

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE USO DOMÉSTICO PARA LAVAR FRUTAS Y VERDURAS DE CONSUMO SIN COCCIÓN PREVIA**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs. Cumana R., Yojander A.  
Encalada Q., Marcos A.  
ante la Universidad Central de Venezuela.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2012.

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE USO DOMÉSTICO PARA LAVAR FRUTAS Y VERDURAS DE CONSUMO SIN COCCIÓN PREVIA**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Pedro Cadenas.

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs. Cumana R., Yojander A.  
Encalada Q., Marcos A.  
ante la Universidad Central de Venezuela.  
Para optar al Título de  
Ingeniero Mecánico.

Caracas, 2012.



## ACTA

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado Examinador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres:

*Yojander Antonio Cumana Ríos*

y

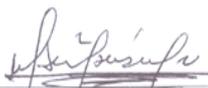
*Marcos Antonio Encalada Quijada*

Titulado

**“Diseño y Construcción de una Máquina de Uso Doméstico  
para Lavar Frutas y Verduras de Consumo Sin Cocción  
Previa”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

Acta se levanta en la ciudad de Caracas, a los doce días del mes de junio del año dos mil doce.

  
Prof. Manuel Martínez  
Jurado

  
  
Prof. Pedro Cadenas  
Tutor

  
Prof. Antonio Barragán  
Jurado

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres ya que sin su apoyo incondicional durante todos estos años me hubiera sido imposible alcanzar esta meta.

*Cumana R., Yojander A.*

A mi querida UCV que me dio la formación como profesional, donde conocí personas maravillosas que siempre recordaré con cariño y donde viví momentos únicos que aunque no vuelvan a repetirse siempre me llenaran de felicidad.

A mi familia, a mi hermana Rosaly y sobretodo a mi Padre que fue la base que me sirvió de apoyo todos estos años, sino fuera por él no estaría alcanzando el tan preciado titulo, ya que nunca escatimó ni dudó si se trataba de mi educación.

A mis amigos de la Facultad, quienes fueron unos hermanos para mí en especial Rodolfo, Valery, Carlos, Wilmer y Geraldine, cuya ayuda sirvió a la construcción de la máquina, a todos ellos siempre les estaré agradecido por su desinteresada colaboración.

A las personas que conocí a lo largo de la carrera que aunque por algún motivo ya no están presentes siempre los recordaré con gran cariño, en especial a Alexander, Johnny y Bárbara.

*Encalada Q., Marcos A.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a La Universidad Central de Venezuela, en particular a los profesores de la Escuela de Ingeniería Mecánica, por todos los conocimientos y experiencias transmitidas para el aprendizaje en el transcurso de la carrera y para un posterior óptimo desempeño en el área profesional.

Al Prof. Pedro Cadenas, nuestro Tutor Académico, quien nos ofreció una excelente oportunidad para desarrollar nuestro Trabajo Especial de Grado y siempre se mostró atento y dispuesto al momento de realizarle cualquier consulta.

Al señor Miguel Carreño coordinador del centro deportivo “Eugenio Mendoza” ubicado en la Castellana, en el municipio Chacao por permitirnos realizar allí las encuestas de usuarios.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica William Jota y Servando Álvarez que nos ayudaron en la toma de decisiones para el diseño y posterior evaluación de las partes eléctricas de la máquina.

A los técnicos del galpón de la Escuela de Mecánica, en especial al Ing. Vizcaya, quienes nos ayudaron desinteresadamente a realizar el mecanizado de las piezas.

A los diversos profesionales consultados en el proceso de búsqueda de información relevante quienes de manera amable y atenta compartieron parte de sus conocimientos con nosotros.

Cumana R., Yojander A.; Encalada Q., Marco A.

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE USO DOMÉSTICO PARA LAVAR FRUTAS Y VERDURAS DE CONSUMO SIN COCCIÓN PREVIA**

**Tutor Académico: Prof. Pedro Cadenas. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2012, 180 pág.**

**Palabras Claves: Frutas, Verduras, Diseño, Construcción, Lavado, Máquina.**

**Resumen:** En este trabajo se diseñó, construyó y evaluó una máquina doméstica lavadora de ciertas frutas y verduras que se consuman sin previa cocción. Probó mejorar la limpieza y desinfección en comparación a métodos domésticos convencionales. Se determinaron los parámetros de diseño en base a entrevistas a profesionales especializados y a encuestas a amas de casa y a estudiantes de último año de Ingeniería Mecánica de la U.C.V. Se utilizaron metodologías de diseño asociadas a la construcción de un bien de consumo. Se obtuvo una solución basada en el uso de centrifugado y gas ozono disuelto en agua como métodos de limpieza físico y químico respectivamente. Se diseñó utilizando las teorías expuestas en textos de diseño de elementos de máquinas. Para la construcción se utilizaron máquinas-herramientas como tornos, fresadoras y dremel. Se probó su funcionamiento con ciertas frutas y verduras escogidas probando funcionar sin problemas con todas a excepción del melón, la patilla y la lechosa debido a sus semillas y la dificultad de aplicarles el centrifugado. Su eficacia desinfectante se evaluó por medio de un análisis microbiológico realizado en un laboratorio comercial especializado, probando eliminar coliformes totales de una muestra de hojas de lechuga lavadas durante 5 minutos en el agua ozonizada.

