAS	La máquina es un solo cuerpo	Reduce el tamaño de la base ya que utiliza una esquina de esta.	la base principal se dedica solo al control
	el usuario maneja de un solo frente	el usuario tiene una mayor área para control	permite el uso de la base solo para la instalación de equipos de control
	la base giratoria ayuda al soporte de toda la estructura	esta separado dentro de la maquina el panel de control, del sistema de llenado	la maquina facilita su mantenimiento
DESVENTAJAS	la base giratoria utiliza un espacio muy grande en la maquina	Requiere una estructura un poca más elaborada	divide a la maquina en dos cuerpos
	se reduce el área designada al panel de control	la disposición de la maquina es diagonal	el sistema de llenado debe ser más elaborado
	aumenta el tamaño de la base para permitir el ingreso de la base giratoria de 24cm de diámetro		la base giratoria tendría un menor protagonismo en la maquina

3.6.1.4.1. Criterios a evaluar.

Una vez con la matriz morfológica, se seleccionara los criterios a evaluar para los diseños. Los criterios a evaluar en la matriz de valoración van a tener diferentes

valores, los cuales sumados deben dar 100 puntos, haciendo con esto que el valor más alto sea el que cumpla mejor con los requisitos.

Los criterios a ser evaluados son:

- **Manufactura:** Es importante el considerar la manufactura de la estructura, ya que con esto se puede conocer, cuan fácil es construir y cuantos pasos se necesitara para obtener el producto final. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando sea más fácil de construir y el valor más bajo cuando sea el más complejo de manufacturar o armar, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Mantenimiento:** El mantenimiento es fundamental para preservar y garantizar una larga vida útil de la estructura diseñada. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando la estructura sea más fácil de realizar mantenimiento y cero el que presente mayor complejidad en su mantenimiento o arreglo, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Costo:** El costo de los materiales y además de la construcción de la estructura base, debe ser lo más rentable ya que no se debe de encarecer los costos de la máquina. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando la estructura sea más barata de construir y cero el de mayor valor económico, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Tamaño:** El tamaño de la máquina, dependerá en gran manera del tamaño de la base, por lo que, una base que este bien diseñada, y con un tamaño que satisfaga las necesidades, hará de la maquina más eficiente. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando la estructura sea de un tamaño relativamente más pequeño, y cero el de mayor tamaño, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Funcionalidad:** La funcionalidad de la estructura radica en que satisfaga todas las opciones de manejo de la máquina. Mientras más funcional y práctica sea la estructura, más fácil será acoplar todos los sistemas a esta. A este criterio se

asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando la estructura sea la más óptima y cero el de menor funcionalidad.

- **Masa:** Debido a que cada diseño es diferente, la masa de la estructura va a variar de una a otra. La masa del diseño es importante ya que hace que la maquina sea más fácil de transportar o de manejar. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando la estructura sea más ligera, y cero cuando la estructura posea mayor masa.

Tabla 55.

Criterios a evaluar para la selección de la base principal.

Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Manufactura	M	15
3	Mantenimiento	MT	15
4	Costo	C	15
5	Tamaño	T	20
6	Funcionalidad	F	20
7	Masa	MA	15
			100

Una vez asignado los valores de cada criterio, se podrá hacer a evaluación a cada diseño para con esto seleccionar el que sea el más apropiado como se ve en la tabla (56).

Tabla 56.

Criterios evaluados de la selección de la estructura principal.

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS							
		TIPOS	MA	MT	C	T	F	MA	TOTAL
Estructura Maquina	Estructura base	con Base giratoria centrada	14	12	14	15	16	13	84
		Con base giratoria a un costado	13	13	14	19	18	13	90
		Con base giratoria externa	12	14	12	12	14	10	74

Como se observa en la figura (97), la estructura principal con base giratoria a un costado, es aquella que obtiene el mayor puntaje en la evaluación de criterios para la selección.

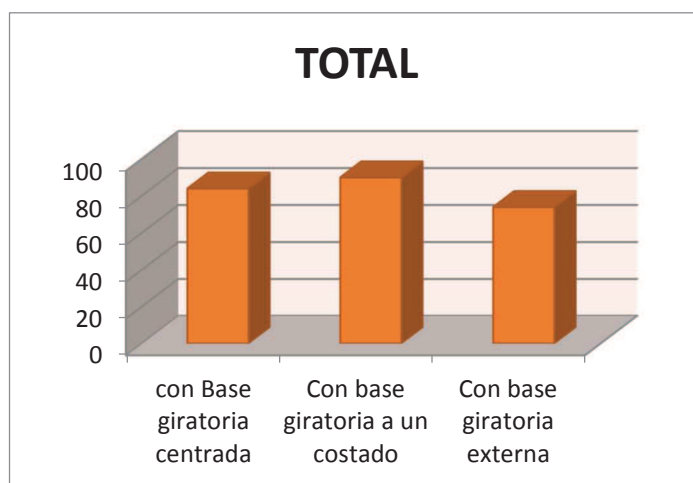


Figura 97. Resultados de los criterios evaluados para la selección de la estructura principal.

3.6.1.4.2. Conclusión.

El diseño de una estructura con base giratoria en un costado, permite que el área designada hacia el control de la máquina donde se va a localizar un HMI, botones y luces sea más amplia y cómoda, haciendo de la máquina de un manejo más simple reduciendo el tamaño de la máquina, siendo por tal el diseño más óptimo.

3.6.2. Análisis de esfuerzos simulados estructura principal.

Se realizó el análisis de esfuerzos simulado de la estructura principal, como se puede observar en la figura (98), con el uso del programa de dibujo asistido tipo CAD/CAE, Solidworks 2013 profesional, en el cual por medio de la herramienta de simulación de esfuerzos, se puede predecir comportamientos de elementos dibujados en un ambiente controlado.

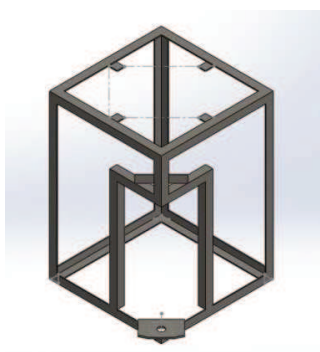



Figura 98. Estructura de la base principal para el análisis de esfuerzos simulados.

Es necesario realizar el dibujo 3D, como de la figura (98), en un ambiente controlado donde se ubica el tipo de material, las sujeciones, los puntos o áreas de las cargas, con lo cual, el programa puede realizar un mallado del elemento, y determina, que partes o puntos, son aquellos donde se van a localizar los mayores esfuerzos y por tal son los más susceptibles de daños.

Tabla 57.

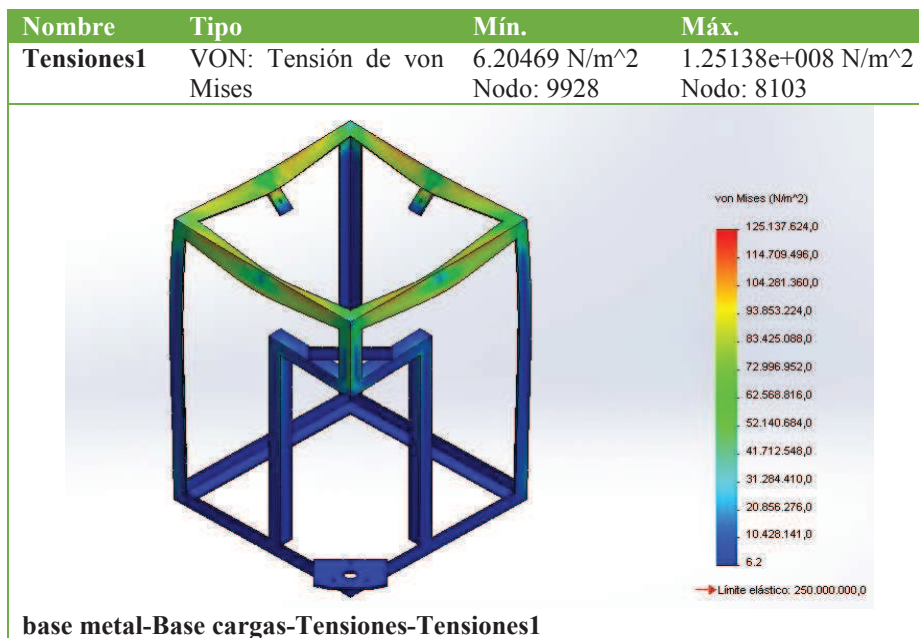
Propiedades de la estructura principal de la máquina de BP.

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	ASTM A36 Acero	Sólido 1(Taladro de margen para M41)(base metal)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido	
	Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²	
	Límite de tracción:	4e+008 N/m ²	
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson:	0.26	
	Densidad:	7850 kg/m ³	
	Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²	
Datos de curva:N/A			

En las tablas (58 y 59), se muestran los resultados obtenidos de la simulación de esfuerzos en el programa de diseño Solidworks, con su aplicación por medio de elementos finitos para predecir reacciones ante cargas o fuerzas aplicadas en algún elemento.

Tabla 58.

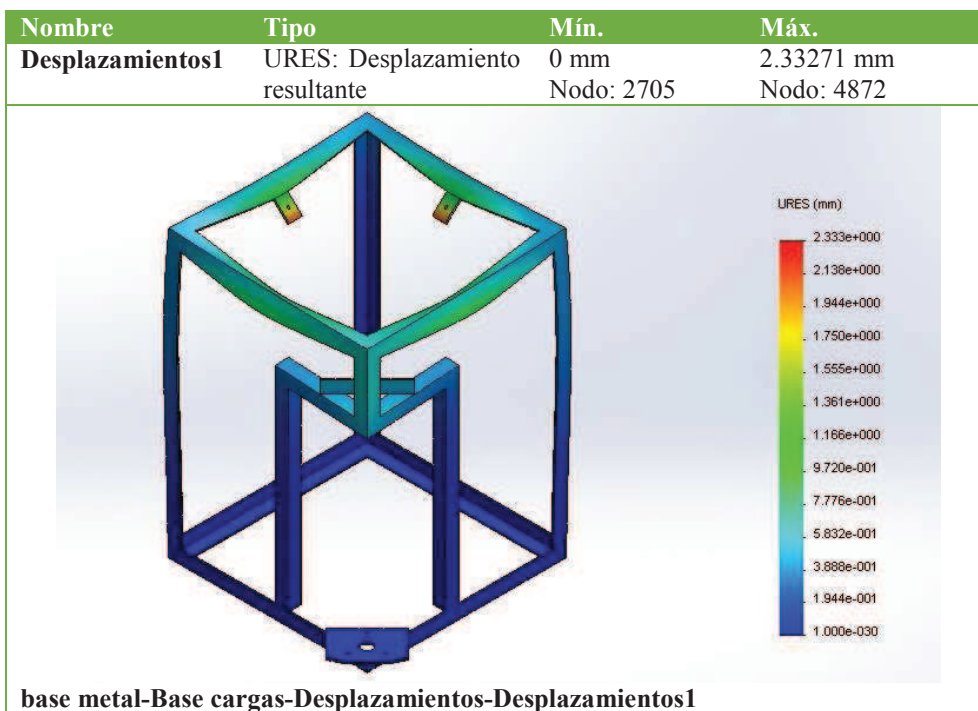
Tensiones en la estructura principal de la máquina.



La tensión máxima que se va a encontrar en la estructura principal será de 125(MPa), en un material cuyo límite elástico va de 170 a 250(MPa).

Tabla 59.

Desplazamientos de la estructura principal.



Se puede observar en la simulación de desplazamientos, que en las áreas de color rojo, podría llegarse a dar desplazamientos menores a 3(mm), con lo cual se puede decir que va a ser una deformación despreciable o mínima.

3.6.2.1. Conclusión.

Del análisis simulado, se puede observar, que la estructura cumple sin ningún problema, para la carga que va a tener que soportar, y que no va a ser mayor a los 40(Kg), pese a que pueden darse pequeñas deformaciones con el uso de la máquina y a máxima carga, esta no va a tener ningún problema para soportar y trabajar en esas condiciones.

3.7. Diseño base giratoria de pods.

Dentro de los requerimientos del equipo, existe la necesidad de realizar la carga de las B.P., de manera directa, ya sea esto a cualquier envase contenedor, o de manera seguida, siendo esta hacia una base giratoria, en la cual se pueda vaciar BP., en pods, sin que el usuario este pendiente del equipo.

3.7.1. Características de los Pods.

Para comenzar el diseño de la base giratoria, es necesario conocer las características de los pods a utilizar, ya que dependiendo de la marca, va a ver variaciones en su tamaño y a su vez también diferente cantidad de B.P., que pueden almacenar cada uno.

Existen diferentes marcas de paintball las cuales se dedican a la creación y producción de pods, dentro de las cuales son:

- Dye
- Empire
- GXG

De las 3 marcas descritas anteriormente, el diseño de la base giratoria se basara principalmente para los pods de la marca GXG, por las siguientes características:

- Pods en plástico transparente de alto rendimiento.
- Tamaño estándar para ser utilizado en cualquier hardness de paintball.
- Su costo es el más bajo de los existentes en el mercado.

Los pods de la marca GXG, tiene las siguientes medidas:

- Alto: 265(mm).
- Diámetro: 70(mm).
- Diámetro tapa: 72(mm).
- Altura tapa: 5(mm).

3.7.2. Selección del número de pods de la base giratoria.

Para la selección del número de pods de la base, se tomara en cuenta:

- Hacer que la base no sobrepase el 75% del diámetro del cilindro almacenador, esto debido a que si la base es muy grande, dificultaría el diseño.
- El espacio entre cada agujero no debe ser menor a el radio de cada pod, debido a que con esto se garantiza que no haya problemas entre las tapas de los pods, haciendo que circulen sin obstrucciones.

Con lo que se puede hacer la tabla (60) de valores para cada 4 casos que van desde los 3 hasta los 6 pods.

Tabla 60.

Características de diferentes diseños de base giratoria.

Sistema	Ítem	Nuero de pods	Diámetro base(cm)	N. B.P.	Peso(gr)	Peso(Kg)
Base Giratoria	Numero de Pods en base	3	22	420	1150,38	1,2
		4	23	560	1533,84	1,5
		5	26	700	1917,3	1,9
		6	29,5	840	2300,76	2,3

De acuerdo a las condiciones anteriores se puede diseñar una base giratoria:

- Diámetro recipiente contenedor: 320(mm).
- El 75 por ciento de este valor será:

$$V.75\% = 320(mm) * 0.75$$

$$V.75\% = 240 (mm)$$

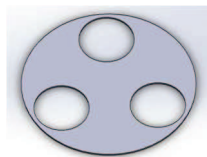
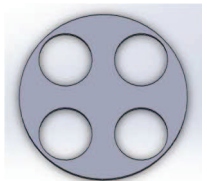
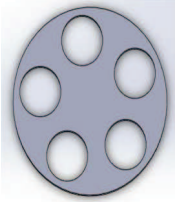
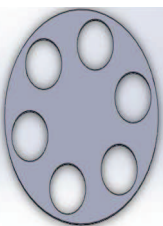
Se podría tener una base giratoria con un diámetro de hasta 240(mm).

3.7.2.1. Selección de la base giratoria.

Se realizara la tabla (61), de la matriz morfológica de las ventajas y desventajas para el diseño de la base giratoria donde se podrá seleccionar, el número de pods máximo, que se podría tener en la máquina para un llenado.

Tabla 61.

Matriz morfológica de la selección de número de pods en la base giratoria.

SISTEMA	Base principal, Sistema de Almacenamiento			
ÍTEM: Base giratoria	3 Pods	4 Pods	5 Pods	6 Pods
GRAFICO				
VENTAJAS	menor tamaño de la base giratoria dosificación más rápida	sigue manteniendo la base con un pequeño tamaño numero estándar para un porta pods(4 pods)	Mayor cantidad de pods llenados permite con una sola orden llenar más pods	Mayor cantidad de pods llenados El operador tiene más tiempo para concentrarse en otras tareas
DESVENTAJAS	Muy baja cantidad de pods surtidos sistema con muy poca utilización	las tapas de los pods pueden generar trabas El sistema no tendría mucho uso	las tapas de los pods pueden generar trabas mayor diámetro de la base giratoria	Peso muy elevado en la base giratoria Diámetro muy grande para la base giratoria

3.7.2.1.1. Criterios a evaluar.

Los criterios a evaluar en la matriz de valoración van a tener diferentes valores, los cuales sumados deben dar una total de hasta 100 puntos, haciendo con esto que el valor más alto sea el que cumpla mejor con los requisitos.

- **Manufactura:** En el sistema de base giratoria, mientras más fácil, practico y funcional resulte su construcción, más económico y útil va a resultar este. A este criterio se asignó un valor de 25 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de manufacturar y cero el de menor facilidad de manufactura de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Seguridad:** Es necesario conocer si el sistema funcionara bien y no va a causar ningún daño con al manipulador o al producto. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más seguro y cero el de menor seguridad de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Mantenimiento:** Es necesario siempre realizar mantenimientos, para poder garantizar el funcionamiento de la base giratoria. A este criterio se asignó un valor de 5 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de poder realizar mantenimiento y cero el que presente mayor complejidad en su mantenimiento o arreglo, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Costo:** El costo de la construcción de este sistema, debe resultar ser lo más rentable posible, para poder disminuir el valor del equipo completo. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más barato en su construcción y cero el de mayor valor económico, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Tamaño:** El tamaño de la base giratoria, es muy importante porque permite disminuir el tamaño del sistema de dosificación, y que este funcione de la mejor manera. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea de menor tamaño y cero el de mayor tamaño, de acuerdo al razonamiento del diseñador.

- **Funcionalidad:** La funcionalidad es importante debido a que debe de satisfacer las necesidades del usuario y en este caso, sería el de realizar la dosificación de bolas de pintura en pods de manera rápida y exacta. A este criterio se asignó un valor de 25 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea el más óptimo y cero el de menor funcionalidad.
- **Masa:** La masa de la base giratoria, junto con la masa de los pods llenos, hacen que la base necesite de más fuerza para girar. A este criterio se le ha asignado un valor de 10 puntos siendo el valor más alto cuando la base sea más ligera, y 0 cuando la base tenga mayor masa.

Tabla 62.

Criterios a evaluar para la selección del número de pods de la base giratoria.

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS								
		TIPOS	M	S	MT	C	T	F	P	TOTAL
Base giratoria	Numero de Pods	3 pods	24	9	5	14	10	10	9	81
		4 pods	23	9	5	14	9	20	8	88
		5pods	20	8	4	13	7	22	6	80
		6 pods	18	7	4	13	7	24	5	78

Los valores obtenidos después de la evaluación se los puede observar de mejor manera en la figura (99).

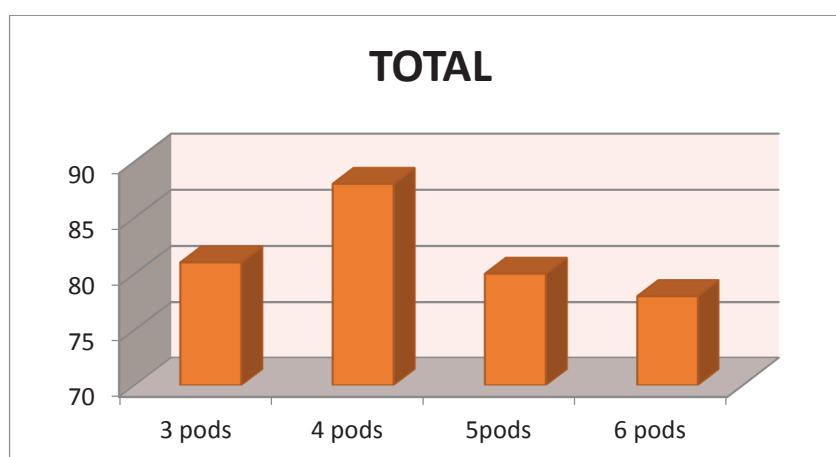


Figura 99. Resultado de los criterios evaluados para el número de pods de la base giratoria.

3.7.2.1.2. Conclusión.

El mejor diseño para la base giratoria va a ser el cual tenga un sistema para 4 pods, debido a que es bien funcional, cumple con las características deseadas, y se mantiene dentro del tamaño deseado para la base rotatoria, con lo cual este es el diseño a elaborar.

3.7.3. Análisis de esfuerzo simulado de la base giratoria de pods.

Se realizó el análisis de esfuerzos simulado de la base giratoria como se puede observar en la figura (100), con el uso del programa de dibujo asistido tipo CAD/CAE, Solidworks 2013 profesional, en el cual por medio de la herramienta de simulación de esfuerzos, se puede predecir comportamientos de elementos dibujados en un ambiente controlado y conocer el comportamiento de estos, ver deformaciones y si tienen la capacidad de soportar las cargas establecidas.

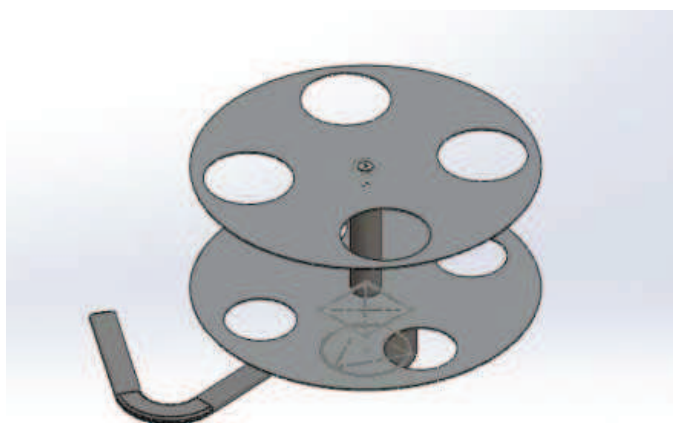
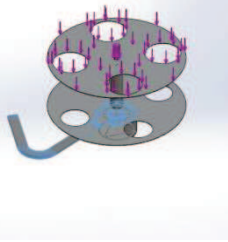


Figura 100. Base Giratoria de pods, para el análisis de esfuerzos.

Es necesario realizar el dibujo 3D, con todas las especificaciones, como son el tipo de material, las sujeciones, los puntos o áreas de las cargas para que el programa puede realizar el mallado del cuerpo o elemento y determina donde se van a localizar los mayores esfuerzos y por tal son los más susceptibles de daños.

Tabla 63.

Propiedades de la base giratoria (ambiente controlado).

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	Nailon 6/10	Sólido 1(Recubrir7)(a cople motor base giratoria- 1)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido	
	Límite elástico:	1.39043e+008 N/m ²	
	Límite de tracción:	1.42559e+008 N/m ²	
	Módulo elástico:	8.3e+009 N/m ²	
	Coefficiente de Poisson:	0.28	
	Densidad:	1400 kg/m ³	
	Módulo cortante:	3.2e+009 N/m ²	
	Coefficiente de dilatación térmica:	3e-005 /Kelvin	
Datos de curva:N/A			

En las tablas (64 y 65), se muestran los resultados obtenidos de la simulación de esfuerzos en la base giratoria de pods, en la cual se puede conocer cuáles han sido los desplazamientos y las tensiones a las que va a estar sometida la base giratoria.

Tabla 64.

Tensiones en la base giratoria de BP.

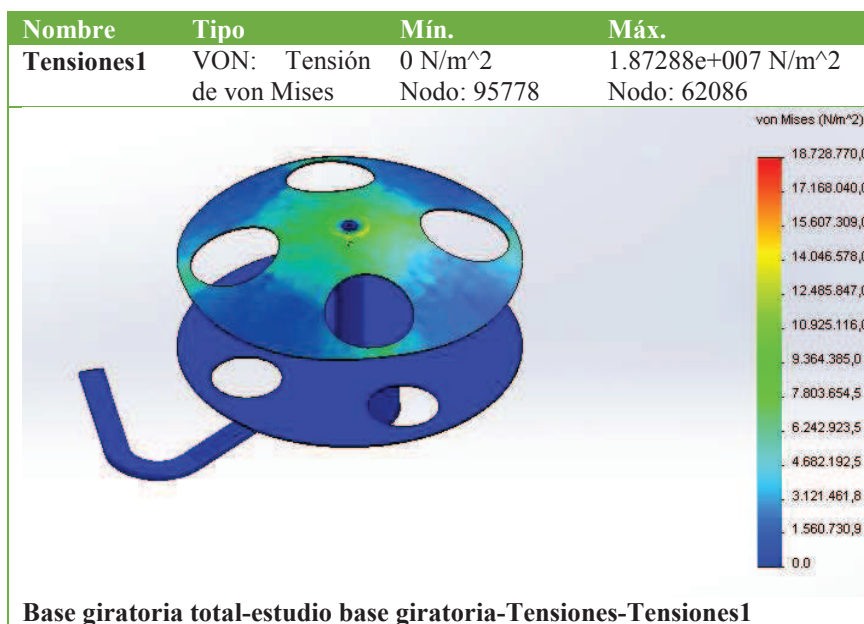
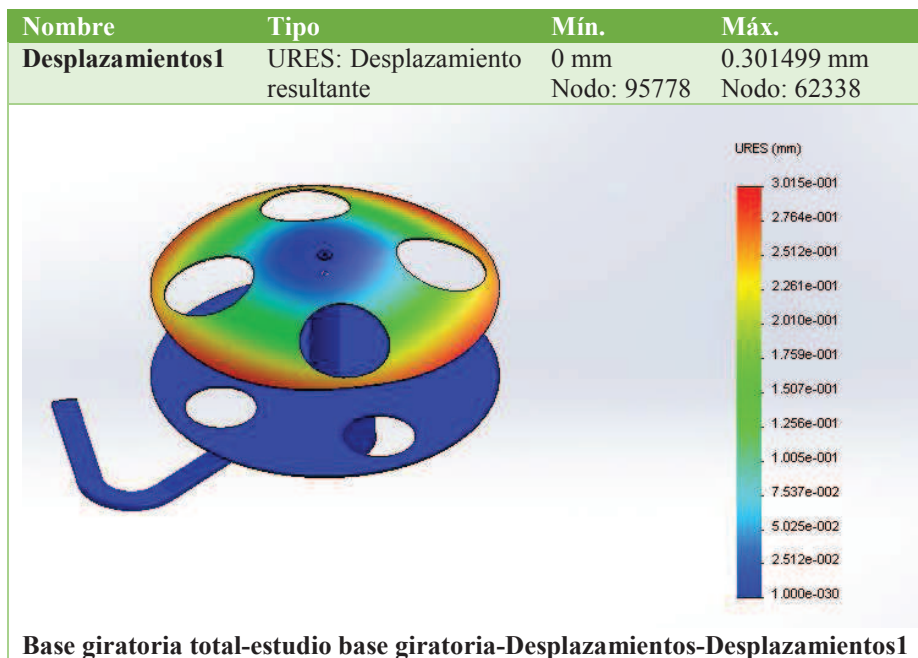


Tabla 65.