**Cumana R., Yojander A.; Encalada Q., Marco A.**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DOMESTIC MACHINE  
FOR WASH FRUIT AND VEGETABLE CONSUMPTION  
COOKING WITHOUT PRIOR**

**Academic Tutor: Prof. Pedro Cadenas. Tesis. Caracas, U.C.V. Engineering  
Faculty. Mechanical Engineering School. 2012, 180 page.**

**Key Words: Fruits, Vegetable, Design, Construction, Washing, Machine.**

**Abstract:** This study was designed, built and tested a domestic washing machine certain fruits and vegetables that are consumed without prior cooking. He tried to improve the cleaning and disinfection compared to conventional domestic methods. We determined the design parameters based on interviews and surveys professionals to housewives and seniors in Mechanical Engineering from the UCV. Were used design methodologies associated with the construction of a commodity. Solution was obtained based on the use of centrifugation and ozone gas dissolved in water as cleaning methods physical and chemical, respectively. Was designed using the theories discussed in text for design of machine elements. Were used for building machine tools such as lathes, milling machines and dremel. Operation was tested with certain fruits and vegetables chosen testing run smoothly on all but the melon, the watermelon and the papaw due to its seeds and the difficulty of applying centrifugation. Sterilization efficacy was assessed using a microbiological analysis was conducted by a specialized business, trying to remove total coliforms in a sample of washed lettuce leaves for 5 minutes in ozonated water.

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1.- Introducción.....	1
1.2.- Objetivo general.....	3
1.2.1.- Objetivos específicos.....	3
1.3.- Alcances.....	4
1.4.- Limitaciones.....	4
CAPÍTULO II: BREVES ANTECEDENTES.....	5
2.1.- Tipos generales de frutas.....	5
2.1.1.- Según sea la semilla que contenga el fruto.....	5
2.1.2.- Según el tiempo desde su recolección hasta que es consumida.....	5
2.1.3.- Según el proceso de maduración.....	5
2.1.4.- Según sus características comunes.....	5
2.2.- Tipos de verduras.....	6
2.2.1.- Principales legumbres o leguminosas.....	6
2.3.- Microbiología de los alimentos.....	7
2.3.1.- Tipos de microorganismos presentes en las frutas y verduras.....	7
2.3.2.- Factores que influyen el crecimiento microbiano en los alimentos.....	7
2.3.3.- Fuentes de contaminación de las frutas y verduras.....	7
2.3.4.- Principales enfermedades transmitidas por frutas y verduras.....	7
2.3.5.- Datos del Ministerio del Poder Popular para la Salud.....	8
2.3.6.- Métodos de limpieza industriales de frutas y verduras.....	9
2.4.- Datos del Instituto Nacional de Estadística.....	12
2.5.- Metodología de diseño según R. Milani.....	14
2.6.- Métodos de diseño y selección de materiales.....	15
2.6.1.- Grupo I. Procesos que estimulan el proceso creativo.....	15
2.6.2.- Grupo II. Métodos con marco de referencia lógico.....	16
CAPÍTULO III: ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS.....	17
3.1.- Origen del problema.....	17
3.1.1.- Determinación de la existencia del problema.....	18
3.1.2.- Encuestas de usuarios.....	19
3.1.3.- Búsqueda de máquinas nacionales de uso doméstico lavadoras de frutas y verduras.....	20

3.1.4.- Definición del problema.....	21
3.2.- Contextualización del problema. ....	21
3.2.1.- Resumen de los antecedentes.....	21
3.2.2.- Grupos afectados.....	22
3.3.- Escogencia de las frutas y verduras a lavar .....	23
3.3.1.- Resultados de las encuestas.....	24
3.4.- Tormenta de ideas.....	25
3.4.1.- Tormenta de ideas realizada a las amas de casa.....	25
3.4.2.- Tormenta de ideas realizada a los estudiantes.....	26
3.4.3.- Matriz de decisión.....	27
3.4.4.- Diseños propuestos .....	33
3.4.5.- Criterios de diseño generados a través de los diseños propuestos. ....	47
3.5.- Criterios considerados.....	48
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y SELECCIÓN.....	49
4.1.- Selección del sistema rotador. ....	49
4.1.1.- Selección del recipiente contentivo de los alimentos a lavar.....	49
4.1.2.- Selección del recipiente para contener al colador.....	50
4.1.3.- Sistema de transmisión.....	50
4.1.4.- Motor eléctrico.....	51
4.1.5.- Disposición del sistema de transmisión de potencia.....	52
4.1.6.- Dimensiones y materiales de las poleas.....	52
4.2.- Cálculos del sistema rotador.....	54
4.2.1.- Cálculos de la correa.....	54
4.2.2.- Sistema eje-polea mayor.....	57
4.3.- Partes hidroneumáticas.....	75
4.3.1.- Generador de ozono.....	75
4.3.2.- Llenado de agua.....	77
4.3.3.- Ozonizado del agua.....	78
4.3.4.- Desagüe del agua.....	78
4.3.5.- Válvulas solenoide.....	79
4.4. – Cálculos de las partes hidroneumáticas.....	79
4.5.- Sistema eléctrico.....	81
4.5.1.- Fuente de poder.....	81
4.5.2.- Panel de control.....	82
4.5.3.- Cálculo de la potencia de la fuente de poder.....	84
4.5.4.- Protección de las piezas eléctricas.....	85
4.5.5.- Consumo de las piezas eléctricas.....	85
4.6.- Cubierta externa de la máquina.....	86

CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN.....	87
5.1.- Parte Mecánica.....	87
5.1.1.- Construcción de la pieza eje-polea mayor. ....	87
5.1.2.- Construcción de los portarodamientos. ....	88
5.1.3. - Torneado de la polea menor. ....	90
5.1.4.- Adaptación de la olla.....	91
5.1.5.- Instalación de las Bombas.....	93
5.1.6.- Instalación del circuito de ozono. ....	93
5.1.7.- Adaptación del colador. ....	94
5.1.8.- Barras de soporte de la pieza eje-polea mayor y de la olla .....	94
5.2.- Parte Eléctrica. ....	95
5.2.1.- Diagrama Eléctrico de la máquina. ....	96
5.2.2.- Interruptores. ....	97
5.3.- Cobertura externa.....	98
5.4.- Evaluación en la máquina de las frutas y verduras seleccionadas. ....	99
5.5.- Tiempo que tarda la bomba de desagüe en desalojar el agua. ....	99
5.6.- Desempeño de la bomba de succión. ....	99
5.7.- Análisis de laboratorio. ....	100
5.8.- Costos totales. ....	101
CAPÍTULO VI: MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO.....	102
6.1.- Descripción de componentes. ....	102
6.1.1.- Parte externa. Vista Frontal.....	102
6.1.2.- Parte externa. Vista Posterior.....	102
6.1.3.- Panel de Control.....	103
6.1.4.- Partes Funcionales.....	104
6.2.- Instalación de la máquina. ....	105
6.2.1.- Ubicación. ....	105
6.2.2.- Instalación a la fuente de agua. ....	105
6.2.3.- Desagüe.....	105
6.2.4.- Conexiones.....	106
6.3.- Uso de la máquina.....	107
6.3.1.- Lista de alimentos probados en la máquina. ....	108
6.3.2.- Cantidad a ingresar.....	108
6.3.3.- Encendido de la máquina .....	108
6.3.4.- Llenado de agua. ....	108
6.3.5.- Llenado automático.....	108
6.3.6.- Ozonizado .....	109

6.3.7.- Desagüe.....	109
6.3.8.- Proceso de Centrifugado. ....	109
6.3.9.- Apagado de la máquina.....	110
6.3.10.- Extracción de los alimentos. ....	110
6.4.- Limpieza y mantenimiento de la máquina. ....	111
6.4.1.- Limpieza.....	111
6.4.2.- Mantenimiento. ....	111
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117
ANEXOS.....	120
ANEXO 1. Glosario de términos.....	120
ANEXO 2. Planos de piezas manufacturadas o adaptadas.....	123
Anexo 2.1. Planos cobertura exterior.....	123
Anexo 2.2. Plano polea menor.....	124
Anexo 2.3. Plano portarodamiento superior.....	124
Anexo 2.4. Planos pieza eje-polea mayor.....	125
Anexo 2.5. Plano portarodamiento inferior.....	126
Anexo 2.6. Plano del dado.....	126
ANEXO 3: Encuestas.....	127
Anexo 3.1. Patrón de encuestas del primer grupo de preguntas realizadas a las amas de casa.....	127
Anexo 3.2. Patrón de encuestas del segundo grupo de preguntas realizadas a las amas de casa.....	127
Anexo 3.3: Patrón de tormenta de ideas realizada a estudiantes.....	128
ANEXO 4. Resultados de las encuestas.....	129
Anexo 4.1. Resultados del primer grupo de preguntas hechas a amas de casa. ....	129
Anexo 4.2. Resultados del segundo grupo de preguntas hechas a amas de casa ..	132
ANEXO 5. Fichas de Análisis.....	137
Anexo 5.1. Fichas de Análisis de las máquinas de venta en el país.....	137
Anexo 5.2. Fichas de Análisis de las máquinas de venta en Estados Unidos. ....	138
Anexo 5.3. Fichas de Análisis de las patentes internacionales.....	139
ANEXO 6. Datos utilizados en los cálculos de los rodamientos.....	140
Anexo 6.1. Factores de cálculo para rodamientos rígidos de bolas de una hilera. ....	140
Anexo 6.2. Valores requeridos de vida nominal para diferentes máquinas. ....	140
Anexo 6.3. Valores de referencia del factor de contaminación.....	140

Anexo 6.4. Datos técnicos del lubricante.....	140
Anexo 6.5. Factores por duración y por velocidad para rodamientos de bolas.....	141
Anexo 6.6. Par de rozamiento-pérdida de potencia.....	141
ANEXO 7. Curvas de rendimiento de las bombas.....	142
Anexo 7.1. Curva Q vs. H de la bomba de succión.....	142
Anexo 7.2. Curva Q vs. H de la bomba de succión.....	143
ANEXO 8. Descripción breve del proceso de electroerosión.....	144
ANEXO 9. Resultados de las evaluaciones hechas con las frutas y verduras. ....	145
Anexo 9.1. Evaluación de las frutas escogidas.....	145
Anexo 9.2. Evaluación de las verduras escogidas.....	146
ANEXO 10. Entrevistas realizadas a profesionales.....	148
Anexo 10.1. Entrevista realizada a Lic. Nixa Moreno .....	148
Anexo 10.2. Entrevista realizada a Dr. Francisco Larrea.....	148
Anexo 10.3. Entrevista realizada a Dr. Paulino Betancourt.....	149
Anexo 10.4. Entrevista realizada a Lic. Rosario Alberdi.....	150
Anexo 10.5. Entrevista realizada a Prof. Rosa Raybaudi.....	151
ANEXO 11. Fotos de la máquina. ....	154
ANEXO 12. Costos totales. ....	158
ANEXO 13. Materiales y su reacción ante el ozono .....	160
ANEXO 14. Gráfico para estimar la resistencia a la fatiga .....	161
ANEXO 15. Resultado del análisis microbiológico .....	162
ANEXO 16. Resultado de la medición de ozono.....	163