Desplazamientos resultantes en la base giratoria de BP.



3.7.3.1. Conclusión.

Como se puede observar en el análisis de esfuerzos simulado, el diseño de la base giratoria, junto con el material seleccionado, hacen que para las fuerzas a las que se va a someter, satisfaga sin ningún problema las necesidades planteadas, además de dar un margen de seguridad muy elevado, llegando al punto de que si existiesen deformaciones, estas sean menores a 0,5(mm).

3.8. Diseño final maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de BP.

Como se puede observar en la figura (101), el diseño final de la maquina resultaría de la unión de todos los diseño mecánicos anteriores, dando la estructura final de la máquina, con la cual se podrá realizar la construcción de la máquina.

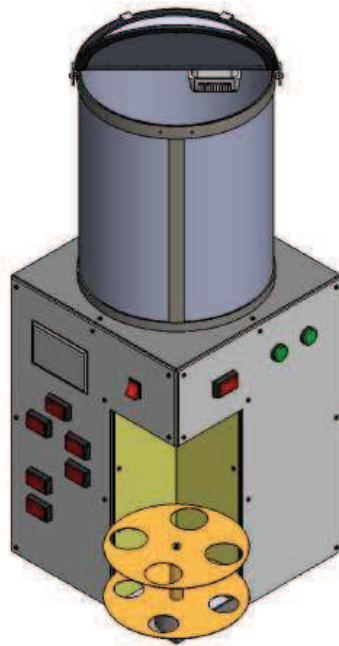


Figura 101. Diseño final de la maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de BP.

3.9. Construcción de las Partes de la máquina.

El proceso de construcción de la maquina puede dividirse en 3 partes principales y con esto poder realizar el diagrama de flujo del proceso de construcción de cada parte, hasta llegar al ensamble final de toda la máquina.

Las 3 partes principales en las que la maquina se divide son:

- Cilindro de almacenamiento de BP.
- Estructura base principal
- Base giratoria para pods.

3.9.1. Cilindro de Almacenamiento de BP.

En la figura (102), se realizó el diagrama de flujo del proceso de construcción del cilindro de almacenamiento.

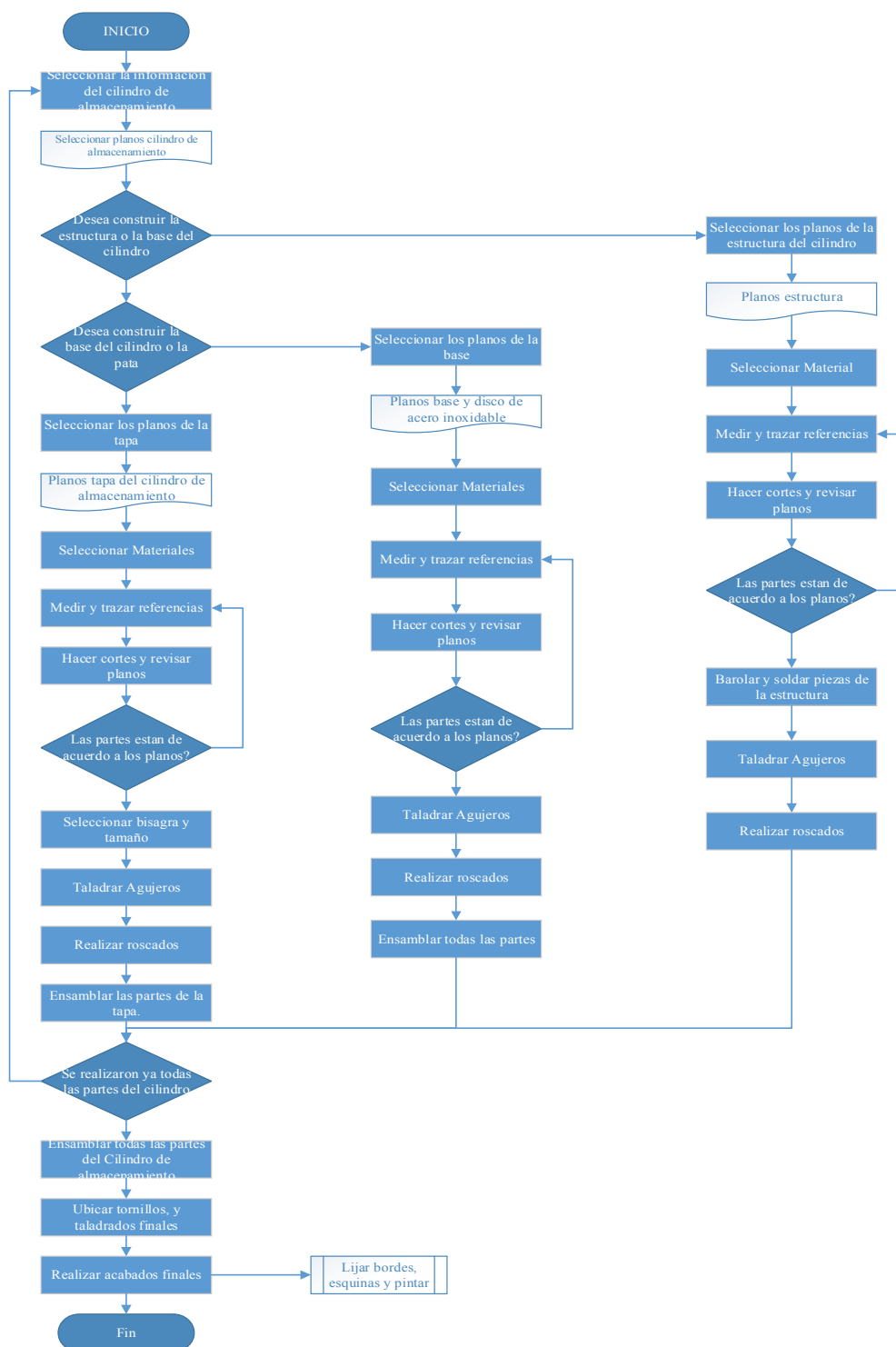


Figura 102. Diagrama de flujo del proceso de construcción del cilindro de almacenamiento de BP.

Como se puede observar en la figura (103), el desarrollo de la construcción del cilindro de almacenamiento de BP., tubo diferentes fases, hasta llegar al producto final.



Figura 103. Construcción del cilindro de almacenamiento de BP., en cada una de sus fases.

3.9.2. Estructura Base Principal.

En la figura (104), se observa el diagrama de flujo del proceso de construcción de

la base principal de la máquina.

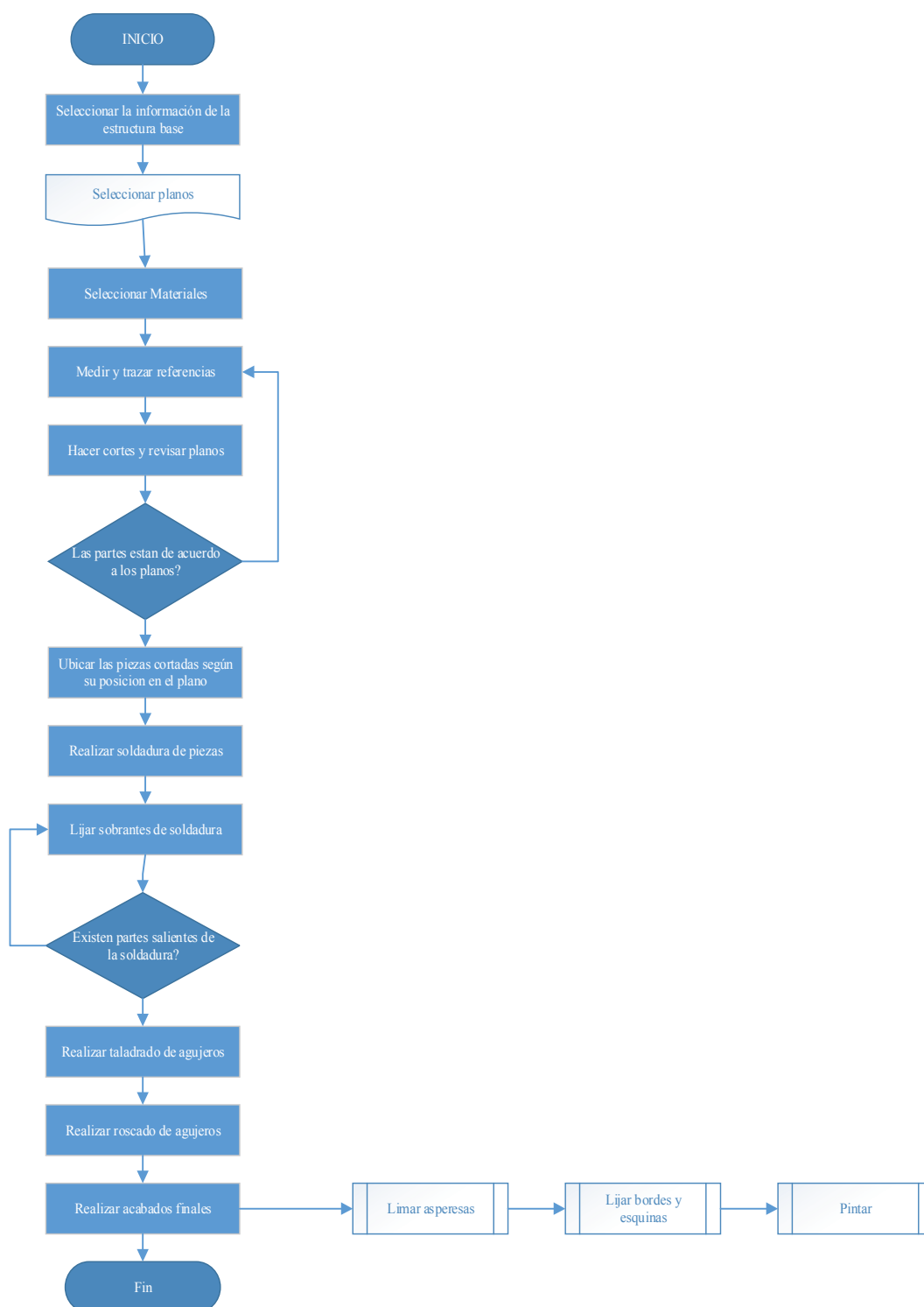


Figura 104. Diagrama de flujo del proceso de construcción de la base principal de la maquina automática de BP.

Como se puede ver en la figura (105), las fases de construcción de la estructura principal de la maquina dosificadora de BP., se basan principalmente en el corte de las latinas, y armado de estas, para formar la estructura.



Figura 105. Fases de la construcción de la base principal de la maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de BP.

3.9.3. Construcción base giratoria de pods.

Como se ve en la figura (106), el diagrama de flujo del proceso de construcción, es el más elaborado, debido a que es uno de los elementos de la maquina con mayor cantidad de piezas, por lo que el diagrama es una gran herramienta para guiarse por la construcción de esta parte.

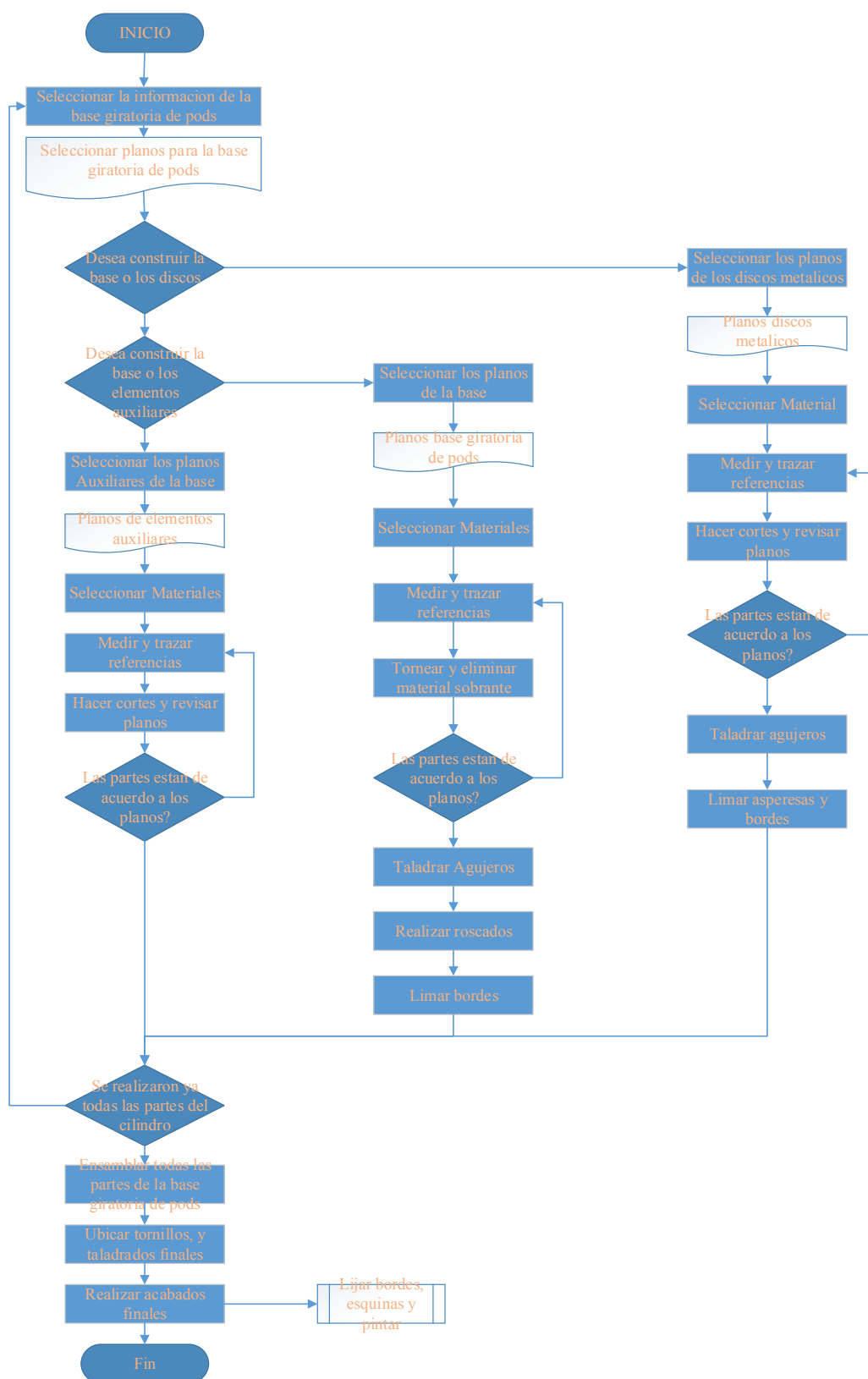


Figura 106. Diagrama de flujo del proceso de construcción de la base giratoria de pods.

En la figura (107), se muestra la construcción de la base giratoria, con el ensamble final de sus partes.

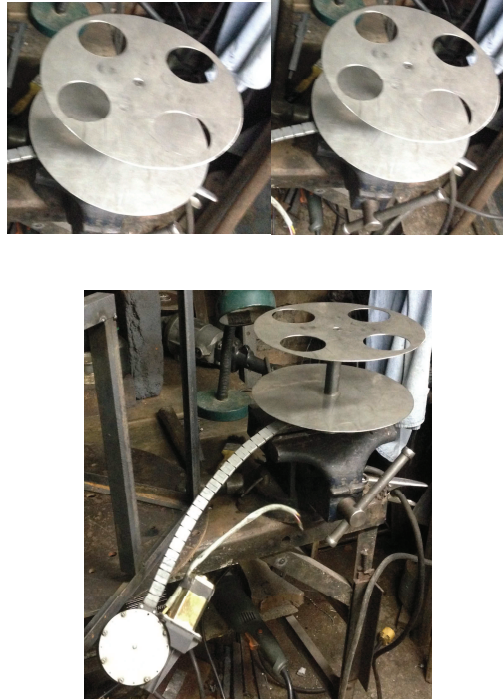


Figura 107. Construcción de la base giratoria de pods para BP.

CAPITULO 4

DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LA MAQUINA

4.1. Introducción.

Para el diseño eléctrico y electrónico de la dosificadora automática de B.P., se comenzara a partir de las necesidades requeridas para el equipo, que se las obtuvo a partir de los requerimientos propuestos por parte de los auspiciantes para el funcionamiento de la máquina, y los cuales se los volverán a describir a continuación:

- Realizar el control automático de la temperatura y humedad de las B.P., las cuales se encuentran almacenadas dentro del cilindro contenedor.
- Realizar un sistema de rotación automático, el cual organice y distribuya las B.P., dentro del cilindro contenedor.
- Realizar una dosificación de B.P., de la manera más precisa posible.
- Realizar un sistema de dosificación, el cual permita llenar las B.P., en una base giratoria con pods.
- Realizar el sistema de control de la máquina, el cual va a integrar a los otros sistemas para permitir su funcionamiento.

Una vez descritas las necesidades se procederá a desglosar cada una de las necesidades y obtener los requerimientos mínimos para la implementación de este.

4.2. Elementos de control en la máquina.

4.2.1. Control automático de temperatura y humedad.

Para poder realizar un control de la temperatura y humedad, se tendrá que realizar un sistema de supervisión y modificación de temperatura dentro del cilindro contenedor. Para realizar este sistema se va a necesitar:

- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad
- Ventiladores
- Elemento calefactor
- Cables y otros.

4.2.2. Sistema de rotación automático de BP.

Para que la maquina organice las BP., dentro de su sistema contenedor, debe de realizar un proceso de movimiento de las BP., de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes.

Las BP., deben de moverse o reacomodarse al menos una vez cada 4 a 5 días, si estas ya se encuentran fuera de su caja contenedora; por lo que no se necesita de un sistema que las monitoree constantemente. Para realizar este sistema se va a necesitar:

- Aspa Giratoria
- Sensor de posición
- Cables y otros.

4.2.3. Dosificación de BP.

Para que la maquina realice una dosificación constante y lo más exacta posible, se va a realizar un sistema formado por los siguientes elementos:

- Dosificador loader
- Contador de bolas loader.
- Cables y otros

4.2.4. Base giratoria de BP.

La base giratoria es un sistema el cual va a permitir a los encargados de la cancha el llenar varios pods, con una dosificación DE B.P., permitiendo al encargado el ocuparse en otras actividades. Para la base giratoria de B.P., se necesita:

- Motor para el giro de la base
- Sensor de posición
- Cables y otros.

4.2.5. Control de la máquina.

Para que la maquina funcione necesita de un sistema que la administre, revise las señales de los sensores, active actuadores, realice modificaciones y permita una

función lo más óptima posible. Para realizar el control de la maquina se va a necesitar:

- Controlador lógico Programable(PLC)
- Interfaz humano maquina (HMI)
- Pulsadores
- Lámparas de alarma
- Protecciones.
- Relés
- Circuitos acopladores
- Fuente de voltaje
- Panel de montaje
- Cables y otros.

4.3. Selección sensor de temperatura y humedad.

Para el sensor de temperatura se va a realizar la selección de que cumpla con las características deseadas para permitir el mejor funcionamiento de la máquina.

Es necesario el hacer notar que la importancia principal en la maquina es el control de la temperatura, para poder preservar las bolas en sus mejores condiciones y después en menor grado el poder ver la humedad del ambiente y si es posible tratar de poder controlarla.

Requisitos mínimos del sensor:

- Rango de temperatura de -10 a 50 grados centígrados
- Compacto
- Robusto
- Protocolos estándar industrial de señales analógicas(4-20ma o 0 10v)
- De fácil montaje, preferible de montaje superficial.
- Que tenga la opción de control de humedad si es posible.

4.3.1. Selección.

Para la selección del sensor o sensores más adecuados, se procederá con la selección de 3 instrumentos de medición más utilizados en el mercado actual, o que poseen una mayor popularidad en su utilización, para lo que se tendrá:

- Sensor de temperatura y humedad relativa Dwyer modelo RHP-3w22
- Sensor de temperatura TP-100
- Sensor de temperatura TERMOPAR tipo K.

4.3.1.1. Sensor de temperatura DWYER RHP-3W22.

El transmisor de temperatura para montaje en pared RHP-W como el mostrado en la figura (108), posee un encapsulado en plástico con aberturas, haciendo que este bien ventilado para permitir el flujo de aire y mejorar la exactitud de las mediciones. Los sensores de humedad y temperatura pueden reemplazarse en campo para reducir el costo de servicio y el inventario. La humedad y el punto de condensación se miden con un sensor polimérico capacitivo que se recupera por completo de una saturación al 100%.

Tabla 66.

Características del sensor DWYER RHP-3W22.

CARACTERÍSTICAS	RHP-3W22
Rango de humedad relativa	0 a 100%
Rango de temperatura	-40 a 140 °F (-40 a 60 °C)
Exactitud de Humedad relativa	modelo RHP3 de $\pm 3\%$
Histéresis	$\pm 1\%$.
Repetición	$\pm 0,1\%$ típico.
Limites temperatura operación	-40 a 140 °F (-40 a 60 °C).
Tiempo de respuesta	15 segundos
Conexiones eléctricas	Bloque de terminales de tornillo
Sensor humedad relativa	Polímero de capacitancia
Encapsulado	Policarbonato blanco
Peso	0,3 lb (0,14 kg).
Aprobaciones de agencia	CE



Figura 108. Sensor de temperatura y humedad relativa Dwyer RHP-3W22.

Fuente: (Dwyer Instruments Inc., 2012)

4.3.1.2. Sensor de temperatura pt100.

El sensor de temperatura pt100 es una resistencia de medición (de metal; platino, Pt o níquel, Ni), donde la resistencia cambia con la temperatura, los cambios en la resistencia se transmiten como cambios en el voltaje a indicadores, grabadoras o los controladores directamente a través de cables de cobre o a través de los transmisores.

Tabla 67.

Características del sensor pt100.

CARACTERÍSTICAS	PT100
Rango de temperatura	-50 hasta 600 ° C (-58 a 1112 ° F).
Forma	cilíndrica
Material	CrNiMoTi
Transmisor de temperatura	Incluido de 0-10 voltios

4.3.1.3. Termopar tipo K de 3M.

El termopar tipo K de 3M es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy pequeña (milivoltios) que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" y el otro llamado "punto frío".

La mayoría de los errores de medición son causados por uniones no intencionales

del termopar. Se debe tener en cuenta que cualquier contacto entre dos metales distintos creará una unión. Si lo que se desea es aumentar la longitud de las guías, se debe usar el tipo correcto del cable de extensión. Así por ejemplo, el tipo K corresponde al termopar K. Al usar otro tipo se introducirá una unión termopar. Cualquiera que sea el conector empleado debe estar hecho del material termopar correcto y su polaridad debe ser la adecuada.

Tabla 68.

Características del sensor termopar tipo K 3M.

CARACTERÍSTICAS		TERMOPAR TIPO K 3M
Rango de temperatura		-100 a 1250 ° C
Material sonda		Acero inoxidable
Diámetro sonda		8mm
Rosca de tamaño		3/8 "NPT
Longitud sonda		50 mm
Trenzado interno	aislamiento	Fibra de vidrio
Conector		Tipo spade

En la tabla (69), se muestran las características de los 3 sensores preseleccionados.

Tabla 69.


Características conjuntas de los 3 sensores de temperatura.

Sistema	Ítem	Tipo	Rango temperatura (°C)	Rango Humedad (%)	Tipo de montaje	Tamaño (mm)	Peso (Kg)
Control de Temperatura y Humedad	Sensor de temperatura	RHP-3W22	de -40 a 60	0 -100	Superficial en pared	86.52x113.9x50.01	0,14
		tp100	de -50 a 600	No tiene	Superficial en agujero	Dia 50 x 150	0,3
		Termopar tipo K	de -100 a 1250	No tiene	Acoplamiento	Dia 8 x 50 de largo	0,14

Se procederá a realizar la tabla (70), de la matriz morfológica para observar más profundamente las ventajas y desventajas de cada instrumento en comparación con los otros seleccionados.