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Enfermedades asociadas al consumo de frutas y verduras .....	8
Figura 2.2. Principales microorganismos causantes de ETA en Venezuela. ....	8
Figura 2.3. Brotes de ETA según lugar de consumo por año. ....	9
Figura 2.4. Porcentaje de ETA atribuido al consumo de vegetales .....	9
Figura 2.5. Principales lugares de compra de frutas y hortalizas en Venezuela. ....	13
Figura 2.6. Frecuencia de adquisición de las hortalizas y frutas en Venezuela. ....	13
Figura 2.7. Hortalizas y frutas más consumidas en Venezuela .....	13
Figura 2.8. Número de personas por vivienda en Venezuela.....	14
Figura 2.9. Proceso de diseño según R. Milani.....	14
Figura 2.10. Metodología de diseño según R. Milani.....	15
Figura 2.11. Proceso del método creativo.....	15
Figura 2.12. Proceso de los métodos con marco de referencia lógico. ....	16
Figura 3.1. Frutas y verduras seleccionadas.....	24
Figura 3.2. Matriz de decisión.....	27
Figura 3.3. Diseño propuesto N° 1 .....	34
Figura 3.4. Diseño propuesto N° 2. ....	35
Figura 3.5. Diseño propuesto N° 3 .....	36
Figura 3.6. Diseño propuesto N° 4 .....	36
Figura 3.7. Diseño propuesto N° 5 .....	37
Figura 3.8. Diseño propuesto N° 6 .....	37

Figura 3.9. Diseño propuesto N° 7 .....	38
Figura 3.10. Diseño propuesto N° 8 .....	39
Figura 3.11. Diseño propuesto N° 9 .....	40
Figura 3.12. Diseño propuesto N° 10 .....	41
Figura 3.13. Diseño propuesto N° 11 .....	41
Figura 3.14. Diseño propuesto N° 12 .....	42
Figura 3.15. Diseño propuesto N° 13 .....	43
Figura 3.16. Diseño propuesto N° 14 .....	44
Figura 3.17. Diseño propuesto N° 15 .....	45
Figura 3.18. Diseño propuesto N° 16 .....	45
Figura 3.19. Diseño propuesto N° 17 .....	46
Figura 3.20. Diseño propuesto N° 18 .....	47
Figura 4.1. Colador de pasta seleccionado.....	49
Figura 4.2. Olla seleccionada .....	50
Figura 4.3. Rango de velocidades y torques de distintos motores .....	52
Figura 4.4. Disposición del sistema de transmisión de potencia.....	52
Figura 4.5. Arreglo poleas-correa .....	54
Figura 4.6. Torques actuantes en el sistema poleas-correa. ....	54
Figura 4.7. Fuerzas actuantes en el sistema poleas-correa.....	54
Figura 4.8. Sistema eje-polea mayor.....	57
Figura 4.9. Hoja de cálculo de la vida.....	60

Figura 4.10. Dimensiones pieza eje-polea mayor .....	62
Figura 4.11. Sistema de referencia utilizado .....	62
Figura 4.12. Distribución de fuerzas en la pieza eje-polea mayor .....	63
Figura 4.13. Magnitudes de las fuerzas en la pieza eje-polea mayor.....	63
Figura 4.14. Diagrama fuerza cortante pieza eje-pole mayor .....	64
Figura 4.15. Diagrama momento flector pieza eje-polea mayor.....	64
Figura 4.16. Puntos críticos de la pieza eje-polea mayor.....	64
Figura 4.17. Triángulo para estimar momento en punto E .....	65
Figura 4.18. Medidas de la base de soporte escogida .....	67
Figura 4.19. Medidas y configuración de las barras-tornillo soporte escogidas .....	68
Figura 4.20. Suposición del punto de aplicación de la carga .....	70
Figura 4.21. Diagrama M/I vs. X .....	72
Figura 4.22. Curva aproximada de deflexión de la pieza eje-polea mayor.....	73
Figura 4.23. Partes funcionales de un filtro de ozono doméstico. ....	76
Figura 4.24. Primera forma de llenado de la olla.....	77
Figura 4.25. Segunda forma propuesta de llenado de la olla .....	77
Figura 4.26. Proceso de ozonizado del agua .....	78
Figura 4.27. Proceso de desagüe del agua.....	78
Figura 4.28. Referencia para calcular presión de salida de la bomba de succión .....	80
Figura 4.29. Panel de control diseñado. ....	82
Figura 4.30. Velocidades de giro de la perilla .....	84

Figura 4.31. Medidas de la cobertura exterior de la máquina.....	86
Figura 5.1. Placa de identificación de la máquina .....	96
Figura 5.2. Diagrama eléctrico de la máquina .....	97
Figura 5.3. Resultados de los análisis de laboratorio. ....	100
Figura 6.1. Vista frontal de la máquina.....	102
Figura 6.2. Vista posterior de la máquina .....	102
Figura 6.3. Vista del panel de control .....	103
Figura 6.4. Partes funcionales vista posterior .....	104
Figura 6.5. Partes funcionales vista frontal.....	104
Figura A 4.1. Encuesta sobre género de los encuestados.....	129
Figura A 4.2. Encuesta sobre consumo de frutas y verduras. ....	129
Figura A 4.3. Encuesta sobre frecuencia de consumo de frutas y verduras. ....	129
Figura A 4.4. Encuesta sobre forma de consumo de frutas y verduras. ....	130
Figura A 4.5. Encuesta sobre forma de lavado de frutas y verduras.....	130
Figura A 4.6. Encuesta sobre necesidad de existencia de la máquina. ....	130
Figura A 4.7. Encuesta sobre desinfectante utilizado. ....	131
Figura A 4.8. Encuesta sobre preparación casera de los alimentos. ....	131
Figura A 4.9. Encuesta sobre frutas y verduras no conocidas. ....	132
Figura A 4.10. Encuesta sobre frutas adquiridas enteras. ....	132
Figura A 4.11. Encuesta sobre frutas y verduras no consumidas.....	133
Figura A 4.12. Encuesta sobre frutas y verduras consumidas sin concha u hojas. ...	134