Tabla 70.

Matriz morfológica de la selección del sensor de temperatura.

SISTEMA	Control de Temperatura, cilindro almacenamiento		
ÍTEM: Sensor de temperatura	RHP-3W22	PT 100	Sonda termopar tipo K
GRAFICO			
VENTAJAS	Tamaño compacto	Amplio rango de medición	Tamaño compacto
	Montaje superficial	gran precisión	Cualquier tipo de montaje
	Salida en protocolo industrial	Salida en protocolo Industrial	Cable de instalación incluido
	Mide humedad relativa	Posee Encapsulado	No requiere de una superficie grande de montaje
DESVENTAJAS	Requiere cableado	No mide Humedad	No mide Humedad
	Requiere de una superficie plana grande	ocupa una superficie grande y un espacio de cuerpo amplio	No tiene encapsulamiento
	No puede mojarse	Difícil Mantenimiento	Muy susceptible a cambios con uniones a otros metales
	Bajo rango de medición	Muy pesado	Requiere de un circuito de acoplamiento

4.3.1.4. Criterios a evaluar.

Los criterios a evaluar en la matriz de valoración van a tener diferentes valores, los cuales sumados deben dar 100 puntos, haciendo con esto que el valor más alto sea el que cumpla mejor con los requisitos. Los criterios a ser evaluados son:

- **Montaje:** Es importante para la implementación de un sistema de control de temperatura, el conocer la facilidad de montaje que va a tener el instrumento, es decir, si este puede ser montado directamente en cualquier superficie, o si debe tener acoples o algún equipo de sujeción para poder utilizarlo. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de montar y el valor más bajo cuando sea el más complejo de instalar de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Seguridad:** Es necesario conocer si el sensor, funciona bien, no es frágil o susceptible a fallas de medición, si posee una buena repetitividad, y si nos va a dar mediciones precisas. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más seguro y cero el de menor seguridad de medición, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Mantenimiento:** Es necesario siempre realizar mantenimientos ya sean estos preventivos o correctivos, para poder garantizar el funcionamiento del instrumento. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de poder realizar mantenimiento y cero el que presente mayor complejidad en su mantenimiento o arreglo, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Costo:** El costo de la adquisición del sensor de temperatura y si posee también de humedad, debe resultar ser lo más rentable posible, tanto para el constructor como para el inversor o adquirente del producto. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más barato en su construcción y cero el de mayor valor económico, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Tamaño:** El tamaño del sensor, permitirá al diseñador, el ocupar el menor espacio posible dentro del área a controlar, haciendo de este, lo menos invasivo con el sistema, y permitiendo que el sensor se integre fácilmente con la máquina. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea de menor tamaño y cero el de mayor tamaño, de acuerdo al

razonamiento del diseñador.

- **Funcionalidad:** La funcionalidad es importante debido a que debe de satisfacer las necesidades del usuario, en este caso, el sensor debe poder medir dentro del rango especificado, de manera fácil, sin problemas, y si existiese la posibilidad, poder realizar la medición de la humedad relativa existen, permitiendo que el sensor sea lo más versátil posible. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea el más óptimo y cero el de menor funcionalidad.
- **Acoplamiento:** El que un sensor sea de fácil acoplamiento a un equipo es importante debido a que permitirá una toma de valores lo más exacta posible, con menos errores, debido a que no hay que hacer circuitos de acoplamiento, permitiendo que el valor medido sea lo más exacto al valor real. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de acoplar con salidas de protocolo industrial y cero el de mayor dificultad de acoplamiento, necesitando de circuitos o configuraciones extra para poder tener una salida que pueda ser ingresada al equipo de control.

Tabla 71.

Criterios a evaluar para la selección del sensor de temperatura.

Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Montaje	M	20
2	Seguridad	S	10
3	Mantenimiento	MT	10
4	Costo	C	10
5	Tamaño	T	15
6	Funcionalidad	F	20
8	Acoplamiento	A	15
			100

Se procederá a realizar la tabla (72), de evaluación de los sensores y seleccionar el instrumento que tenga el mejor puntaje en la evaluación.

Tabla 72.

Criterios evaluados para la selección del sensor de temperatura y humedad.

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS								
		TIPOS	M	S	MT	C	T	F	A	TOTAL
Control de Temperatura	Sensor de Temperatura	RHP-3W22	18	9	5	5	10	20	14	81
		TP100	17	7	5	4	7	10	14	64
		Termopar tipo k	18	6	5	9	15	7	7	67

Como se puede observar en la figura (109), el sensor que más puntaje obtuvo de los criterios evaluados fue el sensor RHP-3W22.

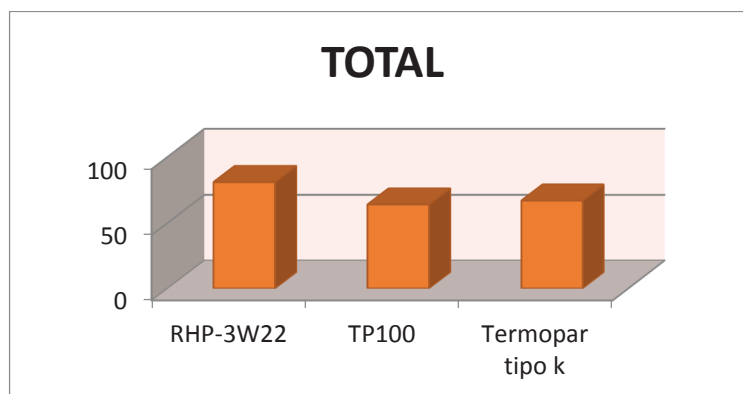


Figura 109. Resultado de los criterios evaluados para la selección del sensor de temperatura y humedad.

4.3.1.5. Conclusión.

De los 3 instrumentos preseleccionados, se obtuvo que el sensor de temperatura RHP-3W22 de Dwyer, sea aquel que cumple de mejor manera con los requisitos impuestos. Su diseño compacto, la capacidad de medir conjuntamente temperatura y humedad relativa, junto con la fácil conectividad, con cualquier fuente de corriente continua, y el protocolo estándar de transmisión de 0 a 10 voltios, lo hacen el más idóneo para una implementación como la planteada en la dosificadora automática.

4.4. Controlador del sistema.

Existen muchas alternativas para la automatización de un proceso, la selección del mejor se la realizara de acuerdo a las necesidades planteadas y que tan complejo resulte

el sistema que sea capaz de satisfacer todas. Dentro de los diferentes tipos de controladores que se podrían utilizar están:

- Microcontrolador: dentro del más usado pic16f877a
- Arduino modelo uno
- PLC

4.4.1. Selección del tipo de controlador.

4.4.1.1. Microcontrolador PIC16F877A.

El PIC16F877 es un Microcontrolador que permite ser reprogramado el número de veces que se necesite, un consumo de potencia muy bajo y además es estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

Como se puede observar en la figura (110), el encapsulado más común para este Microcontrolador es el DIP (Dual In-line Pin) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación.

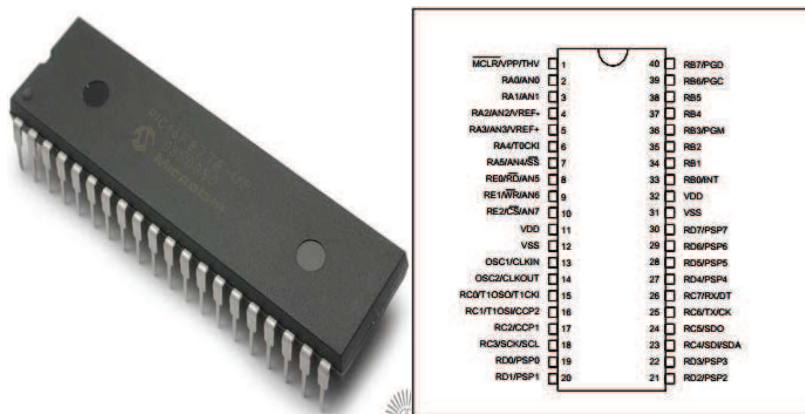


Figura 110. Microcontrolador PIC16F87A

Fuente: (Microchip Technology Inc., 2003)

El pic16f877a posee las siguientes características descritas en la tabla (73).

Tabla 73.

Características del PIC16F877A

CARACTERÍSTICAS	PIC16F877A
Voltaje de funcionamiento	5v
Frecuencia máxima	20Mhz
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Numero de pines	40
Canales PWM	2
Oscilador externo	Si
Comunicación serial	Si

4.4.1.2. Arduino uno.

El Arduino uno, es una plataforma de desarrollo de computación física de código abierto, basada en un Microcontrolador montado sobre una placa que brinda todas las opciones para crear programas de manera directa y a partir de librerías ya creadas y fáciles de usar. (Arduino, 2014)

Como se puede observar en la figura (111), el Arduino consiste en un microcontrolador, pero el cual se encuentra ya montado en un pcb (placa de circuitos), y por tal su conexionado es de manera directa y rápida.

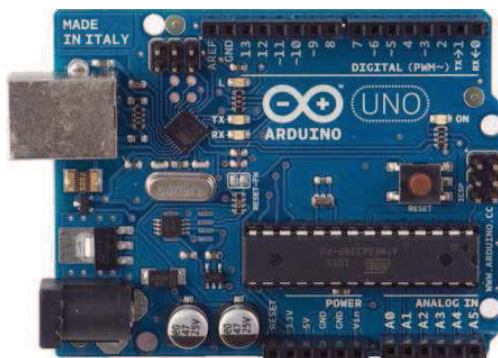


Figura 111. Arduino Uno

Fuente: (Arduino, 2014)

El Arduino posee las siguientes características descritas en la tabla (74).

Tabla 74.

Características del Arduino uno.

CARACTERÍSTICAS	ARDUINO UNO
Microcontrolador	Atmega 328
Voltaje de operación	5v
Puertos de E/S	20
Pines de E/S digital	14(6 con PWM)
Entradas analógicas	6

4.4.1.3. PLC.

En la automatización de un sistema, es vital el aprovechar todas las posibilidades de ahorro y eficiencia para satisfacer una gran cantidad de problemas. De estas y otras razones, nace y sale en la industrial el PLC (controlador lógico programable).



Figura 112. Diferentes Plc's de la marca siemens.

Fuente: (Siemens, 2014)

Los PLC'S poseen las siguientes características descritas en la tabla (75).

Tabla 75.

Características de los PLC'S.


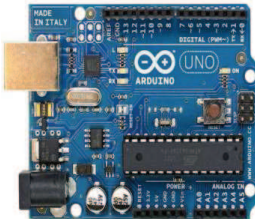

CARACTERÍSTICA	PLC'S
Alimentación	De 10 a 30 V DC
Entradas digitales	> de 4 (incluyendo contadores de pulsos)
Entradas analógicas	> de 2
Salidas digitales	<4 (tipo relé o transistor)
Salidas analógicas	Con módulos de expansión
Comunicación	Con módulo de expansión
Mayor número de E/S	Con módulo de expansión(hasta 50)

4.4.1.4. Selección.

La matriz morfológica muestra las ventajas y desventajas de cada elemento de control preseleccionado, y permitirá realizar una comparación de uno con otro facilitando al diseñador el observar que equipo podría satisfacer mejor sus necesidades.

Tabla 76.

Matriz morfológica de la selección del controlador de la máquina.

SISTEMA Control de almacenadora, dosificadora automática B.P.			
ÍTEM: controlador	PIC16F877A	ARDUINO UNO	PLC'S
GRAFICO			
VENTAJAS	<p>Gran cantidad de entradas</p> <p>Fácil programación</p> <p>Se programa con condiciones lógicas</p> <p>Por programación se puede seleccionar entre entrada o salida cualquier pin</p>	<p>Costo reducido</p> <p>Posee ya su propia placa de funcionamiento</p> <p>Gran cantidad de librerías de programación</p> <p>Diseño y programación de código abierto, no requiere de licencias</p>	<p>Robusto y fiable bajo variaciones de voltaje</p> <p>Posee un encapsulado con normas internacionales</p> <p>Fácil de programar y montar en cualquier gabinete</p> <p>Entradas analógicas compatibles con protocolos estándar industrial (0-10v o 4-20mA)</p>
DESVENTAJAS	<p>Debe desarrollarse la placa de montaje, incrementando el costo y tamaño</p> <p>Se debe diseñar circuitos para cada acople externo del PIC</p> <p>voltaje de entrada limitado a 5V</p> <p>Sensible a variaciones de voltaje</p>	<p>Susceptible de fallas por voltaje</p> <p>Pines limitados por su construcción</p> <p>Se debe acoplar circuitos externos en el caso de sensores</p> <p>No posee un HMI definido</p>	<p>Costos elevados</p> <p>Algunos requieren de adquirir licencias</p> <p>Número de salidas propias limita, requiere módulo de expansión</p> <p>Entradas limitadas a módulos de expansión</p>

4.4.1.4.1. Criterios a evaluar.

Los criterios a evaluar en la matriz de valoración van a tener diferentes valores, los cuales sumados deben dar una máximo de 100puntos, haciendo con esto que el valor más alto sea el que cumpla mejor con los requisitos. Los criterios a ser evaluados son:

- **Manufactura y adquisición:** Es importante para la implementación del sistema de control, el conocer si el controlador es fácil o sin complicaciones de manufacturar o de poderlo comprar. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de manufacturar o adquirir y el valor más bajo cuando sea el más complejo de adquirirlo o diseñar y construir los circuitos necesarios para su funcionamiento.
- **Fiabilidad:** Un controlador debe poder sobrellevar sin problemas a variables externas a los procesos, que puedan dañar o modificar su funcionamiento. El controlador debe ser lo más confiable posible, es decir que su funcionamiento correcto ante cualquier condición sea lo más importante. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea lo más confiable y seguro posible; y cero el de menor seguridad de funcionamiento tenga, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Mantenimiento:** Es necesario siempre realizar mantenimientos a los equipos, el que este pueda ser reparado, o reemplazado de manera fácil y rápida, y a un menor costo, va a permitir que la maquina no se encuentre en para por tiempos prolongados. A este criterio se asignó un valor de 5 puntos, siendo el valor más alto cuando el controlador sea más fácil de poder ser arreglado o reemplazado y cero el que presente mayor complejidad en su mantenimiento o arreglo, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Costo:** El costo de la adquisición o construcción de un controlador, va a variar de acuerdo a las necesidades planteadas. Hay que recordar que algunos controladores necesitan del diseño completo de circuitos, y la fabricación de una placa, en la cual se asentarían todos sus componentes, haciendo que termine

encareciendo el montaje de estos controladores. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el controlador sea más barato en su construcción o adquisición y cero el de mayor valor económico, de acuerdo al razonamiento del diseñador.

- **Tamaño:** El tamaño del controlador es importante, debido a que permitirá instalar todos los elementos de control del equipo, en un área más reducida, haciendo más fácil el cableado, reduciendo costos, y facilitando el conexionado de todos los elementos. A este criterio, se le asignó un valor de 10 puntos siendo el máximo valor, cuando el controlador sea el más compacto o con el mejor encapsulado y siendo cero cuando este sea más grande o no tengan ningún encapsulado, de acuerdo al criterio del diseñador.
- **Interfaz humano maquina:** El que exista una interfaz Humano máquina, entre el controlador y el usuario del equipo, permitirá que este intérprete de mejor manera los datos, haciendo que el usuario pueda evaluar de manera rápida los acontecimientos en el equipo y tome. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el controlador permita la utilización de un HMI nativo, propio, de fácil implementación y de gran visualización y cero el de cual no permite la opción de utilizar alguna interfaz gráfica, o al menos que su implementación sea difícil y la visualización de datos reducida.
- **Flexibilidad:** La flexibilidad de un controlador, es la capacidad que este tiene de adaptarse y poder ser modificado. Muchos equipos como plc's, poseen módulos de expansión que permiten el aumento de entradas o salidas, otros como los pics, tienen un número elevado de pines y otros como el Arduino tienen un número definido de pines. A este criterio se le asignó un valor de 10 puntos, siendo 10 cuando mayor flexibilidad a expansiones o reprogramaciones el controlador posea, y cero cuando el equipo sea lo menos flexible.
- **Acoplamiento:** Un controlador es más práctico de implementar y manejar, cuando este permite al usuario el conexionado de equipos externos, con la menor cantidad de interacciones entre este y el controlador. A este criterio se asignó un valor de 15 puntos, siendo el valor más alto cuando el controlador sistema sea más

fácil de acoplar algún elemento externo, y cero el de mayor dificultad de acoplamiento, necesitando este de circuitos o configuraciones extra para poder tener una salida analógica con un buen rango de apreciación.

Tabla 77.

Criterios a evaluar de la selección del controlador.

Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Manufactura y adquisidor	MA	15
2	Fiabilidad	F	15
3	Mantenimiento	MT	5
4	Costo	C	15
5	Tamaño	T	10
6	Interfaz Humano Maquina	HMI	15
7	Flexibilidad	FX	10
8	Acoplamiento	A	15
			100

Con los criterios a evaluar, ya designados y asignados un valor, se procede a realizar la tabla (78), de la matriz de selección y evaluación de resultados, en la cual el diseñador utilizara su criterio para realizar la evaluación.

Tabla 78.

Selección del controlador de la máquina.

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS									
		TIPOS	MA	F	MT	C	T	HMI	FX	A	TOTAL
Control maquina	Controlador	PIC16F877A	10	6	3	10	6	7	9	10	61
		ARDUINO UNO	12	8	3	12	8	6	9	10	68
		PLC'S	14	14	4	10	6	15	9	14	86

Como se puede observar en la figura (113), existe una gran predominancia del PLC, con respecto a los otros controladores, se puede observar como sobresale con respecto a los otros controladores, obteniendo un total de 86 puntos.

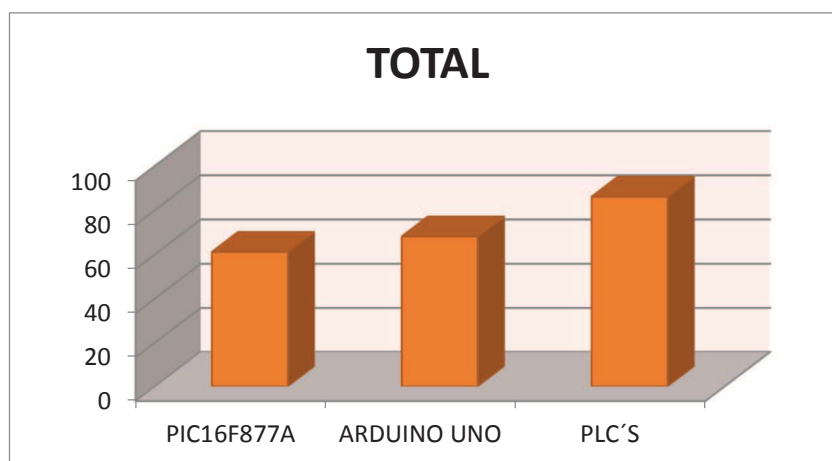


Figura 113. Criterios evaluados de la selección del controlador de la máquina.

4.4.1.4.2. Conclusión.

Un PLC, es el más idóneo para la implementación de un sistema de control o automatización. Al tener un buen encapsulado, con prestaciones robustas, un costo relativamente reducido, poseer una infinidad de módulos de expansión, poder realizar una interfaz humano-máquina, junto a su sencilla y rápida programación, y a su fácil implementación, hacen del PLC la mejor opción para una implementación.

4.4.2. Selección del PLC.

Para la selección del PLC apropiado, se hará una preselección a partir de 3 equipos utilizados en Ecuador para pequeñas automatizaciones y que satisfacen la mayoría de necesidades de control los cuales son:

- PLC logo Siemens 12/24 v DC RC.
- PLC Schneider Electric Zelio 24v DC.
- PLC Allen Bradley Pico 1760 12/24 V DC.

4.4.2.1. PLC logo Siemens 12/24 v DC RC.

El PLC logo es un pequeño controlador ideal para tareas de automatización industrial y de edificios. Al ser modular, permite ampliar sus elementos de manera personalizada, y además incluir módulos de comunicación. Para una mayor

comodidad de manejo, posee una pantalla integrada como se ve en la figura (114), donde se puede programar, desplegar textos de aviso, y además presenta opciones como el texto en desplazamiento, gráficos de barras o los parámetros de estado.

El PLC logo, permite conectar un display de texto (HMI) adicional diseñado para este controlador, con conexión directa al módulo sin necesidad de algún protocolo o medio de comunicación, y con opciones de botones integrado para manejo del PLC.



Figura 114. PLC Logo de Siemens.

Fuente: (Siemens, 2014)

En la tabla (79), se muestra las características del PLC Logo de Siemens.

Tabla 79.

Características del PLC Logo de Siemens.

CARACTERÍSTICAS	PLC LOGO SIEMENS 12/24 DC RC
Voltaje de funcionamiento	12-24 V DC
Módulos de expansión	Si, Hasta 50 E/S
Software de configuración	Logo softconfort
Memoria	Hasta 200 bloques
Programación	Tipo ladder o FBD(Diagrama de bloques de función)
HMI	HMI logo incluye(hasta 50 avisos)
idiomas	Hasta 2 idiomas
Gráficos en display	Hasta 4 gráficos de barras
Protección programación	Por contraseña

4.4.2.2. PLC Allen Bradley Pico 1760.

El controlador Allen Bradley Pico 1760, fue pensado para reemplazar en la industria el uso de relés, y aplicaciones de bajo costo. Siendo modular, es pequeño, además permite ser programado como se ve en la figura (115), mediante un teclado incorporado, una LCD incorporada y también con el software de programación.



Figura 115. PLC Allen Bradley pico 1760

Fuente: (Rockwell Automation, 2014)

Posee módulos de expansión, con lo cual se puede aumentar su capacidad, y permite controles adicionales a través de sus unidades de control remoto y posee las siguientes características como las que se describen en la tabla (80).

Tabla 80.

Características del PLC Allen Bradley pico 1760.

CARACTERÍSTICAS	PLC ALLEN BRADLEY PICO 1760 L12BWB
Voltaje de funcionamiento	24 V DC
Módulos de expansión	Hasta 40 E/S
Software de configuración	PicoSoft Versión 2.1
Memoria	N/D
Programación	Tipo ladder o FBD(Diagrama de bloques de función)
HMI	NO
idiomas	Uno a la vez
Gráficos en display	NO
Protección programación	NO

4.4.2.3. PLC Schneider Electric Zelio

El controlador Zelio de Schneider Electric como el de la figura (116), fue desarrollado para pequeñas aplicaciones industriales como un sistema de relés programables, ofrece grandes ventajas, comenzando en el diseño de sistemas de controles pequeños y rápidos hasta el control de las aplicaciones gracias a su flexibilidad y sencillez.



Figura 116. PLC Schneider Electric Zelio

Fuente: (Schneider Electric, 2014)

El PLC Zelio viene en dos presentaciones que son la gama compacta con bloques de 10 a 20 entradas, y la gama modular con módulos de expansión y comunicación de protocolos industriales tipo modbus o Ethernet, además de las características que se muestran en la tabla (81).

Tabla 81.

Características del PLC Schneider Electric Zelio.

CARACTERÍSTICAS	PLC Schneider electric Zelio SR3B101BD
Voltaje de funcionamiento	24 V DC
Módulos de expansión	Hasta 40 E/S
Software de configuración	Zelio Logic Soft
Memoria	200 bloques
Programación	Tipo ladder o FBD(Diagrama de bloques de función)
HMI	NO
idiomas	Uno a la vez
Gráficos en display	NO
Protección programación	NO

Al ser controladores de uso industrial pequeño, presentan características comunes, las cuales hacen que todos sean parecidos y razón por la cual su selección va a depender principalmente de las características particulares que colaboren con el funcionamiento del equipo, y por el costo aproximado de una implementación como la de la máquina

Tabla 82.

Características comunes de los 3 PLC'S preseleccionados.

CARACTERÍSTICAS COMUNES	DETALLE
Voltaje de funcionamiento	24 DC
Montaje	Riel Din
Entradas	hasta 8 digitales o analógicas
Salidas	Hasta 4 tipo transistor o relé
Módulos de expansión	Si de E/S y comunicación
Pantalla de programación	Si
Programación	Tipo ladder o FBD

Tabla 83.

Características particulares de los PLC'S preseleccionados.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
PLC logo Siemens 12/24 v DC RC	Pantalla presenta textos, y graficas de control Posee un HMI externo con conexión directa
PLC Allen Bradley Pico 1760	Robusto, trabajo en condiciones extremas
Schneider Electric Zelio	Comunicación modbus, permite conectar un HMI externo con modbus

4.4.2.4. Análisis de costos.

Con el análisis de costo de cada módulo PLC, se conocerá cual es el costo de la adquisición de cada uno y poder analizar estos valores, los cuales se muestran en la tabla (84).

Tabla 84.

Análisis del costo del módulo básico de cada PLC preseleccionado.

EQUIPO (Modulo Básico)	Valor Aproximado(\$)
PLC logo Siemens 12/24 v DC RC	120
PLC Allen Bradley Pico 1760	250
Schneider Electric Zelio	175

Cabe incluir que para una aplicación del tipo que se ha propuesto va a ser necesario incluir una fuente, un módulo de expansión y de ser necesario un módulo de comunicación, además de un HMI, si el PLC lo tuviera o pudiera ser integrado, como se muestra en la tabla (85).

Tabla 85.