Figura A 4.13. Encuesta sobre frutas y verduras consumidas con concha u hojas...	135
Figura A 4.14. Encuesta sobre frutas adquiridas fraccionadas. ....	135
Figura A 4.15. Encuesta sobre frutas y verduras consumidas cocidas.....	136
Figura A 11.1. Piezas hechas en el torno y la fresadora. ....	154
Figura A 11.2. Dado acoplado al colador. ....	154
Figura A 11.3. Máquina sin su cubierta externa .....	154
Figura A 11.4. Generador de ozono instalado.....	155
Figura A 11.5. Difusor venturi instalado. ....	155
Figura A 11.6. Válvula solenoide de la bomba de desagüe. ....	155
Figura A 11.7. Filtro de carbón activado. ....	156
Figura A 11.8. Motor acoplado a la olla. ....	156
Figura A 11.9. Válvula solenoide acoplada al filtro de carbón activado. ....	156
Figura A 11.10. Vista de la olla y los agujeros de entrada y salida del agua. ....	157
Figura A 11.11. Bomba de desagüe. ....	157
Figura A 11.12. Bomba de succión.....	157
Figura A 13. Reacción de diversos materiales ante el ozono.....	160
Figura A 14. Gráfico N° de ciclos- Esfuerzo de fatiga.....	161

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**

### **1.1.- Introducción.**

La mayoría de los alimentos antes de ser consumidos deben lavarse previamente con el objeto de prevenir daños potenciales a la salud. Los alimentos pueden transmitir enfermedades de persona a persona así como ser un medio de crecimiento de ciertos microorganismos que pueden causar enfermedades.

Los alimentos son un medio de propagación de enfermedades. Existen multiplicidad de factores intervienen en su contaminación y por ello es imposible en la práctica tener control sobre todos. Para las frutas y verduras, el proceso productivo que lleva el alimento desde el campo de cultivo a la mesa del consumidor en la mayoría de los casos, no elimina en su totalidad rastros de insectos, microorganismos u otros agentes causantes de infecciones o intoxicaciones por ingesta de alimentos contaminados.

A diferencia de otros alimentos, las frutas y verduras suelen consumirse sin previa cocción, a menudo con su cáscara, concha u hojas externas, entre otras razones porque si son sometidas a altas temperaturas o cortadas pierden gran cantidad de las vitaminas y demás nutrientes que poseen. Por esa razón se considera lavar en específico ese tipo de alimentos en la máquina propuesta.

La cocción elimina o neutraliza la mayoría de los microorganismos causantes de enfermedades debido a las altas temperaturas a las cuales suelen cocinarse los alimentos, [1]. Sin embargo, para los alimentos que no se cocinan al momento de ingerirlos, la historia es distinta, ya que muchos microbios dañinos están presentes y un sencillo lavado manual bajo el agua del grifo por lo general no los eliminará, [1]. Se menciona el lavado manual bajo el agua del grifo debido a que suele ser el método de limpieza más accesible y fácil de hacer.

El vinagre, [2, 3], suele utilizarse en el país en los hogares y sitios de expendio de ensaladas de vegetales junto con el aceite como aderezo. Se utiliza como conservante en otros alimentos porque ralentiza la velocidad de descomposición de los alimentos, pero no evita que contengan a los

microorganismos causantes de su descomposición, lo cual entonces indica que no ejerce las funciones de un antibiótico como suele creerse.

Ciertamente, durante la digestión de los alimentos, [4] el ácido clorhídrico presente en el estómago es capaz de eliminar muchos microbios, pero no obstante algunos de ellos pueden sobrevivir y causar enfermedades como: enfermedad infectocontagiosa producida por *enterobacterias* del género *salmonella*, la *shigelosis* (denominada también: *disentería bacilar*), entre otras relacionadas. Esto suele acontecer en personas con sistemas inmunológicos débiles como los ancianos y los niños.

No existe tecnología nacional relacionada a máquinas de uso doméstico lavadoras de frutas y verduras según se constató. Las que están disponibles en el mercado son de tecnología importada y no ofrecen desinfección del alimento además de ser de funcionamiento manual utilizando además directamente el agua del grifo. El tema de la higiene a la hora de preparar los alimentos es un asunto que no debe descuidarse. Se plantea construir, en base a lo expuesto antes, una máquina que en el ámbito doméstico permita lavar y desinfectar frutas y verduras que se consuman sin cocción previa de forma más eficiente en comparación a la eficiencia que pudieran tener realizando el proceso tanto las máquinas disponibles como el lavado manual.

Las frutas y verduras que se considera lavar en la máquina propuesta, serán en principio aquellas que tengan dimensiones y características parecidas a las de las frutas del bosque, verduras con hojas y frutas cítricas, sin descartar otras clases existentes, en las cantidades que se suponen para una ingesta diaria habitual según sugieren los nutricionistas los cuales sugieren que cada persona debe como mínimo ingerir con cada comida que realice diariamente entre 100 a 150 gramos de cada uno, [5].

Por lo anterior se plantea el diseño y construcción de una máquina doméstica capaz de realizar la actividad mencionada debido a la ausencia de tecnología nacional. Se tiene como premisa el hecho de higienizar de manera más

eficiente los alimentos mencionados anteriormente en las condiciones ya especificadas además de contribuir con el desarrollo tecnológico del país.

### **1.2.- Objetivo general.**

Diseñar y construir una máquina de uso doméstico para lavar frutas y verduras que se consuman sin cocción, con su cáscara u hojas.