Análisis de costos para cada PLC preseleccionado junto con los componentes necesarios para su funcionamiento.

MODELO	MÓDULOS	CANTIDAD	V. UNIT (USD)	V. TOTAL (USD)
PLC logo Siemens 12/24 v DC RC	Fuente 24 DC	1	75	75
	Módulo de E/S	1	95	95
	HMI	1	145	145
	Total			315
PLC Allen Bradley Pico 1760	Fuente 24 DC	1	75	75
	Módulo de E/S	1	145	145
	Total			220
Schneider Electric Zelio	Fuente 24 DC	1	75	75
	Módulo de E/S	1	131	131
	Módulo de comunicación Modbus	1	145	145
	HMI modbus	1	130	130
	Total			481

El PLC Allen Bradley no dispone de un sistema HMI, por lo que no se podría implementar una interfaz con el usuario.

Como se puede ver en la tabla (86), el PLC Logo de Siemens tiene un menor valor para una implementación incluyendo los módulos necesarios para su funcionamiento como serian una fuente de poder, un sistema de expansión y hasta una interfaz visual.

Tabla 86

Análisis del costo total para cada uno de los PLC'S preseleccionados.

MODELO	MÓDULOS	CANTIDAD	VALOR TOTAL
PLC logo Siemens 12/24 v DC RC	Modulo Base	1	120
	Extras	1	315
	Total		435
PLC Allen Bradley Pico 1760	Modulo base	1	250
	Extras	1	220
	Total		470
Schneider electric zeilo	Modulo Base	1	175
	Extras	1	481
	Total		656


4.4.2.5. Selección del PLC.

La tabla (87), de la matriz morfológica muestra las ventajas y desventajas de cada PLC preseleccionado, y permitirá realizar una comparación de uno con otro facilitando al diseñador el observar que equipo podría satisfacer mejor sus necesidades.

El uso de la matriz morfológica como estrategia de comparación, permite al diseñador tener toda la información básica de cada elemento seleccionado para ser comparado y poder visualizarla junto con la información de los otros elementos, permitiendo enfocarse tanto en los puntos buenos de un elemento así como en los puntos malos o desventajas de otros.

Tabla 87.

Matriz morfológica de la selección del PLC.

SISTEMA Control de almacenadora, dosificadora automática B.P.				
ÍTEM: Selección PLC		PLC logo Siemens 12/24 v DC RC	PLC Allen Bradley Pico 1760	Schneider electric Zelio
GRAFICO				
	<p>Posee un módulo HMI propio sin necesidad de comunicación</p>		<p>Robusto, para condiciones extremas</p>	<p>Posee un módulo modbus con capacidad de comunicarse con cualquier equipo</p>
VENTAJAS	<p>Costo Reducido</p>		<p>Mayor cantidad de accesorios</p>	<p>Software de programación gratuito</p>
	<p>Presenta gráficas y datos en las pantallas</p>			<p>Versiones con mayor cantidad de entradas, sin necesidad de módulos de expansión</p>
	<p>No hecho para condiciones extremas</p>		<p>Precio elevado</p>	<p>Funciones básicas de programación</p>
DESVENTAJAS			<p>Software de programación más complejo</p>	<p>No muestra graficas en la pantalla</p>
			<p>No presenta graficas en pantalla</p>	

4.4.2.5.1. Criterios a Evaluar.

Los criterios a evaluar en la matriz de valoración van a tener diferentes valores, los cuales sumados deben dar una ponderación de 100, haciendo con esto que el valor más alto sea el que cumpla mejor con los requisitos. Los criterios a ser evaluados son:

- **Funcionalidad:** La funcionalidad del PLC es muy importante para su selección debido a que el equipo debe poder satisfacer todo tipo de necesidades planteadas, y además contar con herramientas que en el caso de no satisfacer por sí solo a alguna implementación, pueda ser auxiliado por algún módulo externo. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea el más funcional posible y cero el de menor funcionalidad.
- **Confiabilidad:** Un PLC confiable es aquel que permite al diseñador, sin tener que asumir una gran cantidad de riesgos, que en cualquier circunstancia el equipo va a realizar el trabajo para el que fue programado y designado. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea de gran confiabilidad y cero cuando el equipo sea el menos confiable.
- **Utilidad:** La utilidad del PLC radica en que este satisfaga todas las necesidades del diseñador para la función a la que se le quiere designar, es decir, que cumple y satisface todos o la gran mayoría de requerimientos planteados. A este criterio se le asignó un valor de 30 puntos, siendo el valor más alto, cuando el equipo sea el que mejor se adapte a las necesidades, y cero cuando el equipo sea el menos apto.
- **Mantenimiento:** Es necesario siempre realizar mantenimientos a los equipos para poder darles un mayor tiempo de vida útil. A este criterio se asignó un valor de 10 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más fácil de poder mantener o arreglar y cero el que presente mayor complejidad en su mantenimiento o arreglo, de acuerdo al razonamiento del diseñador.
- **Costo:** El costo de adquirir el controlador junto con sus modelos externos para poder satisfacer las necesidades de control, va a ser parte fundamental de la selección debido a que el diseñador debe tratar de mantener la rentabilidad de la máquina. A este criterio se asignó un valor de 20 puntos, siendo el valor más alto cuando el sistema sea más rentable y cero el de mayor valor económico, de acuerdo al razonamiento del diseñador.

Tabla 88.**Criterios a evaluar de la selección del PLC.**

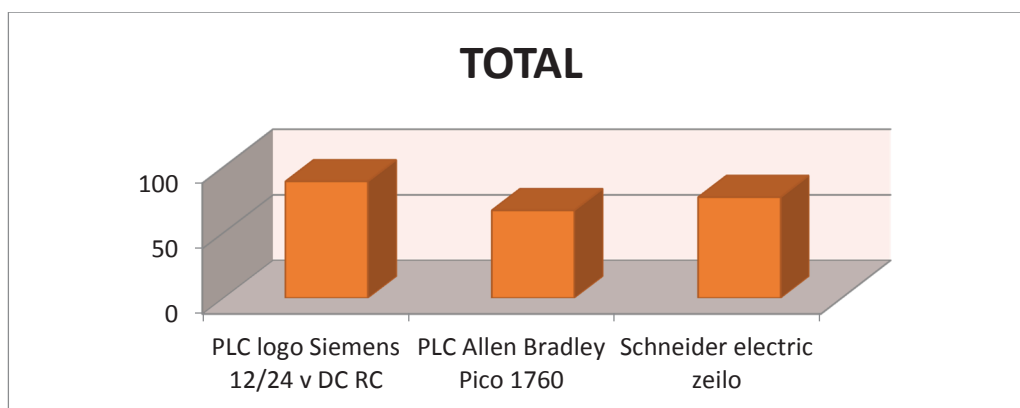
Criterios a Evaluar			
		Símbolo	Valoración
1	Funcionalidad	F	20
2	Confiabilidad	C	20
3	Utilidad	U	30
4	Mantenimiento	M	10
5	Costo	CT	20
			100

Con los criterios seleccionados, se procederá a realizar la tabla (89) de matriz de selección, en la cual el diseñador ubicara cada equipo, y lo valorara de acuerdo a cada criterio, para con esto, el equipo que obtenga el mejor resultado sobre 100 puntos, sea el más viable.

Tabla 89.**Criterios evaluados para la selección del PLC.**

SISTEMA	ÍTEM	CRITERIOS						
		TIPOS	F	C	U	M	CT	TOTAL
Control	PLC	PLC logo Siemens 12/24 RC	18	18	28	7	18	89
		PLC Allen Bradley Pico 1760	17	18	15	7	10	67
		Schneider Electric Zelio	18	18	20	7	14	77

Como se puede observar en la figura (117), el PLC logo de siemens sobresale en la evaluación llegando a tener un puntaje de 89 puntos y sobrepasando a los otros elementos preseleccionados para la evaluación.

**Figura 117.** Resultados de la evaluación para la selección del PLC de la máquina.

4.4.2.5.2. Conclusión.

El PLC, logo de Siemens, satisface de la mejor manera los requerimientos planteados por el diseñador para el controlador de la máquina. Los PLC'S preseleccionados, poseen características comunes debido a que son hechos para satisfacer las mismas necesidades, siendo las características particulares aquellas que resalten a un equipo de otro. La pantalla externa del PLC Logo siemens, diseñada para el despliegue de información, con textos móviles, permitir gráficas y barras informativas, hacen de este PLC una herramienta espectacular para la aplicación planteada.

4.4.3. Conexión del PLC Logo Siemens.

Para montar el PLC, en el panel que va a ser designado de control, se debe de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones (Siemens Corporation, 2011):

- Desconectar siempre la alimentación antes de cablear, montar o desmontar un módulo.
- Para el PLC, logo de siemens, utilizar siempre cables con una sección comprendida entre 1,5 y 2,5 mm^2 .
- Separar siempre: el cableado dc, el cableado AC, y el cableado de señal.
- Los cables deben tener una longitud que brinde un alivio de tracción en el caso de ser necesario.
- Módulos de ampliación y comunicación.

El PLC logo de siemens soporta como máximo (Siemens Corporation, 2011):

- 24 Entradas digitales
- 8 Entradas analógicas
- 16 salidas digitales
- 2 salidas analógicas

4.4.3.1. Montar PLC logo de Siemens.

Para montar el PLC Logo como se muestra en la figura (118), se debe seguir los siguientes pasos:

1. Enganche el modulo base logo, en el perfil de soporte (riel DIM).
2. Presione el modulo hacia abajo, haciendo que el modulo encaje en la riel y que la corredera inferior quede enclavada.
3. Al lado derecho de cada módulo, se encuentra la tapa de conexión, la cual debe ser retirada cada vez que se agregue algún módulo al equipo.
4. Ubique el módulo de expansión de la misma manera que se ubicó el modulo base.
5. Deslice el módulo de expansión junto con el modulo base, hasta que se conecten.
6. Deslice la corredera del módulo de expansión, hasta que esta se enclave y asegure la unión de ambos elementos.

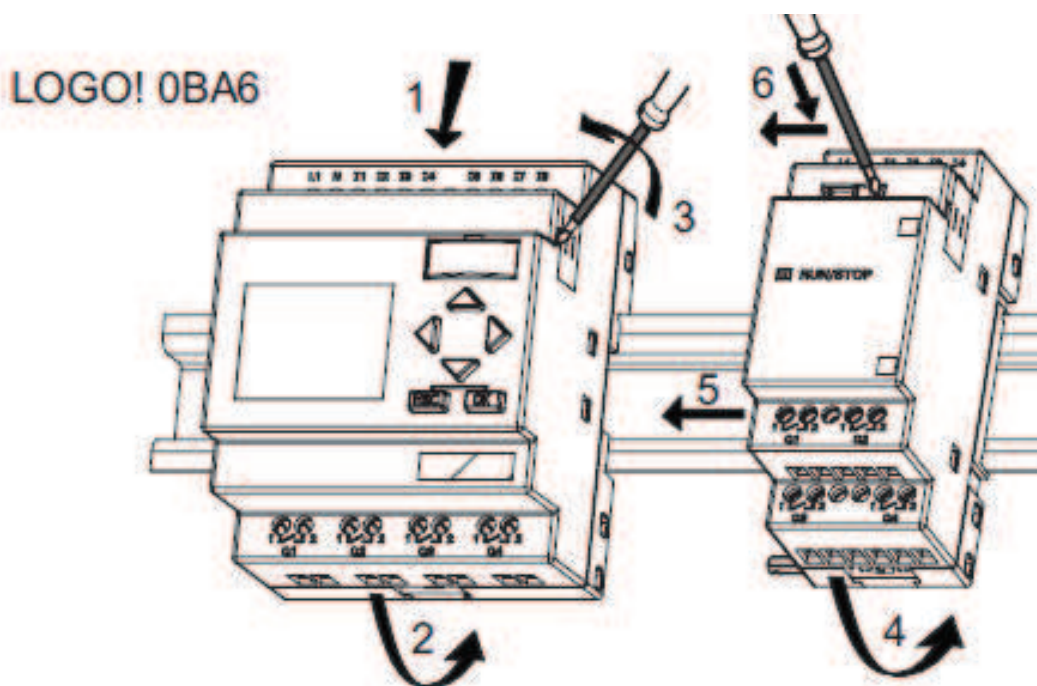


Figura 118. Pasos para montar un PLC Logo de Siemens.

Fuente: (Siemens Corporation, 2011)

4.4.3.2. Conexión de los Sensores a PLC Logo de Siemens.

Las entradas de los módulos PLC Logo, no tienen aislamiento galvánico, por lo que requieren el mismo potencial de referencia (masa). Además los módulos PLC, Logo 12/24 RCo, tienen como entradas analógicas a I1, I2, I7 e I8. (Siemens Corporation, 2011)

4.4.3.3. Conexión de las salidas.

La versión del PLC LOGO 0BA6, como la mostrada en la figura(119), viene equipada, con salidas de tipo relé, y estos se encuentran aislados galvánicamente de la fuente de alimentación, así como de las entradas, por lo que se pueden manipular de manera independiente.

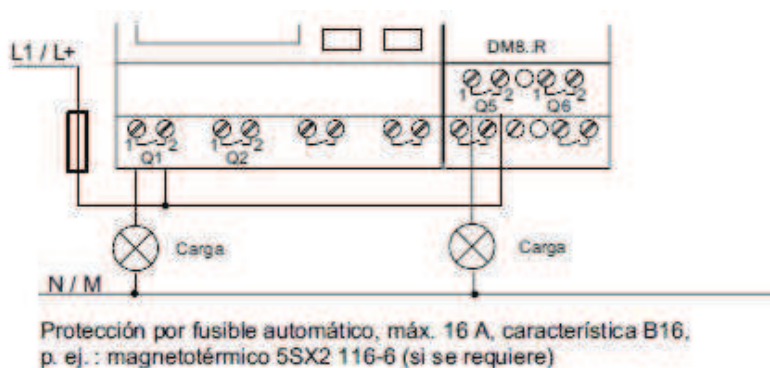


Figura 119. Conexión de las salidas de un PLC Logo de Siemens.

Fuente: (Siemens Corporation, 2011)

4.4.3.4. Limitación de entradas y salidas del PLC Logo de Siemens.

Para la selección de la cantidad de entradas y salidas que serán necesarias del PLC, se pasara por cada sistema y se describirá cuantas entradas y salidas va a necesitar. Por lo que los sistemas que se tendrán serán:

- Sistema de control de temperatura y humedad
- Sistema agitador y reordenamiento automático
- Sistema contador
- Sistema base giratoria
- Sistema de control

Con lo cual se tendrá la tabla (90).

Tabla 90.

Delimitación de entradas y salidas del PLC Logo de Siemens.

DELIMITACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS			
Sistema	Subsistema	N. Entradas	N. Salidas
Control de temperatura y humedad	Sensor de temperatura	1	
	Sensor de humedad	1	
	Calefactor		1
	Ventiladores		1
Control Rotación BP	Sensor posición aspa	1	
	Motor aspa		1
Dosificación y conteo	Sensor contador	1	
	Motor dosificador		1
Sistema de control interfaz	Botones	7	
	Foco indicador alerta		2
	Focos pulsadores		1
Base giratoria	Motor base		1
	Sensor posición	1	
Total		12	8

Con lo que se requerirá un total de 12 entradas de las cuales 2 son analógicas, 2 contadores de pulsos, y 8 entradas digitales básicas, además de un total de 8 salidas tipo relé. Para lograr cubrir la necesidad de entradas y salidas, se realizara la adquisición de un módulo de expansión para el PLC Logo, llamado DM8, el cual consta con 4 entradas digitales y 4 salidas tipo relé, dando la tabla(91), del total de entradas y salidas disponibles.

Tabla 91.

Entradas y salidas totales del PLC Siemens junto con el módulo de expansión y la pantalla logo TD.

ENTRADAS Y SALIDAS TOTALES		
MODULO	Entradas	Salidas
Logos siemens	8	4
Módulo DM8 R	4	4
Logo display	4	0
TOTAL	16	8

Como se puede observar en la tabla 91, con el módulo de expansión para DM8, para el PLC logo de siemens, y junto con la pantalla logo display, la cual dispone de 4 botones de función, los cuales pueden ser programados, se obtiene un total de 16 entradas y 8 salidas, suficientes como para cubrir los requerimientos ya planteados, y de ser necesario, disponer todavía de entradas y salidas libres, para poder realizar alguna implementación extra.

4.5. Circuito de potencia.

Los circuitos o controles de potencia son diseñados y utilizados para proteger a los equipos utilizados en el control, siendo estos un lazo entre el controlador y los actuadores. Para el funcionamiento de la máquina, se diseñó un circuito de potencia, basado en 8 relés de 12 v, y con una capacidad de hasta 10A cada uno, sabiendo previamente, por mediciones y experimentación, que la corriente más alta que se va a tener es de hasta 3,5 A, en los motores de 12VDC.

4.5.1. Diseño del circuito de potencia.

Para el diseño de la placa se utilizó el programa Isis Proteus de diseño electrónico, el cual permite seleccionar elementos, hacer simulaciones, conocer comportamientos, de los circuitos y finalmente, ubicar los elementos en el diseñador de pcb y poder trazar las pistas que requerirá la placa final para su funcionamiento.

Los pasos utilizados para el diseño, y construcción del circuito de potencia son:

1. Hacer una entrada de alimentación como se ve en la figura (120) para el circuito, la cual a ser a 12 Vdc, debido a que se va a utilizar relés de este voltaje, además se ubicara una led para conocer el estado del circuito (on/off).

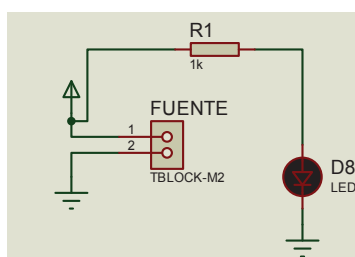


Figura 120. Diseño de la alimentación del circuito de potencia y luz de indicación.

2. Se hará las entradas del circuito como se puede observar en la figura (121), por medio de borneras, cada relé tendrá una entrada la cual dará la señal de activación, debido al diseño del circuito donde la tierra de la entrada de alimentación principal ya está puenteadas con todos los relés.

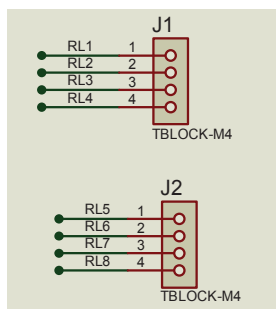


Figura 121. Entradas de activación de los relés del circuito de potencia.

3. Se pondrá un diodo de protección en cada relé, el cual permitirá que cuando la bobina se desenergice, la tensión inducida por este, se reconduzca de nuevo por la bobina, evitando así el daño de algún componente externo tal como se ve en la figura (122).

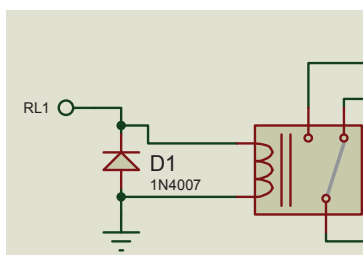


Figura 122. Diodo de protección de la bobina de un relé.

4. El circuito final como se ve en la figura (123), tendrá entrada para 8 señales de control, y manejará hasta 16 salidas siendo 8 normalmente abierto y 8 normalmente cerrado.

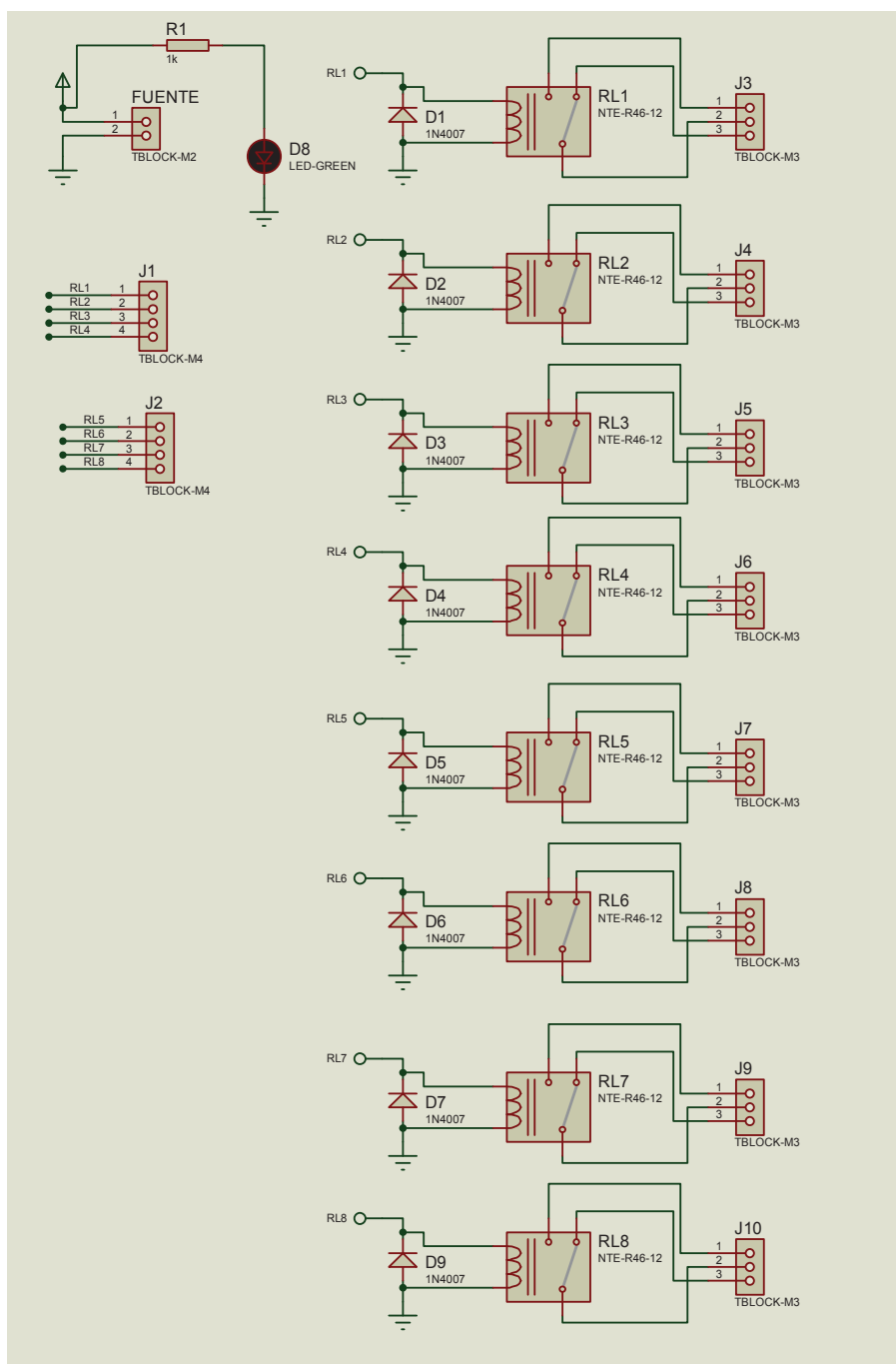


Figura 123. Circuito de potencia con 8 entradas de control.

4.5.2. Diseño de la placa del circuito de potencia.

Para el diseño de la placa, se utilizara el programa Ares Proteus, el cual va a permitir el manejo de los elementos en un entorno gráfico, y realizar el proceso de mapeado o ruteado de las pistas del circuito.

Para realizar la placa del circuito se realizara los siguientes pasos:

1. Se procederá a seleccionar cada uno de los elementos utilizados en la creación del circuito y se los ubicara en la posición deseada en el programa comprobando que no hayan pistas o elementos montados. Se selecciona el grosor de las pistas y se hace el auto ruteado, teniendo como se ve en la figura (124), la placa del circuito.

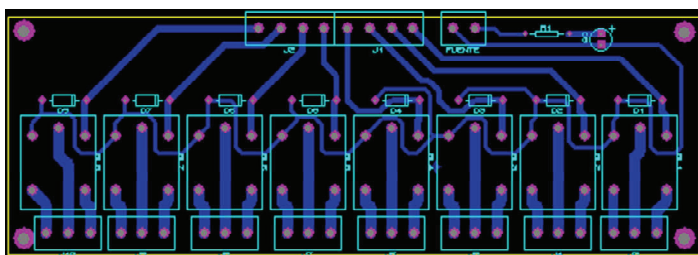


Figura 124. Diseño de la placa del circuito de potencia.

2. Una vez realizado el ruteado de pistas, se procederá a realizar la revisión, de errores de conexión, y capas como se observa en la figura (125).

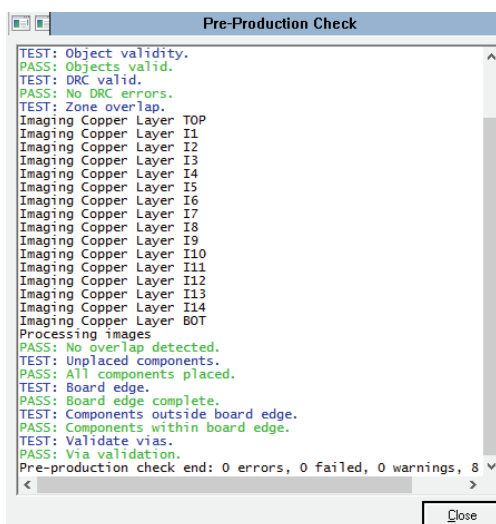


Figura 125. Revisión del ruteado de las pistas del circuito de potencia.

En la revisión de conexiones y piezas, se puede observar que el programa luego de dar 8 pases de revisión, no encontró ningún problema en el diseño de la placa, ni en sus conexiones.

3. Gracias al programa de diseño y edición de placas, se puede observar en la figura (126) a manera de 3D, como sería y quedaría la placa ya fabricada.

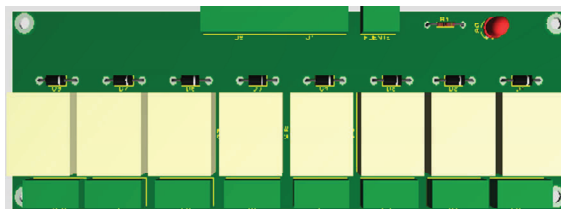


Figura 126. Imagen simulada de la placa de potencia.

4. Finalmente se puede proceder a quemar la plata y montar los elementos, para tener como se ve en la figura (127), la placa de potencia terminada.

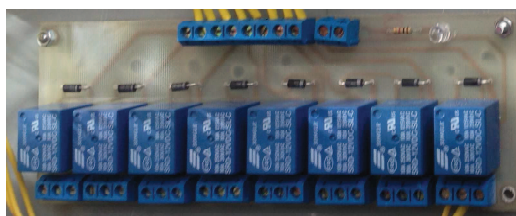


Figura 127. Placa de potencia terminada.

4.6. Circuito de Acoplamiento de los sensores.

Dentro de los sensores utilizados, se tienen 2 de tipo digital, los cuales funcionan de 0 a 5 Vdc, ahora el PLC que se va a utilizar detecta 1 cuando el valor de voltaje es superior a 8Vdc, siendo necesario realizar un circuito de acoplamiento, el cual permita tomar los 5Vdc, y dar una salida de 12Vdc.

4.6.1. Características del diseño.

El circuito de acoplamiento de señal de los sensores debe:

- Interpretar la señal de 5 voltios y dar 12 V a la salida.
- Tomar la señal y proteger los elementos de variaciones de voltaje y corriente.

Se necesitara un circuito tipo compuerta, el cual por medio de elementos como transistores, relés, mocs; que pueden servir para acoplar la señal, pero es necesario conocer la velocidad de conmutación de cada uno.

4.6.2. Velocidad de conmutación para el contador de B.P.

El contador de B.P., del loader, da una señal de salida digital, y capaz de contar hasta 25 bolas por segundo.

El circuito de acople debe contar por tal hasta 25 pulsos por segundo. Siendo.

$$F = \frac{1}{T} \quad (29)$$

Un equipo que debe medir 25 pulsos por segundo nos da:

$$\# \text{ Pulsos} = 25 \text{ pulsos/segundo}$$

$$1 \text{ pulso} = \frac{1 \text{ segundo}}{25}$$

$$\text{Tiempo de un pulso} = 0,04s$$

La frecuencia de funcionamiento será:

$$F = \frac{1}{0,04} = 25 \text{ Hz}$$

Se puede utilizar un transistor ya que su frecuencia de funcionamiento es mayor que la frecuencia necesaria para el conteo.

4.6.3. Diseño del circuito de acople.

El circuito está basado en dos transistores puestos en serie de tal modo, que uno se energice y funcione con los 5Vdc, dando paso al otro transistor que funciona con 12Vdc, y es la salida hacia el PLC como se puede observar en la figura (128).

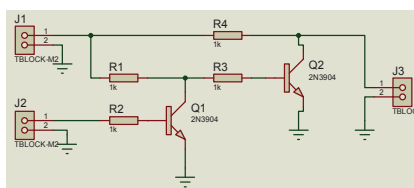


Figura 128. Circuito de acople realizado en Isis Proteus.

4.6.4. Diseño De la placa del circuito de acoplamiento.

Para realizar la placa del circuito de acoplamiento se tendrá:

1. Se procede a realizar la puesta de los componentes del circuito en el programa de diseño Ares Proteus, y realizar el mapeado o ruteado de las líneas de la pcb como se observa en la figura (129).

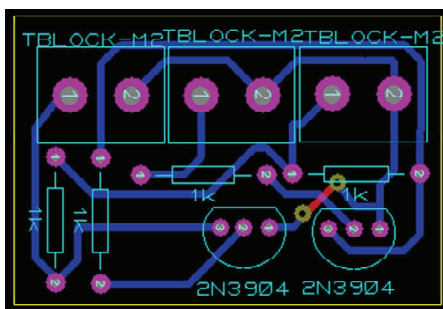


Figura 129. Placa del circuito de acoplamiento de los sensores de la máquina.

2. Se procede a realizar una verificación de los elementos del pcb, como se muestra en la figura (130).

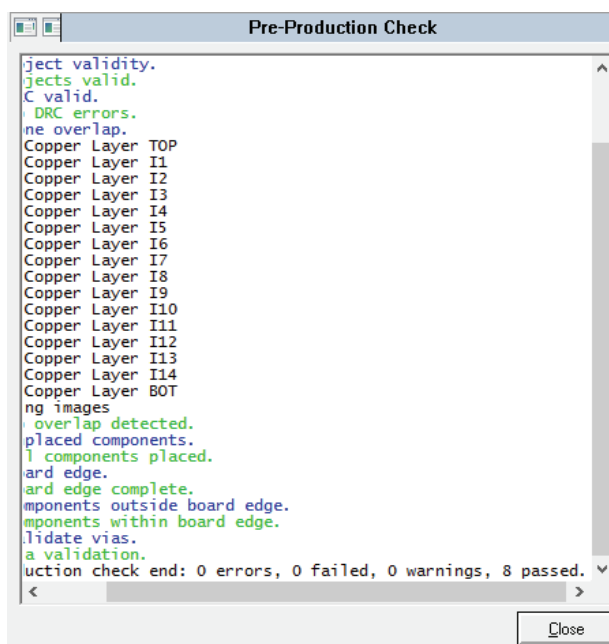


Figura 130. Control de ruteado de pistas de la placa de acoplamiento de señal.

3. Como el diseño cumple de manera correcta, con el ruteado y posición tanto de las líneas como de los elementos, se puede visualizar por medio del programa, como sería la placa a manera de 3D como se observa en la figura (130).

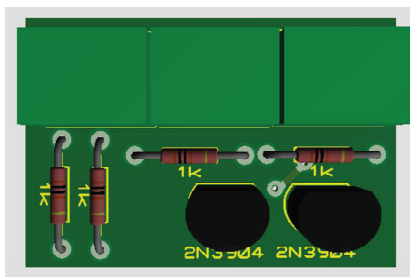


Figura 131. Diseño de la placa del circuito de acoplamiento de señales.

4. Finalmente se puede quemar la placa y hacer el montaje de los componentes para poder utilizarla, tal como se muestra en la figura (132).



Figura 132. Placa del circuito de acople de señal de los sensores de la máquina.

4.7. Circuito de control de velocidad de los motores de 12Vdc.

Para el motor del aspa de rotación y el motor de la base giratoria de pods, es necesario el controlar la velocidad de giro del motor, para prevenir problemas con las bolas debido a la velocidad del aspa, y además para poder regular la velocidad del giro de la base giratoria y evitar problemas en la dosificación.

Un método muy utilizado es el control de ancho de pulso (PWM), que consiste en modificar el ciclo de trabajo de lo que generalmente es una señal periódica (sinusoidal o cuadrada). La variación del ancho de pulso permite tener dos estados que son (0) y (1), donde cero normalmente es apagado y uno es encendido.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva

en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T} \quad (30)$$

Como se puede ver en la figura (133), (D) es el ciclo de trabajo, (τ) es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso) y finalmente (T) es el período de la función.

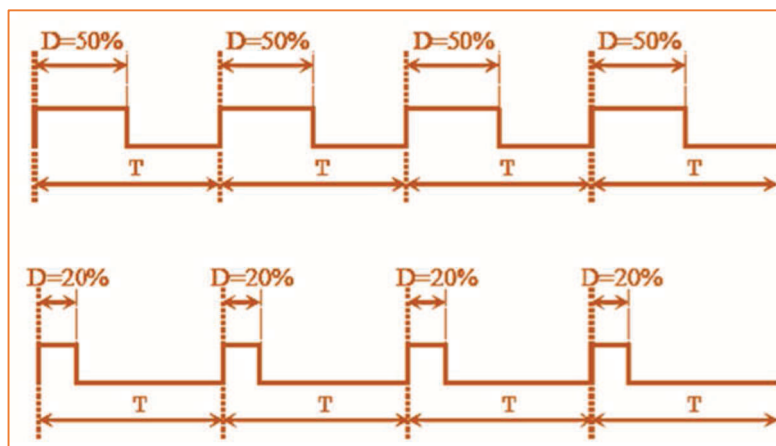


Figura 133. Demostración de la variación del ancho de pulso de una señal.

4.7.1. Diseño del control PWM.

El PWM simulado se basa en realizar un controlador de pulsos, con lo cual se va a poder variar la velocidad del motor sin tener una señal de entrada, como referencia, y además sin la necesidad de tener un controlador específico para el funcionamiento del motor.

Para la construcción del PWM se utilizara el circuito integrado timer 555. El timer 555 es un integrado el cual va a permitir realizar el control de la velocidad del motor, debido a su capacidad de generar pulsos (funcionamiento monoestable) o bien oscilaciones periódicas (ciclo de trabajo PWM, funcionamiento Astable).

4.7.1.1. Configuración del timer 555.

El timer 555, como se observa en la figura (134), consta de 8 pines para el conexasiónado, donde para una configuración tipo astable se tendrá:

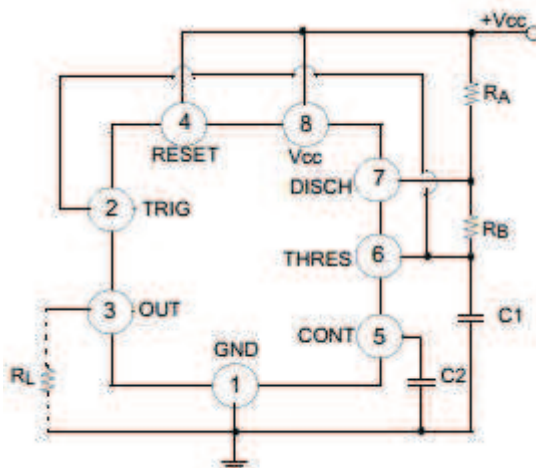


Figura 134. Esquema de conexión de un timer 555.

Fuente: (Fairchild semiconductor, 2013)

Donde según (Fairchild semiconductor, 2013), para poder conocer los tiempos de carga, descarga, y el tiempo total, la relación de actividad y el ciclo de trabajo se tendrán las siguientes ecuaciones.

$$F = \frac{1}{T}$$

Tiempo de carga será:

$$TH = Tc = 0,693(R_a + R_b)C \quad (31)$$

Tiempo de descarga:

$$TL = Td = 0,693R_bC \quad (32)$$

Con el tiempo de carga y descarga, podemos sacar el tiempo total, o lo que es igual al periodo total, en el cual cambia entre el estado en alto y bajo.

$$T_T = TH + TL = 0,693(R_a + 2R_b)C \quad (33)$$

La relación de actividad será:

$$\text{Relacion de actividad} = \frac{TH}{TL} = \frac{R_a + R_b}{R_b} \quad (34)$$

Por lo que el ciclo de trabajo (duty cycle) será:

$$D.C. = \frac{TH}{T_T} \quad (35)$$

De las ecuaciones(32 y 33), se puede claramente observar que el tiempo de carga, depende de las resistencias R_a y R_b , mientras que el tiempo de descarga depende solamente de la resistencia R_b ; por lo que el timer 555, es incapaz directamente de producir un ciclo de trabajo menor al 50%.

Para permitir que el timer 555, de ciclos de trabajo menores al 50%, llegando incluso a lograr obtener un 0% de ciclo de trabajo, como se observa en la figura (135), se utiliza un diodo en paralelo con R_b , lo que permite que durante el tiempo de carga, solamente se dependa de R_a , y durante la descarga solo por R_b , haciendo al tiempo de carga y descarga independientes.

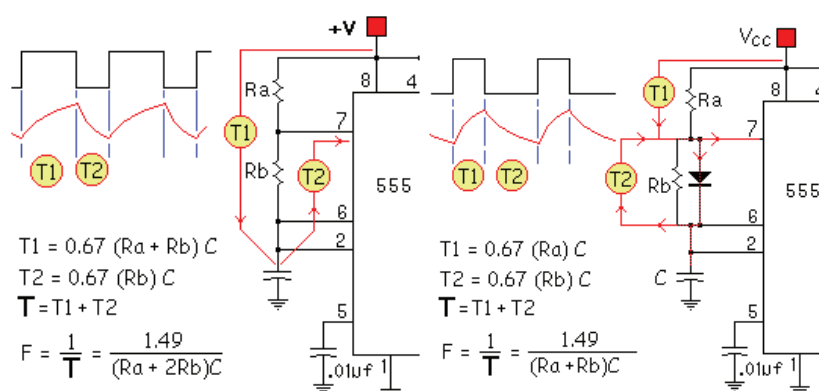


Figura 135. Variación de los tiempos de carga y descarga en un timer 555, cambiando su configuración de conexión.

Fuente: (Williamson-labs, 2011)

Dentro de las limitaciones que se deben de tener en cuenta en el diseño del circuito están:

- R1 Y R2, deben ser mayores a $1K\Omega$
- El capacitor C, debe ser mayor a 500pf
- La suma de las resistencias R1 Y R2 debe ser menor a $3.3M\Omega$
- La frecuencia de funcionamiento debe de ser $f \leq 1Mhz$, que es la frecuencia máxima de operación.

4.7.1.2. Diseño del circuito de control de velocidad PWM.

Para realizar el circuito de control de velocidad de los motores de 12 Vdc, se utilizara el programa de diseño electrónico Isis Proteus, el cual permite colocar elementos electrónicos y simular comportamientos. Para realizar el circuito se va a seguir los siguientes pasos:

1. Se comenzara el circuito partiendo de la alimentación para el circuito como se observa en la figura (136), el cual por medio de la hoja de datos del fabricante se sabe que va de los 0 a los 15Vdc.

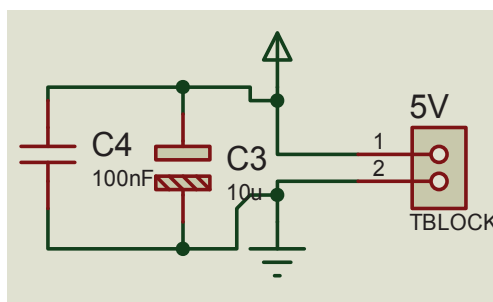


Figura 136. Alimentación del circuito de control de velocidad por medio de PWM.

2. Realizar el conexionado del timer, en su configuración astable según (Fairchild semiconductor, 2013), agregándole el diodo en paralelo, para provocar la independencia de los tiempos de carga y descarga tal y como se ve en la figura (137).

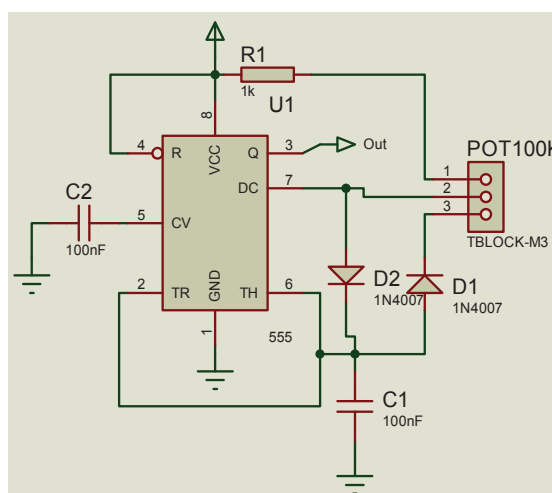


Figura 137. Configuración astable del timer 555.

3. Para la salida del control se tendrá un transistor de potencia, y además para conocer el momento en que se encuentra funcionando la placa, un led indicador de estado, junto con una entrada en serie de alimentación del motor, para poder manejar sin problema la corriente del circuito como en la figura (138).

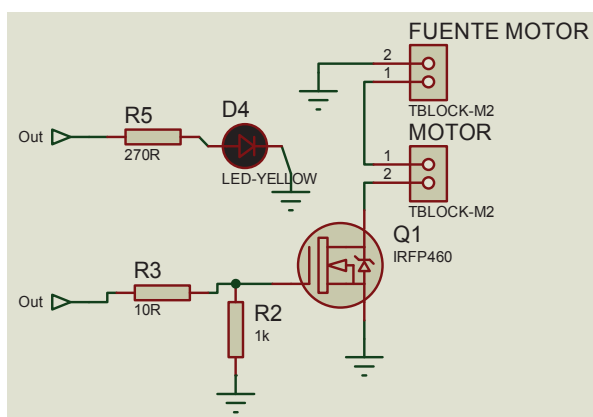


Figura 138. Transistor de potencia y alimentación del motor para el circuito de control de PWM.

4.7.1.3. Diseño de la placa del control de potencia del control de PWM.

Para realizar la placa del control de potencia se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Se procederá al ruteado de las pistas por medio de la utilización de un programa de diseño de placas pcb, en el cual se ubica los componentes, tratando

de no cruzar uno con otro, y realizando el trazado de manera que ninguna pista se monte en otra como se ve en la figura (139).

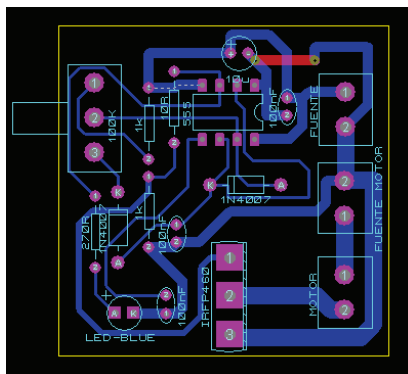


Figura 139. Diseño de la placa del control de velocidad de PWM.

2. Después de haber organizado los elementos y haber hecho el ruteado, se podrá pasar a la revisión de los elementos y conexiones en el pcb como se ve en la figura (140).

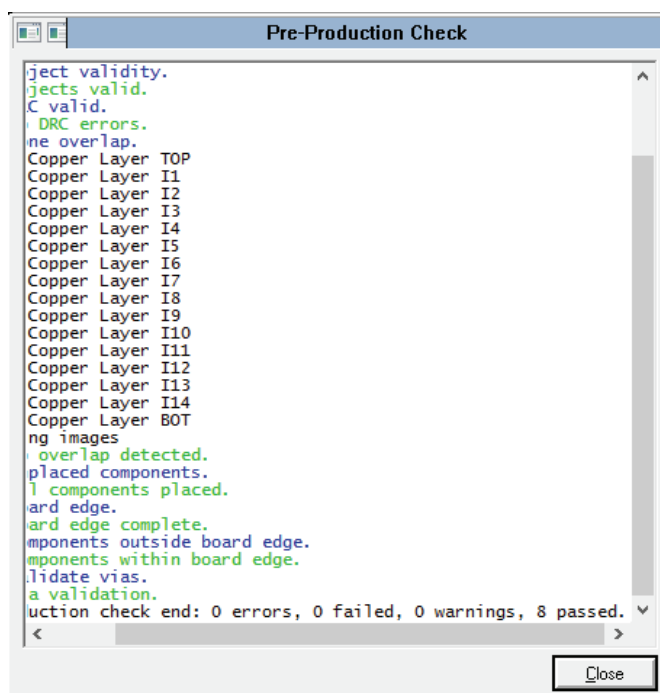


Figura 140. Control del ruteado de los elementos del pcb del circuito de control de PWM.

3. El programa indica que no existen problemas con el ruteado de pistas, ni

elementos faltantes o pistas abiertas y gracias al programa podemos tener una visualización de la placa en 3D como en la figura (141).

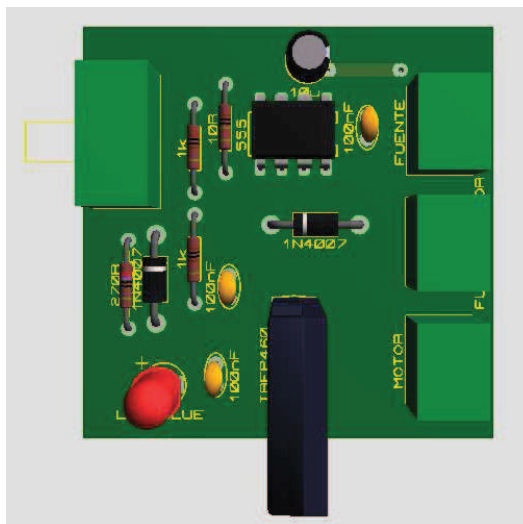


Figura 141. Diseño de la placa en 3D del circuito de control de PWM.

4. Finalmente, se puede proceder a realizar la quema de la placa, y montaje de elementos para poder utilizarla como se ve en la figura (142).

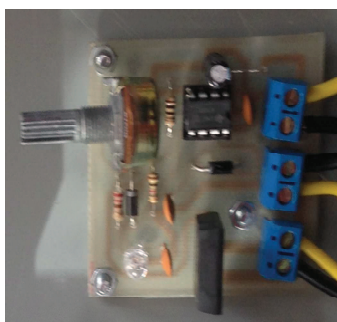


Figura 142. Circuito de control de PWM para los motores de 12 Vdc.

4.8. Conexión de la máquina.

Para realizar el conexionado de la máquina, se deberá seguir los planos eléctricos de los anexos, los cuales muestran como está realizado y como se encuentran relacionados unos con otros elementos eléctricos.

Los códigos indicados en los planos eléctricos y electrónicos, se encuentran en el interior de la máquina, sobre cada cable, etiquetados, para facilitar en el caso de tener algún problema, la fácil interpretación y reparación del sistema eléctrico de la máquina.

Como se puede observar en la figura (143), para el mejor manejo en la instalación de todos los componentes, se utilizó la pared de fondo de la máquina para ubicar todos los elementos utilizados para el funcionamiento de esta.

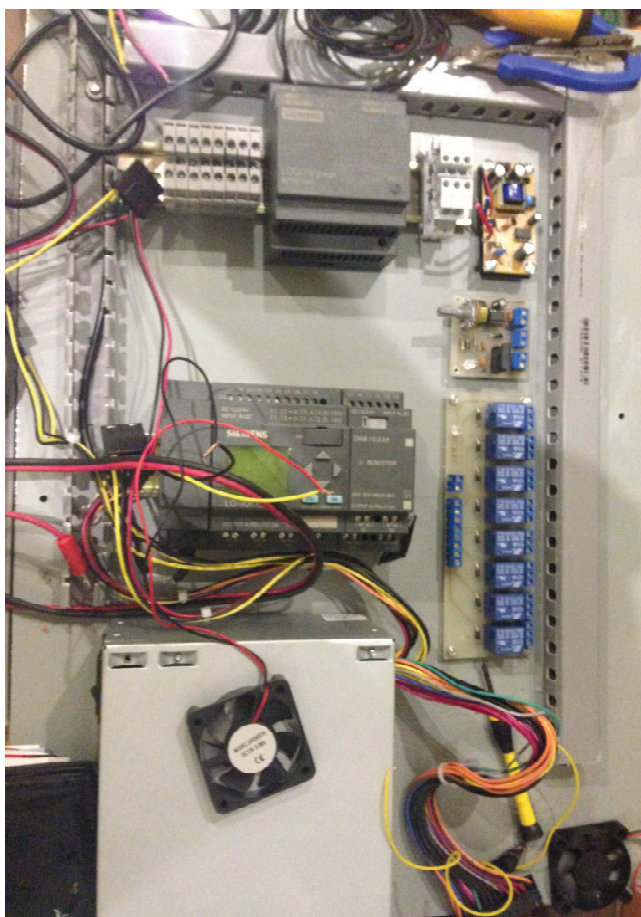


Figura 143. Panel de instrumentos eléctricos y electrónicos de la máquina automática de BP.

CAPITULO 5

PROGRAMACIÓN DEL PLC LOGO DE SIEMENS

5.1. Aspectos previos de la programación del PLC Logo de Siemens.

Para comenzar con la programación del PLC, se deberá seleccionar los aspectos previos, que serán la base del funcionamiento de la máquina, además que servirá como punto de partida según los requerimientos deseados por parte de los auspiciantes de la máquina. Los aspectos previos a tomar en cuenta serán:

- Según los encargados de las canchas de paintball, el mayor problema es las bolas de pintura dañadas por falta de control en sus condiciones, esto debido a que fueron sacadas de sus contenedores principales.
- De acuerdo a los encargados de la cancha, el tiempo que se demoran en entregar paquetes de alquiler a los clientes, hace del juego muy demorado y por lo tal, los juegos toman más tiempo de lo necesario.
- Las bolas de pintura pierden su forma, de acuerdo a que no son movidas o reorganizadas, haciendo que la pintura en su interior se mantenga solo en un lado, deformándolo o dañando la corteza de la Bola.
- Debido a que no existe todavía la tecnología, la dosificación de las B.P., se las realiza a los clientes en pods, con marcas de acuerdo al número de bolas solicitas, haciendo que el número de bolas entregado, no sea el estipulado, generando duda para el cliente, y además falta de control en las canchas.
- Existen paquetes de alquiler en los cuales el número de bolas ya es preestablecido, los cuales según el personal encargado, deberían tener la posibilidad de seleccionar y llenar de la manera más rápida
- Debido a que el paintball es un deporte de equipo, y los juegos son de más de 2 personas, debería haber la posibilidad de poder hacer el llenado de varios pods mientras el encargado se encarga de otras áreas del servicio.