#### **1.2.1.- Objetivos específicos.**

1. Realizar investigación de usuarios para determinar la aceptación y existencia de necesidad del producto.
2. Describir lo relacionado a métodos de desinfección doméstica de alimentos utilizados o sugeridos en el país para lavar frutas y verduras que se consumen sin previa cocción.
3. Describir procesos llevados a cabo para el lavado doméstico de frutas y verduras.
4. Describir las distintas tecnologías de máquinas domésticas que lavan frutas y verduras existentes en el mercado.
5. Definir los parámetros de diseño aplicando las técnicas del diseño conceptual bajo los cuales se planteará el desarrollo de un modelo de la máquina lavadora.
6. Establecer la configuración de la máquina.
7. En función de los parámetros establecidos, definir las dimensiones apropiadas de la máquina.
8. Determinar los materiales a ser requeridos en función de los parámetros fijados para la posterior construcción de la máquina lavadora.
9. Construir un prototipo funcional.
10. Establecer un manual de operación y mantenimiento para el prototipo.
11. Realizar los planos detallados de la máquina.
12. Estimar los costos para la fabricación de la máquina prototipo.

**1.3.- Alcances.**

1. Diseño y construcción de un prototipo funcional de una máquina de uso doméstico lavadora de frutas y verduras.
2. Establecimiento de una metodología de diseño y construcción de aparatos similares en el país.
3. Iniciar el estudio relacionado al diseño, construcción y uso de máquinas similares en el país.
4. Reducción de la incidencia de enfermedades transmitidas por los alimentos.
5. Contribución al desarrollo de electrodomésticos de tecnología nacional.

**1.4.- Limitaciones.**

1. Disponibilidad de materiales.
2. Costo del proyecto.
3. Adecuación del proyecto a la tecnología existente en el país.
4. No se considera un estudio de producción masiva.
5. No se considera establecer un único proceso de manufactura.
6. La máquina a diseñar ha de ser supervisada por el usuario en términos del proceso de lavado (no será automatizada).
7. No se considera eliminar o reducir rastros de pesticidas que pudieran estar presentes en la fruta o verdura.
8. Se considera higienizar sólo frutas y verduras a ser consumidas inmediatamente.
9. Restricciones en el acceso a fuentes de documentación e información o posible inexistencia de las mismas.

## CAPÍTULO II: BREVES ANTECEDENTES.

### 2.1.- Tipos generales de frutas, [3].

#### 2.1.1.- Según sea la semilla que contenga el fruto:

- *Frutas de hueso:* Son aquellas que tienen una semilla grande y de cáscara dura, como el durazno y el melocotón.
- *Frutas de pepita:* Son las frutas que tienen gran cantidad de semillas pequeñas y de cáscara menos dura como la pera y la manzana.
- *Frutas de grano:* Son las frutas que tienen infinidad de minúsculas semillas como el higo.

#### 2.1.2.- Según el tiempo desde su recolección hasta que es consumida:

- *Fruta fresca:* Cuando el consumo se realiza inmediatamente o a los pocos días de su recolección, de forma directa, sin ningún tipo preparación o cocinado.
- *Fruta seca, desecada o pasa:* Es la fruta que tras un proceso de desecación artificial se puede consumir meses, e incluso años, después de su recolección como las pasas.

#### 2.1.3.- Según el proceso de maduración:

- *Frutas climatéricas:* Son aquellas que sufren bruscamente la subida climatérica. Entre las frutas climatéricas se tienen: manzana, pera, plátano (banana), melocotón, melón, albaricoque y chirimoya.
- *Frutas no climatéricas:* Las que presentan una subida climatérica lenta y de forma atenuada. Entre las no climatéricas se tienen: naranja, limón, mandarina, piña, uva y fresa.

#### 2.1.4.- Según sus características comunes:

- *Fruta cítrica:* Son aquellas que poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona un sabor ácido muy característico. Las más conocidas son la naranja, el limón, la mandarina y la lima.

- *Fruta tropical*: Son aquellas que se dan de forma natural en las regiones tropicales como la banana, el coco, el kiwi, la piña, mango, la papaya y el aguacate.
- *Fruta del bosque*: Se llaman frutas del bosque a las frutas pequeñas, dulces (o ácidas), jugosas e intensamente coloreadas sacadas de arbustos silvestres, como la frambuesa, cereza, fresa, la mora, la zarzamora, arándano, mora andina, entre otras.
- *Fruto seco*: Es aquella que por su composición natural (sin manipulación humana) tiene menos de un 50% de agua. Las más conocidas son la almendra, la nuez, la avellana, maníes, pistachos, semillas de girasol, ajonjolí, pasas de uva, o uvas pasas.

## **2.2.- Tipos de verduras [3].**

Se pueden clasificar las diferentes verduras por la parte de la planta dedicada a la alimentación humana:

- *Semillas*: guisante, habas.
- *Raíz*: nabo, rábano, zanahoria, yuca.
- *Tubérculo*: papas, batatas, ñame.
- *Bulbos*: ajos, cebollas, hinojo, tomate.
- *Tallo*: puerro, espárrago.
- *Brotos*: alfalfa.
- *Hoja*: acelga, apio, borraja, cualquier variedad de col, espinaca, lechuga.
- *Fruto*: berenjena, calabacín, calabaza, pepino, pimentón, ají, tomate.
- *Flor*: alcachofa, brócoli, coliflor.

### **2.2.1.- Principales legumbres o leguminosas.**

Se pueden mencionar a las siguientes: alfalfa, guisantes (arvejas, o chícharos), frijoles, garbanzos, habas, lentejas, cacahuetes (cacahuates o maníes), soja (soya).