5.2. Diagramas de causa-efecto para la programación del PLC.

Los diagramas de causa-efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las causas de un problema. Un eje se dirige al efecto, sobre él se disponen las posibles causas. Es una de las herramientas eficaces en acciones de mejoramiento y una solución de procesos ya que permite, de forma sencilla agrupar y visualizar las razones que dan el origen de un problema. (Sarv, 1997)

Se partirá de los aspectos varios, y definiremos como efectos, a las partes más importantes o a los resultados que el diseñador observó, los que serán:

- Control de temperatura y Humedad.
- Control de Rotación.
- Control de dosificación.

A partir de estos 3 efectos deseados para que la maquina sea automática, óptima y funcional, para los encargados y empleados de las canchas, se tendrá:

5.2.1. Diagrama causa-efecto de control de temperatura y humedad.

En la figura (144), se puede observar el diagrama causa-efecto de la necesidad de realizar un control de temperatura y humedad a las BP., en la máquina.

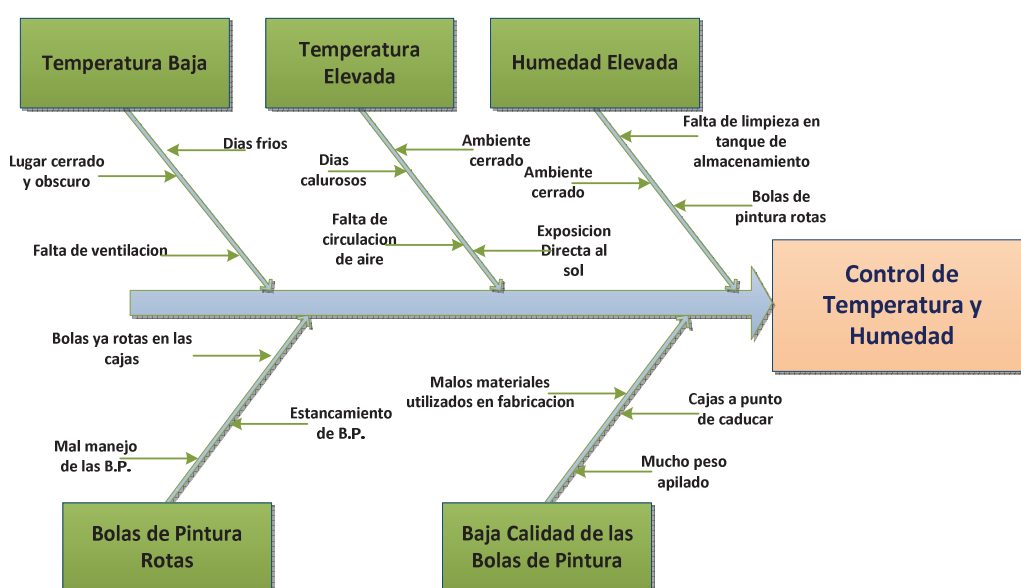


Figura 144. Diagrama causa-efecto del control de temperatura y humedad.

5.2.2. Diagrama causa-efecto control de rotación

En la figura (145), se puede observar el diagrama causa-efecto de por qué es necesario el realizar el control de rotación de las BP., en la máquina.

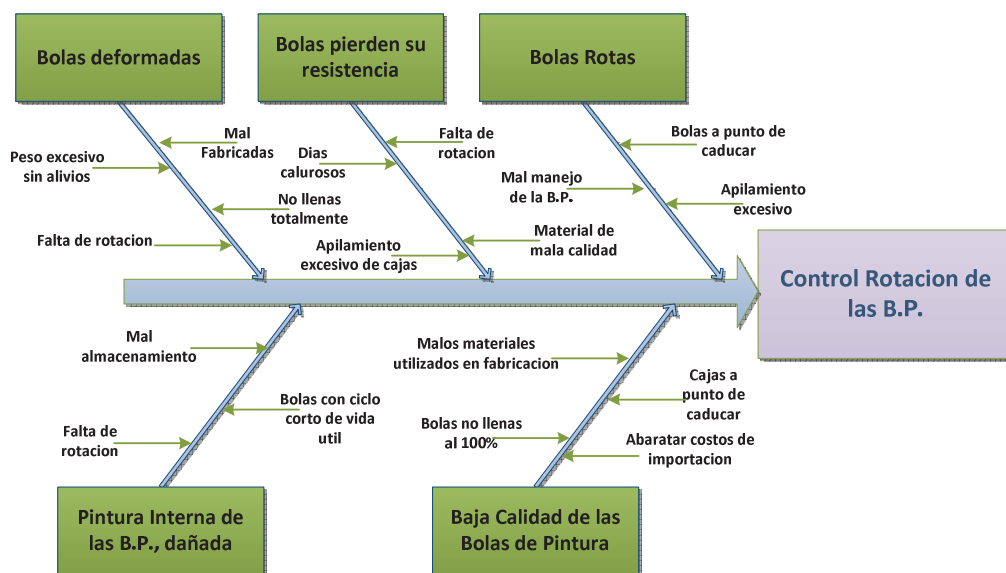


Figura 145. Diagrama causa-efecto del control de rotación de BP.

5.2.3. Diagrama causa-efecto control de dosificación de BP.

En la figura (146), se puede observar el diagrama causa-efecto de por qué es necesario el realizar el control de dosificación de las BP., en la máquina.

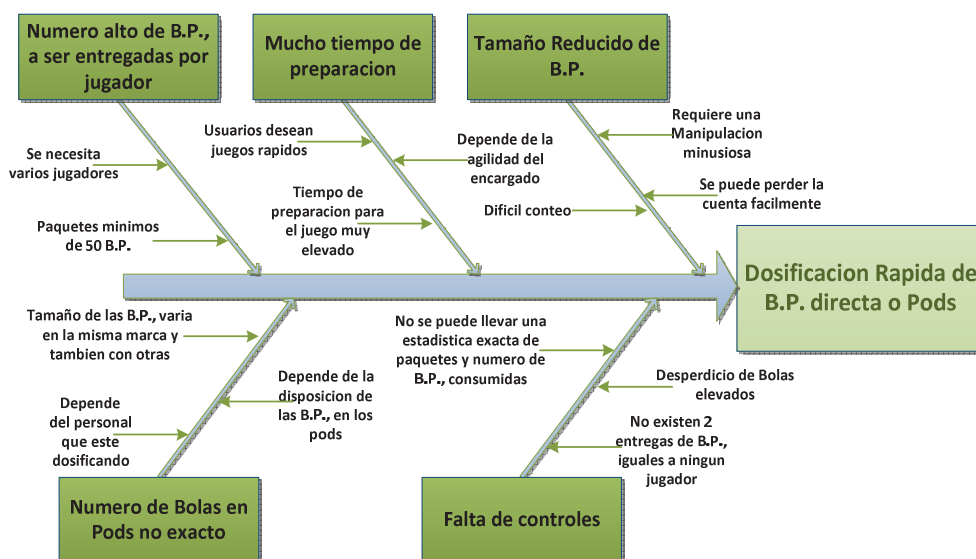


Figura 146. Diagrama causa-efecto de la dosificación de BP.

5.2.4. Diagrama causa-efecto total de los problemas de la máquina de BP.

En la figura (147), se puede observar el diagrama causa-efecto total de los problemas que tiene la maquina automática de BP., para con esto poder identificar bien las áreas de control y conocer cuáles serían los problemas que se pueden evitar realizando el control a cada área indicada.

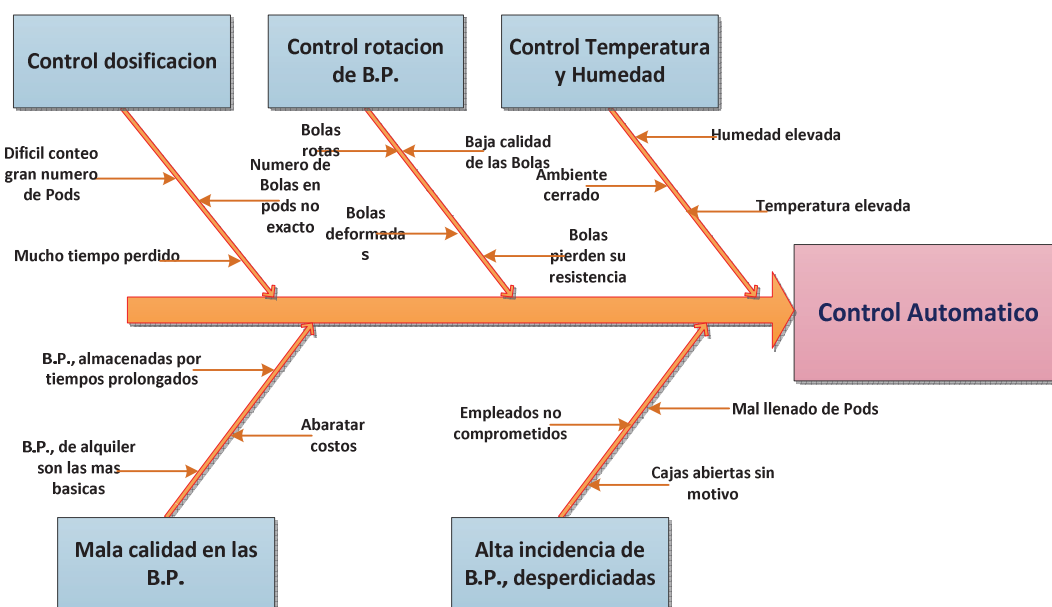


Figura 147. Diagrama causa-efecto total de la maquina automática de BP.

Con el diagrama de causa y efecto Total, se logra observar las razones principales, de la automatización de la máquina, y en sí mismo, del desarrollo de esta, además de incluir dentro de sí, los efectos principales reconocidos dentro de los aspectos varios por parte del diseñador.

A partir de las matrices de causa y efecto, podemos observar los valores de entrada en los procesos y poder desarrollar una matriz de relaciones, o hacer un QFD (Quality function deployment) también conocido como “Casa de la calidad”. (Zaidi, 1993)

5.3. Matriz QFD para las necesidades de control.

Hoy en día existe un gran avance en la tecnología orientada al diseño de productos, donde la persona puede ingresar sus parámetros y con esto obtener diferentes valores que le dan a conocer cuáles son sus necesidades para su diseño.

Una gran herramienta que ha venido tomando gran impulso es la ingeniería del diseño concurrente. En el diseño concurrente, los ingenieros tratan de hacer más eficiente la ingeniería, tratando de unir varios procedimientos que sirven para reducir los tiempos que se utilizan en el desarrollo de proyectos, teniendo en cuenta la calidad del producto, considerando desde un principio las necesidades que van a tener los clientes o las personas que desarrollen el producto, pasando por su concepción inicial, la fabricación, control de la calidad, hasta su disposición final, pasando por la fabricación, la distribución y la venta.

Para el diseño concurrente se utiliza el QFD (Quality function deployment) también conocido como “Casa de la calidad”, la cual permite ingresar valores para obtener en que partes del diseño vamos a poner más atención.

Para la matriz QFD se parte del “QUE”, donde se indica que es lo que se quiere para el diseño, una vez ingresado el que, se prosigue al “COMO”, donde se indica en base a que se va a realizar el diseño.

Después se procede al “QUE VS COMO” donde se asignan valores en una tabla, la cual permite realizar la relación que existe en las necesidades del QUE, con las opciones del COMO.

Aparte posee un “ANÁLISIS QUE” el cual permite mostrar cuales van a ser los valores que más se debería trabajar en el diseño. También dentro de este cuadro, se puede realizar el “BENCH MARKING”, para conocer a la competencia y compararla con el producto que se está desarrollando.

Una vez con esto se procede a la funcionalidad del producto, con los valores más altos que se obtenga en el sistema QFD, y que serán las características en las cuales deberá centrar el diseño de control.

5.3.1. Descripción de la Matriz QFD.

Para realizar el QFD, comenzara escogiendo los “QUE”, para lo que se seleccionara las características o entradas del proceso, las cuales se obtendrán de los aspectos previos dados por los encargados y empleados de la cancha, además de las

causas encontradas en los diagramas de Ishikawa (causa-efecto).

Las características son:

- Temperatura
- Humedad
- Rotación
- Dosificación Directa
- Dosificación Pods
- Base giratoria
- Posición Base giratoria

Para los “COMO”, se seleccionaran los requerimientos funcionales que se desean implementar en la máquina, estos requerimientos van a estar dentro de rangos definidos para cada tipo, y son:

- Control Temperatura
- Control humedad
- Control rotación
- Control dosificación directa
- Control dosificación en pods
- Control posición base
- Control automático de la maquina
- HMI
- Panel de control
- Ahorro de energía

Para las relaciones que van a existir entre los QUE vs COMO, se utilizara relaciones que van:

- Fuerte
- Moderada
- Débil

Para los COMO vs COMO, se tendrá un sistema de correlaciones que van a ser:

- Positiva
- Negativa
- No correlación

Finalmente para ver la orientación de la dirección de la mejora del sistema, se tendrá las siguientes opciones que van a ser:

- Maximizada
- Objetivo
- Minimizada

A parte de esto se establecerán rangos de importancia, los cuales se obtendrán a partir de los diagramas de causa-efecto, para cada característica o entrada deseada, estos valores van a ir en formato porcentual para poder obtener un grado de importancia referente y poder luego ingresar esos valores en el sistema QFD, que va a permitir obtener los resultados para el diseño del proceso de control como se ve en la figura (148).








Característica #	Peso de la característica	Peso relativo	Importancia del Cliente	Relacion Maxima	Entradas del Sistema (implícitos-explicitos)	Requerimientos Funcionales
1		15%	6	9	Temperatura	
2		15%	6	9	Humedad	
3		10%	6	9	Rotacion	
4		20%	5	9	Dosificacion Directa	
5		15%	5	9	Dosificacion Pods	
6		15%	3	9	Base Giratoria	
7		10%	2	9	Posicion Base giratoria	
		100%			Relacion Maxima	

Figura 148. Características "QUE" del QFD de la programación de la máquina.

Se procede a ingresar las relaciones entre los QUE VS COMO, como se ve en la figura (149), para observar cómo se relaciona cada característica deseada con cada requerimiento establecido para el proceso.

Entradas del Sistema (implícitos-explicitos)	Requerimientos Funcionales									
	Control de Temperatura	Control de Humedad	Control de Rotacion	Control de dosificacion directa	Control de Dosificacion pods	Control posicion base	Control automatico de la Maquina	HMI	Panel de control	Ahorro de energia
Temperatura	●	○	▽	▽	▽	▽	●	○	▽	○
Humedad	○	●	▽	▽	▽	▽	●	○	▽	○
Rotacion	▽	▽	●	○	○	▽	●	▽	▽	○
Dosificacion Directa	▽	▽	○	●	○	▽	○	○	○	▽
Dosificacion Pods	▽	▽	○	○	●	●	○	○	○	▽
Base Giratoria	▽	▽	○	▽	○	●	○	○	▽	▽
Posicion Base giratoria	▽	▽	▽	▽	●	●	○	▽	▽	▽

Figura 149. Relaciones “Que vs COMO” de la matriz QFD para la programación.

También es el momento de establecer las correlaciones del COMO, para lo cual se observara que sistemas están más unidos unos con otros.

Columna #		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Direccion de la mejora		▲	▲	◇	▲	◇	◇	◇	◇	◇	▼
Entradas del Sistema (implícitos-explicitos)	Requerimientos Funcionales	Control de Temperatura	Control de Humedad	Control de Rotacion	Control de dosificacion directa	Control de Dosificacion pods	Control posicion base	Control automatico de la Maquina	HMI	Panel de control	Ahorro de energia

Figura 150. Correlaciones del “COMO” de la matriz QFD de la programación de la máquina.

Se ingresara los valores técnicos de los competidores, para poder hacer un análisis de Bech Marking como en la figura (151), el cual para la maquina no existen y solo se podrá observar los pesos de cada requisito funcional en una escala de 0 a 5.

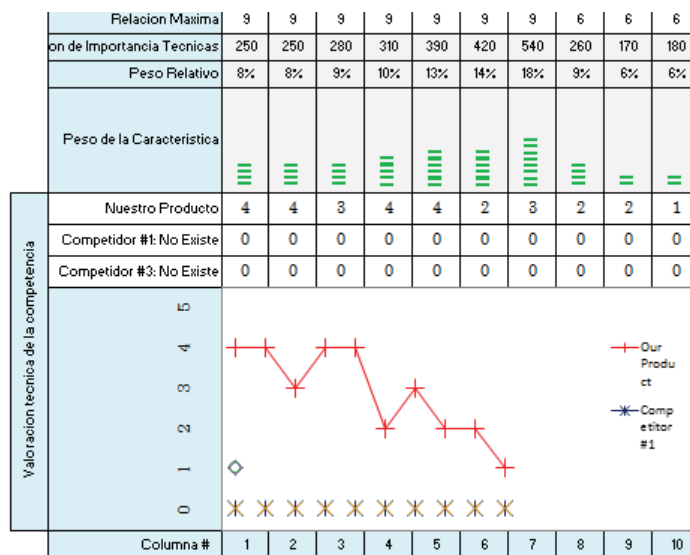


Figura 151. Análisis de Bech Marking de la matriz QFD de la programación.

También existe la posibilidad de ingresar valores de competencia, con valores de 0 a 5 a cada ítem, para poder observarlo de manera gráfica como en la figura (152).

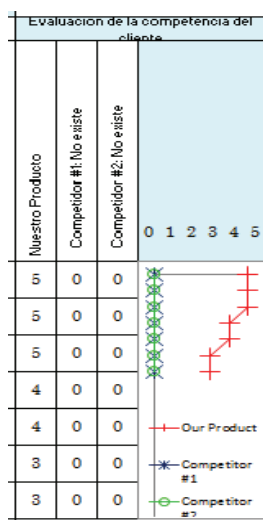


Figura 152. Valores de la competencia de las características "QUE".

Una vez que se tiene ingresado todo el QFD, se obtendrá una herramienta completa que va a permitir mirar las relaciones entre las características y los Requerimientos,

observar que características son más apreciadas que otras, y cómo hacer que estas características sobresalgan variando las relaciones con los Requerimientos.

Para continuar el diseño de la matriz QFD, se realizara las ponderaciones del sistema, para lo cual se definirá de la siguiente manera:

- Objetivo
- Relación de mejora
- Argumento de venta
- Ponderación absoluta
- Ponderación relativa

5.3.2. Objetivo de las ponderación del sistema.

Para el objetivo, el diseñador asignara valores de 1 a 5, siendo 5 el valor más alto, y se ocupara para la característica o entrada del proceso a la que se desea dar mayor importancia.

5.3.2.1. Relación de mejora de las ponderaciones del sistema.

La relación de mejora es igual al objetivo, dividido para el valor de nuestro producto, con esta relación se observara en que se tiene un mayor valor agregado.

$$\text{Relacion de mejora} = \frac{\text{Objetivo}}{\text{Valor del Producto}} \quad (36)$$

5.3.2.2. Argumento de venta de las ponderaciones del sistema.

Con el argumento de venta se establecerá bajo que parámetro se podría vender el producto, la característica insignia; de igual manera que el objetivo estos valores los llenara el diseñador.

5.3.2.3. Ponderación Absoluta.

Para la ponderación absoluta se hará un cálculo a partir de la importancia del cliente, el objetivo, y la relación de mejora.

$$P. Absoluta = Imp. cliente * objetivo * relacion de mejora \quad (37)$$

5.3.2.4. Ponderación relativa.

Para la ponderación relativa como en la figura (153), se hará la sumatoria de la ponderación absoluta, ya que es un valor total, y para cada valor de la ponderación absoluta le dividimos para la sumatoria y se lo multiplicara por 100.

$$Ponderacion Relativa = \frac{Ponderacion Absoluta}{\sum Ponderacion Absoluta} * 100 \quad (38)$$

Row #	Objetivo	Relacion de Mejora	Argumento de Venta	Ponderacion Absoluta	Ponderacion Relativa
1	5	1	2	30	21,73913043
2	5	1	2	30	21,73913043
3	3	0,5	1	9	6,52173913
4	5	1,25	5	31,25	22,64492754
5	5	1,25	5	31,25	22,64492754
6	3	0,5	2	4,5	3,260869565
7	2	0,5	2	2	1,449275362
				138	100

Figura 153. Ponderaciones del sistema de la Matriz QFD.

Los valores mejor puntuados, van a ser aquellos que marquen las pautas de cuáles son las partes del proceso más importantes y que el diseñador debe centrarse para la programación de la máquina y su funcionamiento.

Con lo que la tabla (92) del QFD total será la siguiente.

5.4. Directrices de la programación.

Una vez realizadas las ponderaciones del QFD, se obtuvo que las entradas principales del proceso que sobresalieron son:

- Dosificación directa con 22,64
- Dosificación en pods con 22,64
- Temperatura con 21,73
- Humedad con 21,73

Una vez que se tiene las principales entradas o características del proceso de automatización y programación de la máquina dosificadora, se procederá a realizar los diagramas de procesos.

5.4.1. Procesos de control.

Con los diagramas de causa-efecto y el QFD, se puede obtener los controles necesarios para el funcionamiento de la máquina, con lo cual se tendrá los procesos principales de la máquina, y además que guiaran en el diseño del programa que regule el funcionamiento de la máquina. Los procesos son:

- Control Temperatura y Humedad
- Control de Rotación
- Control de dosificación

Para esquematizar el proceso del sistema se hará un esquema Idef0, con el cual se identificarán las variables, los controladores, y los resultados del funcionamiento.

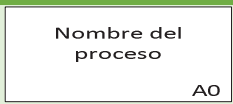







5.4.2. IDEF0 del proceso.

El IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) es un método gráfico, diseñado para modelar decisiones, acciones y actividades de una organización, sistema o proceso, generalmente en el área de control y gestión de la calidad.

Se hará el diagrama de modelo de cada proceso y se ensamblará la red de procesos de la máquina ocupando la simbología de la tabla (93).

Tabla 93.

Simbología utilizada para el diagrama del proceso.

Símbolo	Descripción
	Proceso n n: identificación del proceso
En 	Entrada del Proceso
Sn 	Salida del Proceso
Cn 	Control del Proceso n
Sn 	Salida del Proceso n
	Nodo o conector m:código del conector o nodo
	Interrelación entre todos los procesos
	Cliente externo

5.4.2.1. Proceso del control de temperatura y humedad.

En la figura (154), se puede visualizar todas las partes involucradas para lograr realizar el proceso de control de temperatura y humedad.

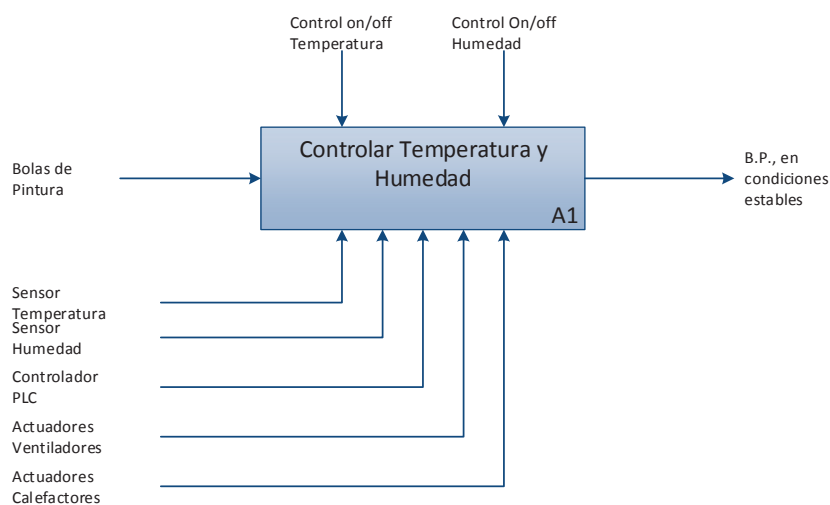


Figura 154. Diagrama del proceso de control de temperatura y humedad.

Con el diagrama del proceso de control de temperatura y humedad, se podrá realizar el diagrama de flujo, tal como se ve en la figura (155).

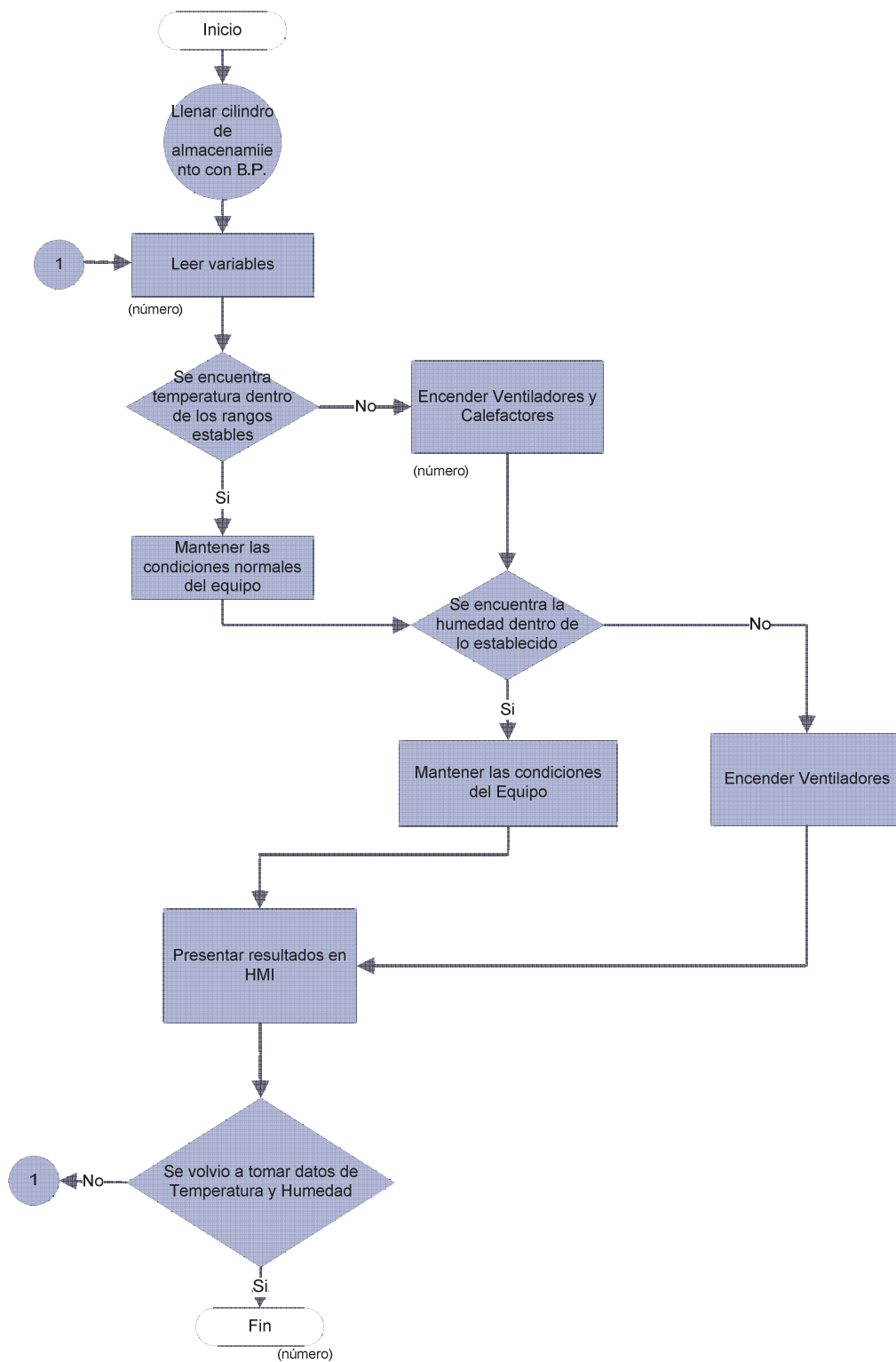


Figura 155. Diagrama de flujo del proceso de control a temperatura y humedad.

5.4.2.2. Proceso del control de rotación de BP.

En la figura (156), se puede ver el proceso de dosificación de BP., y todas las variables que intervienen en esta función de la máquina.

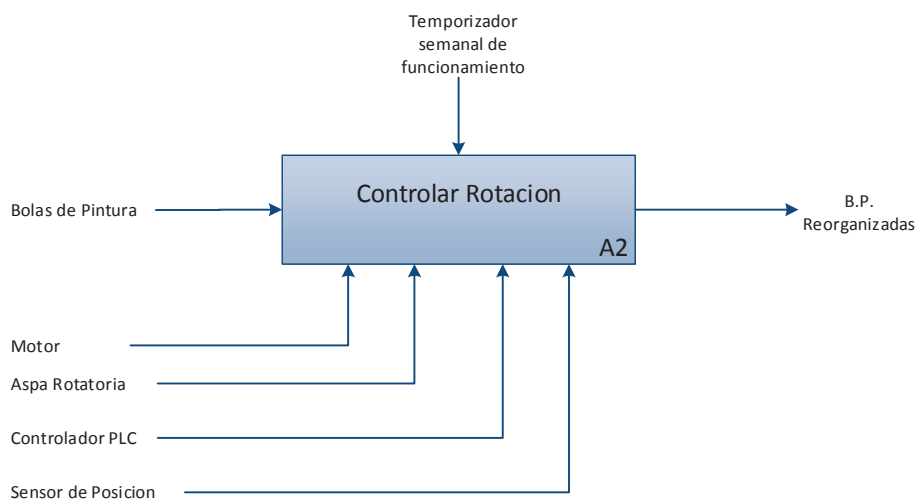


Figura 156. Proceso del control de rotación de BP.

Con el diagrama de proceso se puede realizar el diagrama de flujo de este proceso, el cual servirá de guía para la programación de la máquina, como en la figura (157).

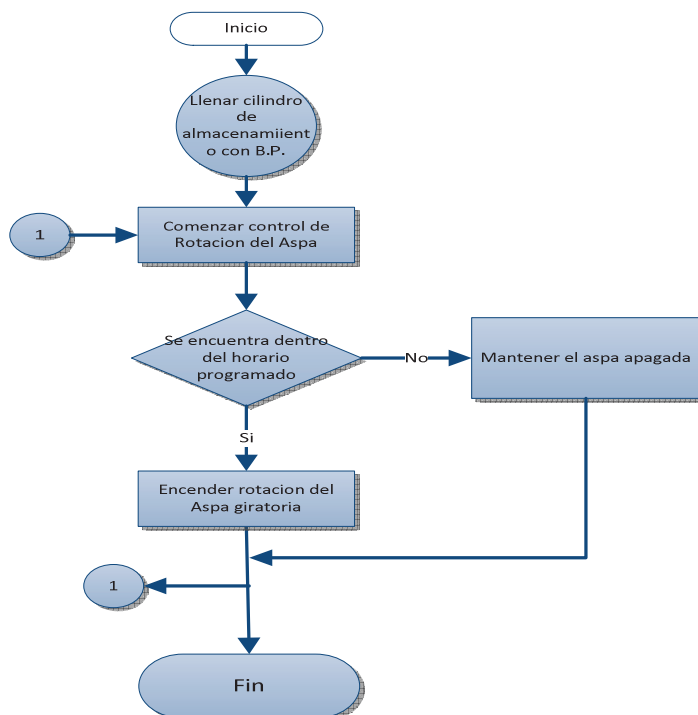


Figura 157. Diagrama de flujo del proceso de rotación de las BP.

5.4.2.3. Proceso de control de dosificación.

En la figura (158), se puede observar el proceso de dosificación de BP., junto con las variables que intervienen en la máquina para realizar esta función.

Como se observa en la figura(158), el proceso de control nos indica que esta funciona de la máquina, es una de las más complejas debido a que tiene un número elevado de entradas de controles a realizarse y dando por tal una programación más elaborada.

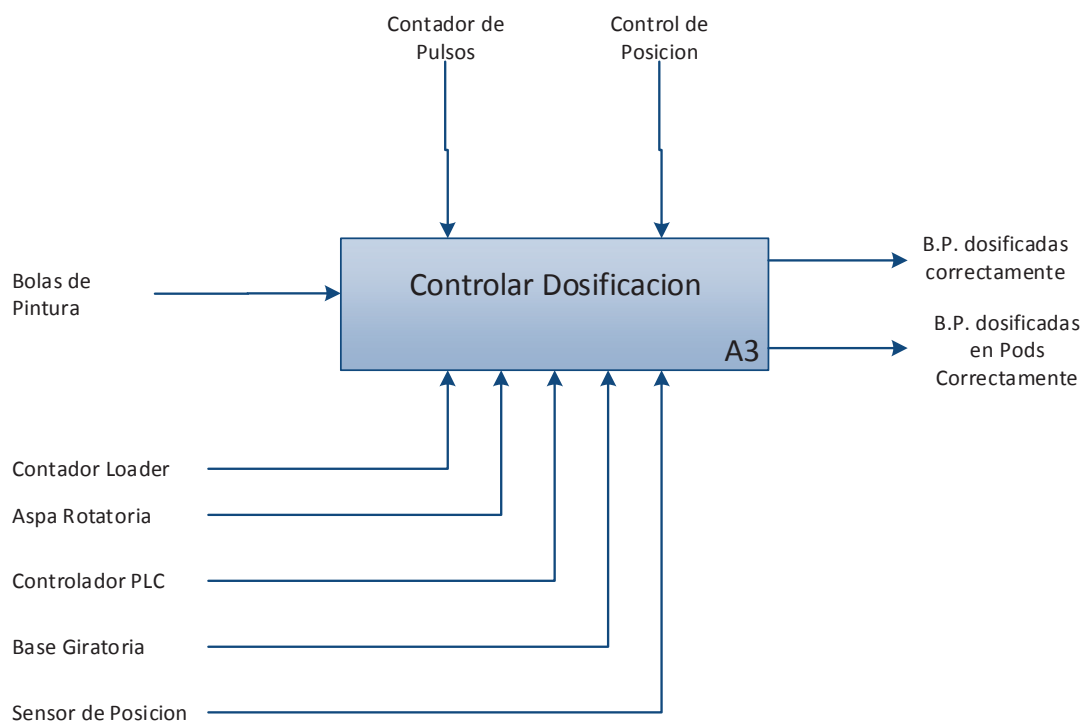


Figura 158. Diagrama del proceso de dosificación de BP.

Con el diagrama de proceso de dosificación de BP., se puede realizar el diagrama de flujo del control de este proceso, el cual servirá de guía para la programación de esta función en la máquina, tal y como se muestra en la (159).

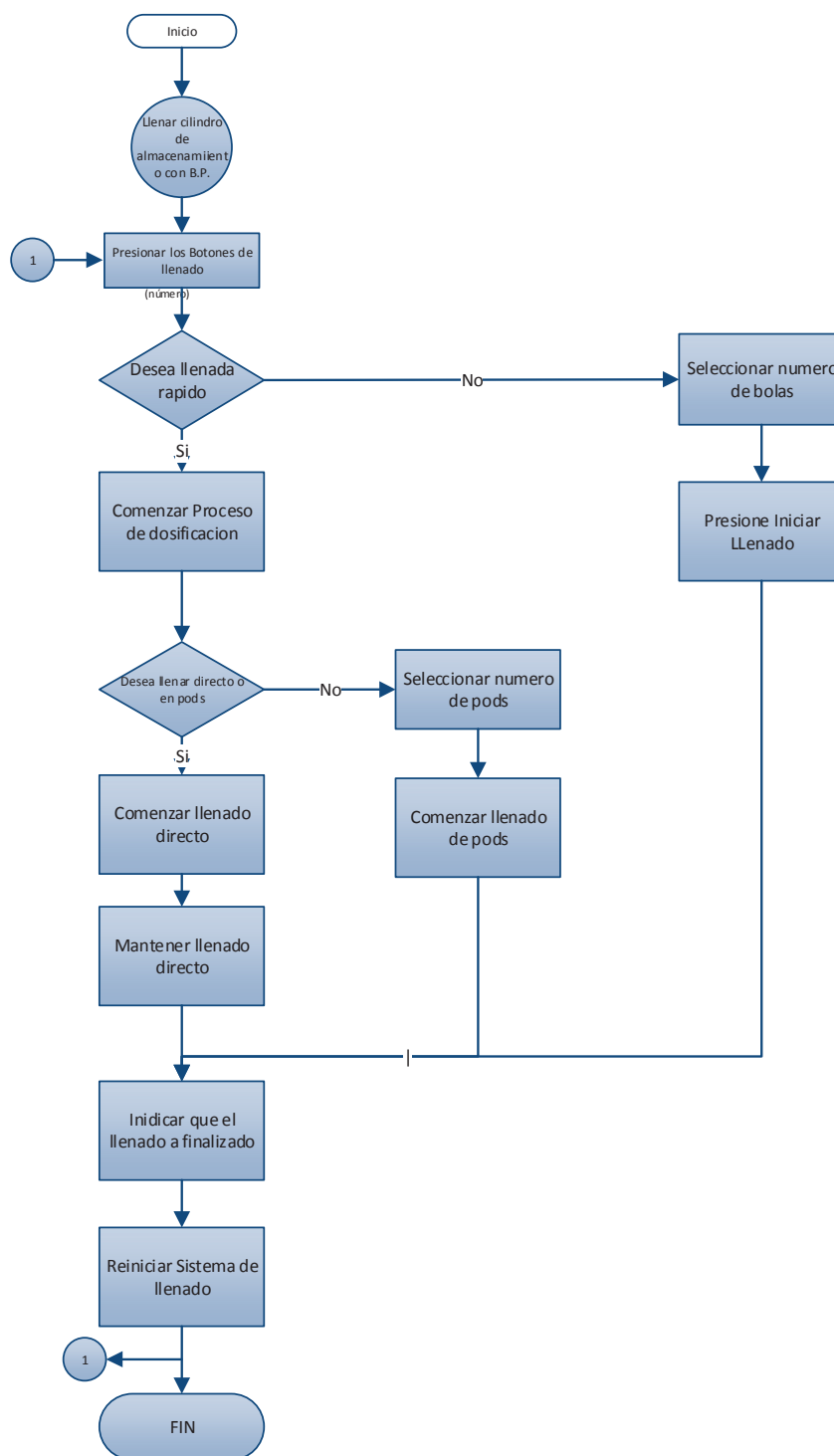


Figura 159. Diagrama de flujo del proceso de dosificación de BP.

Con lo cual se puede realizar el IDEF 0 total de la máquina, como se ve en la figura (160), y ver todos los procesos relacionados con esta, las entradas y salidas y lograr conocer como están relacionados uno con otro proceso.

Figura 160. IDEF0 total de los procesos de control de la máquina.

5.5. Programación con Logosoft Confort del PLC Logo Siemens.

El PLC Logo de Siemens, viene con su propio programa para ser configurado, el que permite poder programar el PLC tanto en FBD (diagrama de bloques de función), o tipo ladder (programación tipo escalera); lo que brinda al programador, la capacidad de seleccionar el lenguaje que más se adapte a sus necesidades.

En este caso, la programación por diagrama de bloques de función (FBD), va a ser considerada la más idónea, ya que permite tener una lógica de programación, más orientada hacia condiciones y control, además que permite la utilización de bloques de memorización de textos y presentación de control.

5.5.1. Bloques de Función del programa Logosoft Confort.

En el PLC logo de Siemens, un bloque de función, es un elemento de programación, que permite tomar la información de entrada, procesarla, y dar una información de salida, como se ve en la figura (161).

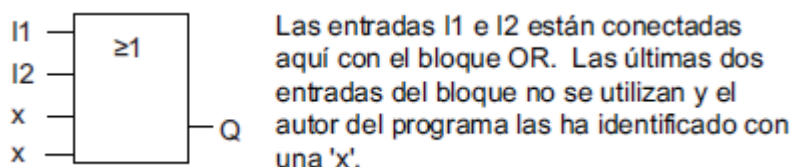


Figura 161. Bloque de función del programa Logosoft Confort.

Fuente: (PLC, Siemens, 2011)

En las entradas no utilizadas el programa adopta el estado que permita el funcionamiento del bloque sin ningún problema. Siendo normalmente identificadas estas entradas con una "x". (Siemens Corporation, 2011)

Para programar el PLC, logo de Siemens, se utilizar el programa LogoSoft confort, en su versión 7.0. Este programa está diseñado para funcionar exclusivamente con este PLC, y brindar un entorno de programación muy simple, didáctico y atractivo.

Para comenzar la programación, el diseñador debe abrir el programa y seleccionar

nuevo, donde el programa le pedirá indique los datos necesarios para crear el primer programa como se ve en la figura ().

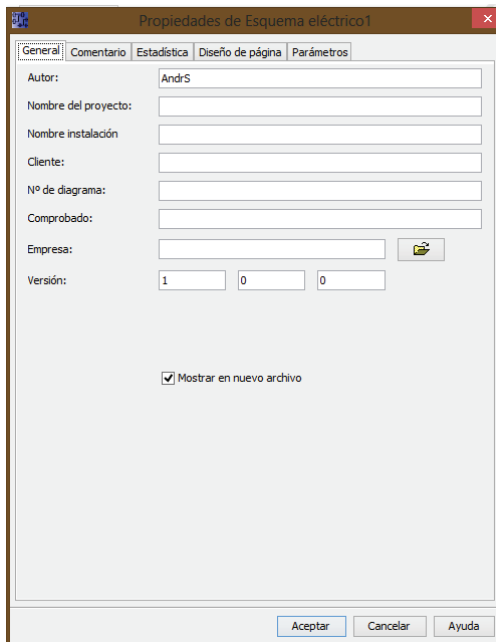


Figura 162. Inicio de la programación en Logosoft Confort.

Como se puede ver en la figura (163), el programa Logosoft Confort está distribuido de la siguiente manera.

- En la parte izquierda, se va a ubicar la barra de herramientas, donde se encuentran los bloques necesarios para la programación. Estos bloques están organizados en grupos de acuerdo a su función, permitiendo al programador un manejo fácil.
- En la parte superior se encuentran la barra de opciones, donde el programador tiene acceso a funciones básicas de manejo del equipo, desde conectar el PLC con el computador, hasta enviar y descargar la información del PLC.
- En el lado derecho se encuentra la ventana de configuración, y aquí es donde se van a ubicar todos los bloques de funciones y realizar la conexión, es aquí donde se realiza la programación.

- En la parte inferior se encuentra la ventana de información, la cual nos da detalles, del programa y del equipo, de una manera de fácil interpretación, indicando desde que bloque se encuentra sin conexión, hasta si no se puede realizar la carga o descarga de programas del PLC.

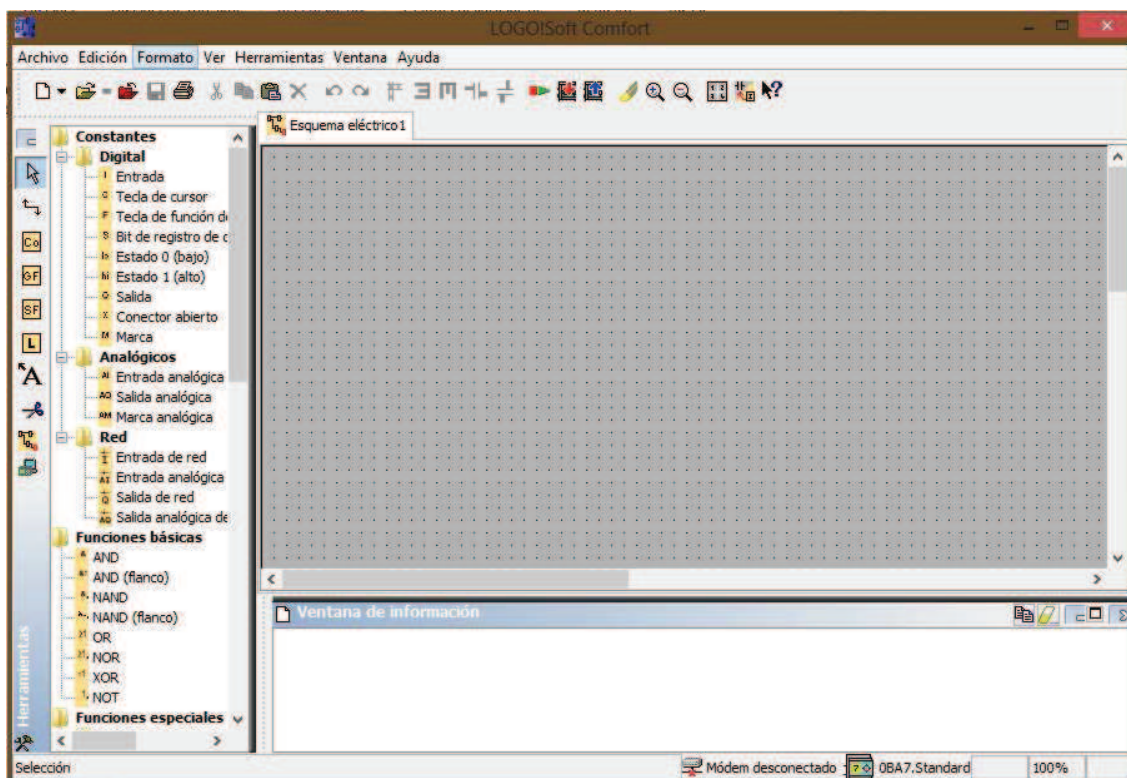


Figura 163. Pantalla de programación del programa Logosoft Confort de Siemens.

5.5.2. Escalar valores de medida en Logosoft Confort.

Para poder escalar los valores de medida de un sensor en el PLC Logo de Siemens, y por tal obtener los valores más reales medidos, el programa Logosoft tiene la capacidad de ajustar los valores de ganancia y offset en cada entrada analógica de la siguiente manera.

- Para la ganancia, se va a necesitar el rango de variable del sensor (temperatura, presión, etc.).

- El rango de la medición de esta variable (voltaje, corriente).
- La ecuación (), para el cálculo de la ganancia

$$Ganancia = \frac{Rango\ de\ variable}{Rango\ de\ medida} \quad (39)$$

$$Ganancia = \frac{Maximo\ valor\ de\ variable - minimo\ valor\ de\ variable}{Maximo\ valor\ de\ medida - Minimo\ valor\ de\ medida}$$

Para el offset o desfase de medición, el programa permite ingresar los valores de manera directa o de acuerdo a los rangos de la variable, es decir, si el sensor tiene un rango de -20 a 60 °C, el desfase será de -20

Para el control de temperatura y humedad se tendrá:

$$Ganancia\ Temperatura = \frac{(60 - (-20))^{\circ}C}{(10 - 0)Vdc} = 8^{\circ}C/Vdc$$

$$Offset\ Temperatura = -20^{\circ}C$$

$$Ganancia\ Humedad = \frac{(100 - 0)^{\circ}C}{(10 - 0)Vdc} = 10\%HR/Vdc$$

$$Offset\ Temperatura = 0\%HR$$

Los diagramas de programación, así como el conexionado de bloques, junto con el diseño de la programación, para que la maquina logre almacenar, conservar y dosificar bolas de pintura de acuerdo a como se ha especificado en este documento, se los puede encontrar en el Anexo de programación.

CAPITULO 6

PROTOCOLO DE PRUEBAS.

6.1. Descripción.

Para verificar el funcionamiento de la máquina, y poder saber si esta cumple con los requerimientos planteados, se va a desarrollar un protocolo de pruebas en el cual, se podrá conocer si la máquina, satisface todas las necesidades planteadas y funciona de manera correcta.

Para poder revisar las pruebas, los formatos utilizados en cada una para su evaluación así como los resultados de estas, se debe acudir al ANEXO DE PRUEBAS y además al anexo digital donde se van a guardar las hojas utilizadas y calificadas de cada prueba.

Dentro del protocolo de pruebas se va a establecer 3 áreas de control, las cuales van a permitir observar el desempeño de la máquina, partiendo desde cada uno de sus componentes, hasta el funcionamiento completo de la máquina.

- Pruebas mecánicas.
- Pruebas eléctricas y electrónicas.
- Pruebas de máquina en funcionamiento.

6.2. Pruebas Mecánicas.

El protocolo de pruebas mecánicas se ha establecido para verificar si la maquina posee las características deseadas y ver si cumple o no con el diseño planteado. Este protocolo tiene un total de 4 pruebas.

Para el protocolo de pruebas mecánicas se ha establecido el formato P1, para la toma de datos y verificación de cada prueba, donde se puede establecer si la maquina aprueba o no aprueba, o si aprueba con observaciones.

6.2.1. Prueba 1: Capacidad de almacenamiento.

En la prueba 1, se pudo establecer que la maquina SI APRUEBA, en capacidad de

almacenamiento, teniendo el espacio suficiente para mantener más de 6300 bolas de pintura que fue el establecido como la capacidad que debería tener la máquina.

6.2.2. Prueba 2: Capacidad Estructura Base.

En la prueba 2, de la capacidad de la estructura base, la Máquina SI APRUEBA, en mantener el peso de las bolas de pintura junto con el cilindro de almacenamiento y los componentes necesarios para el funcionamiento de la máquina.

6.2.3. Prueba 3: Capacidad Base Giratoria.

En la prueba 3, la máquina SI APRUEBA, en cuanto al diseño, de la base giratoria siendo amigable con el usuario, haciéndola estética y fácil de manejar además de ser fácil de visualizar cada elemento y con la base de pods hacia un lado.

6.3. Pruebas eléctricas y electrónicas.

El protocolo de pruebas eléctricas y electrónicas, se ha establecido para verificar si la máquina cumple las características eléctricas y electrónicas deseadas y ver si cumple o no con lo planteado. Este protocolo tiene un total de 4 pruebas.

Para el protocolo de pruebas mecánicas se ha establecido el formato P2, para la toma de datos y verificación de cada prueba, donde se puede establecer si la máquina aprueba o no aprueba, o si aprueba con observaciones.

6.3.1. Prueba 1: Funcionamiento del sensor de temperatura y humedad.

En la prueba 1, del funcionamiento del sensor de temperatura y humedad, se comprobó que ambas función de manera correcta y por tal el sensor RHP-3W22 Dwyer SI APRUEBA la prueba.

6.3.2. Prueba 2: Funcionamiento del sensor inductivo y del motor del aspa giratoria.

En la prueba 2, del funcionamiento del sensor inductivo y del motor del aspa giratoria, se comprobó que el sensor funciona de manera correcta, y el aspa gira sin ningún problema, con lo cual SI APRUEBA la máquina esta prueba.