**2.3.- Microbiología de los alimentos, [6, 7].**

**2.3.1.- Tipos de microorganismos presentes en las frutas y verduras.**

Los microorganismos importantes en los alimentos consisten en cuatro tipos: *bacterias*, *levaduras*, *mohos* y *virus*. Las levaduras sólo causan descomposición, mientras los restantes causan las llamadas enfermedades transmitidas por los alimentos, las cuales se designan comúnmente como ETA. Por lo general, las verduras y las frutas tienen en sus superficie exterior una cantidad de  $10^{3-5}$  o  $10^{4-7}$  *microorganismos/cm<sup>2</sup>/g*, ya que su interior es estéril.

En las verduras las enfermedades son causadas por: *Lis. monocytogenes*, *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Clo. Botulínica*, y *Clo. perfringens*. En las frutas, los agentes causantes de enfermedades se limitan a los mohos, levaduras y bacterias acidúricas (bacterias del ácido láctico, *Acetobacter*, *Gluconobacter*).

**2.3.2.- Factores que influyen en el crecimiento microbiano en los alimentos.**

**2.3.2.1.- Temperatura.**

Pueden distinguirse tres grupos: los termófilos, que crecen en de 45°C a 70°C, los mesófilos, que crecen de 10 a 45 °C y los psicrófilos, que crecen de -5°C a 20°C.

**2.3.2.2.- Número de microbios.**

El nivel asociado a las ETA varía desde  $10^6$  hasta  $10^8$  células /g/cm<sup>2</sup>.

**2.3.3.- Fuentes de contaminación de las frutas y verduras, [8].**

Aire, suelo, agua de procesamiento, contacto humano y equipos y materiales.

**2.3.4.- Principales enfermedades transmitidas por frutas y verduras contaminadas, [2].**

Organismo	Enfermedad	Tiempo de incubación	Síntomas	Duración
<i>Campylobacter Jejuni</i>	Campilobacteriosis	2 a 5 días	Diarrea, fiebre, vómitos, dolor abdominal	2 a 10 días

<i>Clostridium Perfringens</i>	Intoxicación por Clostridium	8 a 16 horas	Diarrea , dolor abdominal	24 horas
<i>Cryptosporidium</i>	Cryptosporidiosis	2 a 10 días	Diarrea, dolor abdominal, fiebre	semanas o meses
<i>Cyclospora Cayetanensis</i>	Cyclosporiasis	1 a 14 días	Diarrea, pérdida de apetito, peso, náuseas, vómitos	semanas o meses
<i>E. coli</i>	Diarrea del viajero	1 a 3 días	Diarrea, dolor abdominal, vómitos	Entre 3 a 7 días o más
<i>Hepatitis A</i>	Hepatitis	15 a 50 días	Diarrea, orina oscura, fiebre, dolor abdominal, ictericia	de 2 semanas a 3 meses
<i>Norovirus</i>	Gastroenteritis viral	12 a 48 horas	Fiebre, vómitos, náuseas, diarrea, malestar general	12 a 60 horas
<i>Salmonella</i>	Salmonellosis	6 a 48 horas	Fiebre, vómitos, dolor abdominal, diarrea	4 a 7 días
<i>Shigella</i>	Shigellosis	4 a 7 días	Fiebre, dolor abdominal, diarrea a veces con sangre	24 a 48 horas
<i>Staphylococcus aureus</i>	Infección por Estafilococo	1 a 6 horas	Fiebre, vómitos, dolor abdominal, diarrea	24 a 48 horas

Figura 2.1. Enfermedades asociadas al consumo de frutas y verduras contaminadas.

**2.3.5.- Datos del Ministerio del Poder Popular para la Salud, (MPPPS), sobre las ETA, [9].**

<b>PRINCIPALES PATÓGENOS</b>
▶ <b>Campylobacter jejuni</b>
▶ <b>Cryptosporidium parvum</b>
▶ <b>E. coli O157:H7</b>
▶ <b>Salmonella enteritidis</b>
▶ <b>Yersinia enterocolitica</b>
▶ <b>Vibrio cholerae</b>

Figura 2.2. Principales microorganismos causantes de las ETA en Venezuela.

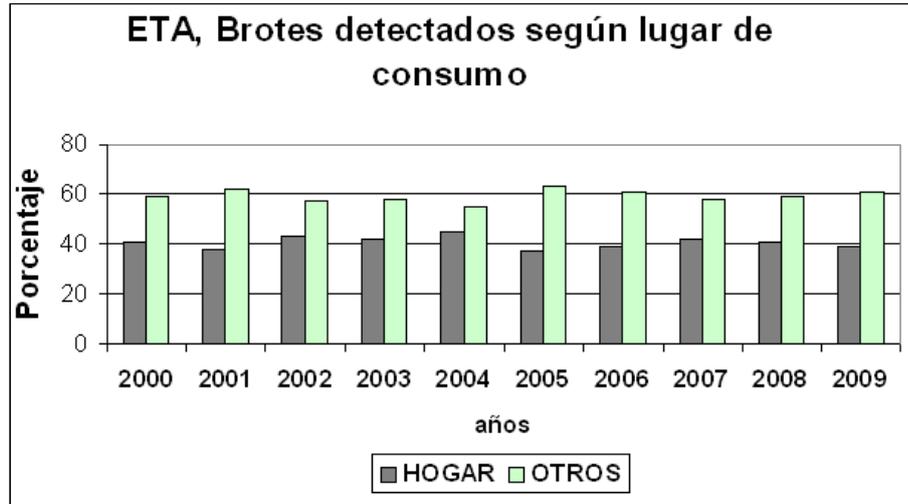


Figura 2.3. Brotes de ETA según lugar de consumo por año.