6.3.3. Prueba 3: Funcionamiento ventiladores dosificación de aire.

En la Prueba 3 del funcionamiento de los ventiladores, se comprobó que estos funcionan de manera correcta y dando al área de almacenamiento la capacidad de mantener un ambiente controlado, por tal APROBANDO la prueba la máquina.

6.3.4. Prueba 4: Funcionamiento calefactor cerámico.

En la prueba de funcionamiento del calefactor cerámico, se observó que este funciona de manera correcta, calentando sin ningún problema el área de almacenamiento y por tal pudiendo mantener este bajo el rango de temperatura, dando por tal APROBADA la prueba.

6.3.5. Prueba 5: Funcionamiento Loader.

En la prueba 5, se comprobó que el loader tiene la capacidad de dosificar, además que su sensor realiza las cuentas de manera correcta haciendo que pueda considerarse APROBADA la prueba de manera satisfactoria.

6.3.6. Prueba 6: Funcionamiento sensor de posición y motor de la base giratoria.

En la prueba 6, se comprobó que el sensor detecta sin ningún problema la presencia de pods en la base giratoria y además que el motor de la base puede realizar su trabajo sin ningún problema, dando así por APROBADA la prueba.

6.4. Pruebas de funcionamiento de la máquina.

El protocolo de pruebas de funcionamiento de la máquina, se ha establecido para verificar si la maquina cumple con las necesidades planteadas, y realiza todos los procesos para los cuales fue diseñada, dando una correcta programación y por tal teniendo una buena implementación. Este protocolo tiene un total de 4 pruebas.

Para el protocolo de pruebas de funcionamiento de la maquina se ha establecido el formato P3, para la toma de datos y verificación de cada prueba, donde se puede establecer si la maquina aprueba o no aprueba, o si aprueba con observaciones.

6.4.1. Prueba 1: Funcionamiento llenado directo.

En esta prueba se observó que la maquina tiene la capacidad de dosificar las bolas programadas, con un rango de certeza de +/- 5 bolas al valor programado de 100, dando por APROBADA la prueba sabiendo que en cada dosificación se va a tener un error no mayor al 5%, lo cual se considera aceptable.

6.4.2. Prueba 2: Funcionamiento llenado en pods.

En esta prueba se observó que al seleccionar una dosificación en pods, la maquina pregunta el número de pods en un valor de 1 a 4, y haciendo la dosificación sin problemas, presentándose en la dosificación una variación que va de +/- 5 bolas, dando un porcentaje de %5 de error, siendo este aceptable y por tal dando APROBADA la prueba.

6.4.3. Prueba 3: Llenado selectivo de BP.

En esta prueba se comprobó que la maquina al entrar en el menú de llenado selectivo, despliega el mensaje para seleccionar el número de bolas que se desea dosificar dando un error del 10% en la dosificación cuando más bajo es el número de bolas seleccionadas hasta llegar al 5% en la dosificación máxima, lo que indica que el error se presenta a números bajos por la velocidad de actuar en los dosificadores, lo cual se considera aceptable siempre y cuando la dosificación mínima sea de 30 BP., ya que un menor número aunque la maquina tiene la capacidad presentaría una variación de dosificación más apreciable pero que no es utilizado jamás para realizar una venta, dando por tal como APROBADA la prueba con pequeñas observaciones.

6.4.4. Prueba 4: Funcionamiento luces indicadoras, pantalla y paro de emergencia.

En esta prueba se realizó las siguientes observaciones:

- Las luces indicadoras del sistema al igual que las luces de los pulsadores funcionan sin ningún inconveniente y de acuerdo a lo programado.
- La pantalla despliega sin ningún inconveniente los textos necesarios al igual que la información necesaria para el funcionamiento de la máquina.

- El botón de paro de emergencia en cualquier situación desactiva de manera inmediata todas las funciones de la máquina y la mantiene en estado de emergencia por el tiempo programado.

Dando por tal como APROBADA esta prueba y permitiendo conocer que la máquina funciona correctamente de acuerdo a lo planteado.

6.5. Conclusiones de las pruebas.

La máquina demostró que cumple de manera correcta con todas las pruebas realizadas, indicando de tal manera que el diseño, la construcción, el planteamiento de problemas para la programación fueron realizados correctamente dando por resultado una máquina con un correcto funcionamiento, eficiente y por tal óptima para realizar el trabajo para lo que fue desarrollada.

CAPITULO 7

ESTUDIO FINANCIERO

7.1. Introducción.

El presente capítulo, presenta de manera ordenada y detallada, la información financiera referente al desarrollo del presente proyecto de tesis, con el cual se plantea demostrar que durante la realización, planificación, construcción y entrega de la máquina, se mantuvo un estricto control de los valores provisto por la empresa auspiciante para el desarrollo de esta tesis de grado.

7.2. Inversión inicial.

Para la inversión inicial, se utilizó la tabla (94) del presupuesto referencial estimado, presentado en el perfil de aprobación del proyecto. En el cual se trató de incluir la mayoría de factores que afectan de manera directa el valor de construcción de la maquina almacenadora, conservadora y dosificadora de Bolas de pintura.

Tabla 94.

Inversión Inicial.

PRESUPUESTO REFERENCIAL			
Nombre	cantidad	V. Unitario (USD)	V. total (USD)
ventiladores	4	6	24
sensores temperatura	2	5	10
sensores humedad	2	6	12
eje aspas	1	120	120
motor dc pequeño	1	150	150
rotor	1	45	45
motor dc pasos	1	60	60
Estructura máquina	1	500	500
porta pods giratorio	1	120	120
placa PCB	1	135	135
materiales eléctricos	60	3.5	210
focos y pulsadores	8	3.5	28
protecciones eléctricas	5	25	125
Contenedor Almacenamiento	1	180	180
Gastos Varios	1	300	300
TOTAL			2019

Basándose en el presupuesto referencial dado en el perfil del proyecto, la empresa auspiciante entregó como inversión inicial la mitad del valor presentado para comenzar

con el desarrollo del proyecto, y un cronograma de abonos, con los cuales se espera cumplir todo el valor de la máquina, dando una inversión inicial de \$1010 dólares entregados por parte de la empresa Quitusport.S.A., a partir de la aprobación del proyecto de tesis.

7.3. Capital de trabajo.

El capital de trabajo, representa aquellos valores, que permiten mantener el trabajo, y la funcionalidad del proyecto, para con esto poder cumplir de la mejor manera, con el cronograma de actividades planteado. El capital de trabajo se lo calculo y realizo en base a todos los gastos previstos por parte del diseñador, durante el tiempo que está en el cronograma estimado para el desarrollo del proyecto, y se lo presenta en la tabla (95).

Tabla 95.

Capital de trabajo.

Capital de Trabajo	
Descripción	Valor(USD)
Gastos por movilización	\$ 120,00
Gastos por alimentación	\$ 130,00
Gastos comunicación	\$ 45,00
Gastos administrativos	\$ 30,00
Mano de obra directa	\$ 150,00
Mano de obra indirecta	\$ 584,00
Capital de Trabajo	\$ 1.059,00

7.4. Financiamiento.

El financiamiento total de la máquina, y por tal, su dueño, será la empresa Quitusport.S.A., para ser ocupada en su cancha "Extreme Paintball Field".

7.5. Proyección de ingresos y egresos.

7.5.1. Ingresos.

Los ingresos proyectados en la tabla (96), corresponden a todos aquellos valores, que formen parte del total de la inversión para el desarrollo del proyecto.

Tabla 96.**Ingresos utilizados para la construcción de la maquina automática de BP.**

Ingresos	
Descripción	Valor(USD)
Inversión inicial	\$ 1.010,00
Primer abono-construcción	\$ 200,00
Segundo abono-construcción	\$ 250,00
Tercer abono-compra equipos	\$ 200,00
Cuarto abono-ensamble y pruebas	\$ 220,00
Quinto abono-imprevistos	\$ 120,00
Total	\$ 2.000,00

7.5.2. Egresos.**7.5.2.1. Costos.**

Los costos presentados en la tabla (97), son aquellos valores utilizados para la adquisición de equipos, servicios o materiales necesarios para la construcción e implementación de la máquina.

Tabla 97.**Costos de los materiales.**

Costos Materiales			
Descripción	Cantidad	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
Adquisición paneles alucubom laterales(55x38)	3	\$ 6,00	\$ 18,00
Adquisición paneles alucubom tipo L(55x38)	2	\$ 10,00	\$ 20,00
Adquisición paneles alucubom (37x37)	2	\$ 5,00	\$ 10,00
Motores 12 V de 3.5A	2	\$ 22,00	\$ 44,00
Calefactor tipo cerámico pro. Control 110v	1	\$ 31,00	\$ 31,00
Ventiladores tipo 12V	2	\$ 2,54	\$ 5,08
Sensor Dwyer Temp, Humedad RHP 3W22	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Sensor inductivo 1cm	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Rotor valken paintball 12v	1	\$ 50,00	\$ 50,00
PLC logo siemens 12/24v RC	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Logo TD siemens 12/24v RC	1	\$ 134,00	\$ 134,00
Fuente tipo pc, 12,5,3.7 VDC 600W	1	\$ 35,00	\$ 35,00
Fuente tipo plc Logo siemens 110Vac-24Vdc	1	\$ 85,00	\$ 85,00
Materiales eléctricos (Botones, focos indicadores)	9	\$ 6,00	\$ 54,00
Cable flexible #16	35	\$ 0,65	\$ 22,75
Riel dim (600mm)	1	\$ 2,50	\$ 2,50
Canaleta pequeña	6	\$ 0,80	\$ 4,80
Pernos 10mm 2mm dia	45	\$ 0,08	\$ 3,60

Continua

Tuerca 2mm dia	45	\$ 0,04	\$ 1,80
Arandela pequeña dia int 2mm	40	\$ 0,05	\$ 2,00
Conectores naranja cables	30	\$ 0,15	\$ 4,50
Materiales eléctricos varios	1	\$ 120,00	\$ 120,00
Total			\$ 933,03

En la tabla (98), se muestra los costos utilizados como mano de obra indirecta para la construcción de la máquina.

Tabla 98

Costos de mano de obra indirecta.

Costos Mano de Obra indirecta			
Descripción	Cantidad	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
Construcción cilindro metálico de almacenamiento	1	\$ 185,00	\$ 185,00
Construcción aspa giro	1	\$ 55,00	\$ 55,00
Construcción Base metálica	1	\$ 175,00	\$ 175,00
Construcción Base metálica Giratoria	1	\$ 85,00	\$ 85,00
Placa control velocidad motor(construcción)	2	\$ 28,00	\$ 56,00
Placa acoplamiento señal 5vin-12vout(construcción)	2	\$ 14,00	\$ 28,00
Total			\$ 584,00

7.5.2.2. Gastos.

La tabla (99) de gastos corresponden a todos aquellos valores, adquiridos, tanto de bienes o servicios, los cuales van a permitir el desarrollo y producción de la maquina dosificadora de B.P.

Tabla 99.

Gastos

Gastos	
Descripción	Valor(USD)
Gastos de movilización	\$ 120,00
Gastos de Comunicación	\$ 45,00
Gastos de alimentación	\$ 130,00
Mano de obra directa	\$ 150,00
Gastos Administrativos	\$ 30,00
Total	\$ 475,00

7.5.2.3. Egresos totales.

La tabla (100) de los egresos totales corresponden tanto a los valores de costos, así como de gastos totales, que fueron utilizados para el desarrollo de la maquina dosificadora de B.P.

Tabla 100.

Egresos Totales.

Egresos Totales	
Descripción	Valor(USD)
Costos Materiales	\$ 933,03
Costos Mano de Obra Indirecta	\$ 584,00
Gastos	\$ 475,00
Total	\$ 1.992,03

7.6. Flujo neto de efectivo.

La tabla (101) del flujo neto de efectivo, corresponde a los movimientos de ingresos y egresos, destinados para cumplir con el desarrollo del proyecto, y que además permitirá conocer si se cumplió y se mantuvo los valores dentro de los presupuestos iniciales estimados.

Tabla 101.

Flujo neto de efectivo

Flujo Neto de Efectivo	
Descripción	Valor(USD)
(+)Inversión inicial	\$ 1.010,00
(-)Gastos de movilización	\$ 120,00
(-)Gastos de comunicación	\$ 45,00
(-)Gastos de alimentación	\$ 130,00
(-)Mano de obra directa	\$ 150,00
(-)Gastos administrativos	\$ 30,00
(=)Utilizado hasta con la inversión inicial	\$ 535,00
(+)Primer abono construcción	\$ 200,00
(-)Construcción cilindro almacenamiento	\$ 185,00
(-)Construcción aspa giro	\$ 55,00
(-)Construcción base metálica	\$ 175,00
(-)Construcción base metálica Giratoria	\$ 85,00

Continua 

(=)Utilizado hasta el primer abono	\$ 235,00
(+)Segundo Abono construcción	\$ 250,00
(-)Placa control velocidad motor(construcción)	\$ 56,00
(-)Placa acoplamiento señal 5vin-12vout(construcción)	\$ 28,00
(=)Utilizado hasta el segundo abono	\$ 401,00
(+)Tercer abono Compra equipos	\$ 200,00
(-)Egresos (costos materiales)	\$ 933,03
(=)Utilizado hasta el tercer abono	-\$ 332,03
(+)Cuarto Abono Ensamble y pruebas	\$ 220,00
(+)Quinto abono Imprevistos	\$ 120,00
(=) Flujo Neto de Efectivo	\$ 7,97

7.7. Conclusión.

Con el resultado obtenido, se puede observar que se tiene un flujo neto efectivo positivo de \$7,97 dólares, lo cual indica claramente que se cumplió el objetivo de no sobrepasar el presupuesto asignado, y además que este se cumplió casi con exactitud, sin exceder el valor designado como inversión inicial de la empresa, ni haciendo que el valor empleado, sea mucho menor que el estimado.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones.

Para este proyecto, se plantearon objetivos, los cuales por medio del estudio y desarrollo se los ha tratado de realizar de la mejor manera, dando como resultado, el funcionamiento de la maquina dosificadora automática de bolas de pintura, y obteniendo por tal las siguientes conclusiones:

- Se diseñó y construyó el sistema de almacenamiento para BP, el cual mantiene el número de bolas necesarias para que estas interactúen entre sí sin verse afectadas por la masa de una contra otras.
- Se delinea, experimento y realizo un sistema de rotación de BP, que permita mantener estas de la mejor manera, extender su tiempo de vida útil y además debido al desarrollo del proyecto se observó y utilizo como parte importante en el proceso de dosificación ya que colabora con la salida del BP, del cilindro de almacenamiento y conservación.
- Se implementó los controles de temperatura y humedad de la mejor manera, haciéndoles que sean parte fundamental del sistema, permitiendo que las BP., dentro del sistema de almacenamiento se encuentren siempre en el rango de temperatura seleccionada y además con una humedad relativa estable.
- Se implementó con éxito un sistema de dosificación de BP, que permite realizar entregas de BP., de la manera más rápida y exacta posible, evitando las pérdidas de bolas, y que además sumado al sistema de rotación brindan una gran confianza en el sistema de dosificación.
- Se diseñó y construyó un sistema de base giratoria de pods, la cual permite al usuario de la maquina ubicar en el hasta 4 pods, para poder hacer cargas de manera continua, haciendo que el usuario de la maquina puede ocuparse en otras actividades mientras se realiza la dosificación.

- Finalmente se puede concluir que la maquina cumple de sobremanera con las necesidades planteadas tanto por el personal de "Extreme Paintball Field", así como de los problemas encontrados en el diseño por parte del diseñador, haciendo de esta máquina un desarrollo importante y significativo en el empleo de tecnología en el deporte del Paintball que cada día va tomando más importancia en el Ecuador.

8.2. Recomendaciones.

Durante el desarrollo del proyecto existieron problemas, los cuales fueron resueltos y que permitieron conocer y dar recomendaciones para que las personas que manejen la máquina, den a esta un gran tiempo de vida útil, reduciendo los mantenimientos necesarios, y haciendo de la maquina lo más automática e independiente posible.

Dentro de las recomendaciones planteadas por parte del diseñador para la maquina están:

- Se recomienda el revisar las cajas de BP, antes de llenarlas en la máquina, ya que muchas veces por mala manipulación de estas, las bolas dentro de los paquetes ya se encuentran malogradas, haciendo que las Bolas que ingresen en la máquina, ya no sirven incluso antes de que la maquina realice algún control sobre ellas y además pudiendo ser perjudiciales tanto para el funcionamiento de la maquina así como para las demás bolas que se encuentren dentro de ella.
- Se recomienda el mantener la maquina ubicada bajo techo, principalmente para permitir un mejor control de temperatura y humedad ambiente, además de mantener la maquina en un sitio estable, para impedir que esta se dañe o altere su funcionamiento.
- En caso de tener problemas con la dosificación se recomienda el apagar el equipo y revisar la manguera de salida de bolas al rotor, esto debido a que por más control que se trate de realizar, las bolas son cuerpos que pueden interactuar entre

sí de infinita cantidad de maneras, y en algún momento pueden generar trabas de ellas mismas además que puede darse la situación que bolas dañadas con anterioridad perjudiquen las BP., que se encuentren en correcto estado y estas causen problemas en la dosificación.

- Se recomienda el realizar un vaciado total de la máquina, al menos una vez por mes, debido a que muchas bolas que ingresen al sistema pueden encontrarse mal logradas o rotas por su mala manipulación previa, con lo que pueden ensuciar la maquina en su interior y causar problemas en las otras bolas, en los sistemas de control de temperatura y humedad así como en los sistemas de dosificación; haciendo necesaria una limpieza periódica de aquellos elementos que se encuentren en contacto permanente con las BP.
- Se recomienda el realizar revisiones constantes y de ser necesario ajustes periódicos a la base dosificadora de pods, la cual puede llegar a perder el ajuste de sus piezas y provocando mal funcionamiento de esta, debido principalmente a que es una parte móvil.
- En el caso de haber realizado una para de emergencia de la máquina, es recomendable que durante el tiempo establecido para emergencia se realice una revisión a los sistemas de dosificación, revisando que esta no se encuentre trabada por algún elemento eh impida un correcto funcionamiento de la máquina.
- En el caso de existir un mal funcionamiento de la maquina en cualquiera de sus partes, se recomienda el realizar un paro de emergencia de la máquina, y pedir asistencia para que esta sea la encargada de revisar y reparar algún problema suscitado, evitando hacer auto reparaciones eh incurrir en daños por falta de conocimiento del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- 32 GRADOS PAINTBALL. (2008). *NEYRAWEB*. Obtenido de www.neyraweb.info:
<http://www.neyraweb.info/Historiapaintball.htm>
- Arduino. (2014). *Arduino*. Obtenido de <http://www.arduino.cc/>
- Bell laboratories. (2011). *Bell*. Obtenido de Bell laboratories :
http://www.beatriceco.com/bti/porticus/bell/belllabs_transistor.html
- Blast paintballs. (2014). Blast Paintballs. *splatwar.co.*
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: McgrawHill.
- CQB Y ADRENALINA PAINTBALL FIELD. (2014). *CQB Paintball*. Obtenido de CQB Paintball field: <http://cqbpaintball.com/>
- Dark Knight Paintball. (2012). *Tactical paintball home team*. Obtenido de darkknightpaintball:
<http://www.darkknightpaintball.com/howpaintballsaremade>
- DIPAC. (2013). Catalogo de productos Dipac. *Productos Dipac*.
- Dorf, R., & Bishop, R. (2005). *Sistema de control Moderno*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Draxxus paintball. (2014). *Dxs draxxus paintball*. Obtenido de dxspaintball.com:
<http://www.dxspaintball.com/DXS-Paintballs-frostbite.aspx>
- Dwyer Instruments Inc. (2012). *Series RHP-W Wall Mount Humidity/Temperature/Dew Point Transmitter*. Michigan: Dwyer.
- Dye paintball. (2014). *Dye*. Obtenido de Dye Paintball:
http://shop.dyepaintball.com/dye_am/rotor-loader-black.html
- Edminister, J. (1965). *Teoría y problemas de circuitos eléctricos*. Akron: Schaum.
- Empire Paintball. (2014). *Empire Paintball*. Obtenido de Empire Paintball:
<http://empirepaintball.com/paintballs/empire-marballizer-paint>
- Fairchild semiconductor. (2013). *LM555*. fairchild.
- FAO(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación). (2008). *Silos Metálicos Familiares*. Roma.
- Garavito, E. A. (2014). *Sistemas de almacenamiento*. Departamento de ingeniería industrial, Santander. Obtenido de
<http://gavilan.uis.edu.co/~garavito/docencia/asignatura1/>
- GEN X GLOBAL. (octubre de 2014). *GXG*. Obtenido de Genxglobalinc:
<http://www.genxglobalinc.com/category/pods/>

- GISPORTZ. (2014). *Gisports*. Obtenido de Gisports:
<http://gisportz.com/paintballs.php#>
- Instituto latinoamericano de la comunicacion educativa. (s.f.). *La ciencia para todos*. Obtenido de la ciencia para todos volumen 3:
https://intranet.matematicas.uady.mx/portal/leamos_ciencia/VOLUMEN_III/ciencia3/menu.html
- Kingman Training. (2014). *Kingman Training*. Obtenido de Kingmantraining.com:
<http://www.kingmantraining.com/store/#!/KT-11mm-Premium-Paintballs-200-rounds/p/9651133/category=6842720>
- La opinion de malaga. (2014). *Mundo DIgital, Ciencia y tecnologia*. Obtenido de Mundodigital.net: <http://www.mundodigital.net/la-historia-de-los-circuitos-integrados/>
- Lara. (2014). Conocimiento propio general del paintball. Quito, Ecuador.
- Larburu, N. (2001). *Maquinas Prontuario*. Madrid: Thomson Editores.
- Larburu.N. (2001). Maquinas Prontuario. En L. N, *Maquinas Prontuario* (págs. 41-42). Madrid: Thonson.
- Matos, M. J. (2013). *JlmatosMeza*. Obtenido de Jlmatosmeza:
<http://jlmatosmeza.blogspot.com/p/investigaciones.html>
- Micro Technics. (2014). *Robotics and automation solution provider*. Obtenido de microtechnics.in: <http://microtechnics.in/>
- Microchip Technology Inc. (2003). PIC16f87XA Datasheet. *PIC16f87XA Datasheet*. USA.
- Paintball España. (Enero de 2014). *www.es-paintball.com*. Obtenido de Paintball españa: <http://www.es-paintball.com/origenes-e-historia-del-paintball>
- PLC, Siemens. (2011). Manual de producto. En Siemens, *Manual del producto, PLC, logo siemens* (pág. 29).
- Procaps S.A. (2014). *Laboratorios Procaps*. Obtenido de Softigel:
<http://www.softigel.com/Technologies-Platform/Gel-Deliveries.aspx>
- Quito woodsball. (2014). *Quitowoodsball*. Obtenido de Quito Woobsball Paintball:
<http://quitowoodsball.com/>
- Revista Electrica. (2011). La guia del electricista. *Publicacion gratuita Electrica* , 17-18.
- Rockwell Automation. (2014). *Allen Bradley Rockwell Automaticon*. Obtenido de <http://ab.rockwellautomation.com/>
- Sarv, S. S. (1997). *Control de calidad total*. Mexico: McGraw-Hill.

- Schneider Electric. (2014). *Schneider-Electric*. Obtenido de <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/co/>
- Siemens. (2014). *Siemens Ecuador*. Obtenido de <http://www.siemens.com/answers/ec/es/>
- Siemens Corporation. (2011). Manual de Producto, logo siemens, PLC.
- Tippens, P. E. (2011). *Fisica, conceptos y aplicaciones*. Mexico: McGrawHill.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (s.f.). *Datateca Universidad nacionaol abierta y a distancia*. Obtenido de [Datateca.unad.edu.co](http://datateca.unad.edu.co): http://datateca.unad.edu.co/contenidos/309696/ECBTI_MPyMC_V_02/leccin_36_introduccion_e_implementacion_de_circuitos.html
- Urbina. (2010). Microprocesadores y controladores. *Microprocesadores Mecatronica*. Sangolqui, Ecuador.
- Wikipedia.org. (2014). *Wikipedia*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_Ladder
- Williamson-labs. (2011). *Williamson-labs*. Obtenido de <http://www.williamson-labs.com/555-circuits.htm>
- Zaidi. (1993). *Q.F.D. Despliegue de la funcion de la calidad*. Madrid: Diaz de Santos.

ANEXOS

ANEXO A
Manual de Usuario

ANEXO B
Planos Mecánicos

ANEXO C
Planos Eléctricos y Electrónicos

ANEXO D

Planos de Programación

Nombre de archivo: final5
Directorio: C:\Users\AndrS\Documents
Plantilla: C:\Users\AndrS\AppData\Roaming\Microsoft\Plantillas\Normal.dotm
Título:
Asunto:
Autor: andres lara
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 22/10/2014 19:07:00
Cambio número: 67
Guardado el: 09/12/2014 9:33:00
Guardado por: AnDreS LarA NoVillO
Tiempo de edición: 5.765 minutos
Impreso el: 09/12/2014 9:39:00
Última impresión completa
Número de páginas: 258
Número de palabras: 49.400 (aprox.)
Número de caracteres: 271.701 (aprox.)