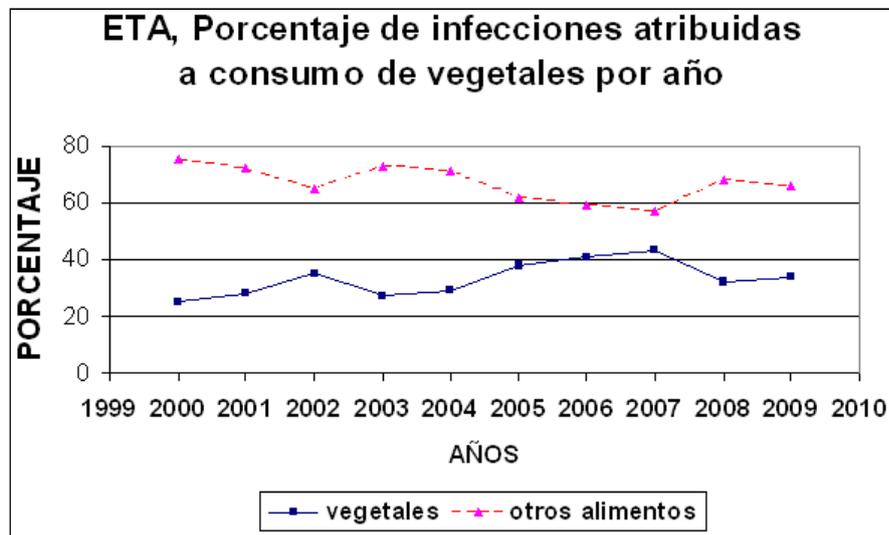


Figura 2.4. Porcentaje de ETA atribuido al consumo de vegetales contaminados.

### 2.3.6.- Métodos de limpieza industriales de frutas y verduras, [10].

#### 2.3.6.1.- Control por eliminación física.

##### 2.3.6.1.1.- Centrifugación.

Se utiliza para eliminar partículas en suspensión no deseadas adheridas al alimento. El proceso consiste en colocar los alimentos en una superficie giratoria a una fuerza centrífuga elevada. Las partículas no deseadas más ligeras se separan de la masa más pesada que representa el alimento limpiando así al mismo.

**2.3.6.1.2.- Filtración.**

Se utiliza para eliminar sólidos indeseables y algunos microorganismos. Este método permite que los alimentos tratados conserven sus características naturales.

**2.3.6.1.3.- Cortado.**

Permite eliminar áreas contaminadas con microorganismos. Se utiliza regularmente para eliminar manchas asociadas a contaminación con materia fecal. Ayuda a eliminar las zonas altamente contaminadas.

**2.3.6.2.- Tratamientos Térmicos.**

**2.3.6.2.1.- Curado.**

Es un tratamiento térmico en el cual el alimento es sometido a temperaturas y humedades relativamente altas durante varios días.

**2.3.6.2.2.- Inmersión en agua caliente.**

Se trata de procesos cortos en los que los alimentos son tratados con agua caliente a temperaturas entre 50 y 70 °C, dependiendo del caso. El agua a utilizar es potable.

**2.3.6.3.- Agentes desinfectantes comunes.**

**2.3.6.3.1.- Cloro, sales de hipoclorito y dióxido de cloro.**

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria debido a su bajo costo. Utilizando soluciones de pH = 6 se logra conseguir alta efectividad y estabilidad. El pH es un factor clave. Forman residuos potencialmente cancerígenos llamados trihalometanos.

**2.3.6.3.2.- Dióxido de cloro.**

Su eficacia es menos dependiente del nivel de pH en comparación al ácido hipocloroso y al cloro. Presenta un mayor poder oxidativo en comparación al cloro. Sin embargo, es altamente inestable y se descompone a temperaturas

superiores a los 30°C y al ser expuesto a la luz. El dióxido de cloro a concentraciones por encima de 10% es explosivo, por lo cual reactividad no puede ser trasladado. En general se utilizan generadores *in situ*. Los principales productos de reacción frente a la materia orgánica son clorito y cloratos, no formándose trihalometanos.

#### **2.3.6.3.3.- Ácido acético.**

Se utiliza generalmente como vinagre (5 a 10% de ácido acético) o como sales de sodio y calcio en un 25% o superior en los encurtidos y aderezos para ensaladas. La acción inhibitoria de ácido acético se produce debido a que disminuye el pH de la superficie del alimento lo que inhibe (más no impide) el crecimiento de los microorganismos, la misma acción la realiza la aplicación de limón a las ensaladas.

#### **2.3.6.3.4.- Ozono.**

Gas altamente oxidativo, más oxidante en comparación a las soluciones de cloro, por tanto más efectivo. Es poco soluble en agua lográndose soluciones de hasta 10 µg/ml (microgramo/mililitro). El residuo de su interacción con la materia orgánica es sólo oxígeno. Su actividad contra microorganismos está bien documentada por diversos autores. Se necesitan concentraciones por encima de 0.1 ppm en el agua para que su acción sea efectiva.

#### **2.3.6.4.- Factores que intervienen en el proceso de desinfección, [9].**

##### **2.3.6.4.1.- Tiempo de contacto y concentración del desinfectante.**

El tiempo de contacto se refiere al tiempo en minutos entre el desinfectante y el alimento y se mide en mg/L x min donde mg/L hace referencia a la concentración.

##### **2.3.6.4.2.- Temperatura.**

El aumento de la temperatura puede causar un aumento de la velocidad de las reacciones o inactivación del agente desinfectante contra la desinfección.

**2.3.6.4.3.- Agua utilizada.**

La turbidez del agua también reduce la afectividad de desinfección. Los microorganismos pueden quedar protegidos del efecto de los agentes desinfectante por la turbidez de las aguas.

**2.3.6.4.4.- El tipo de microorganismo.**

Los desinfectantes pueden matar de manera efectiva muchos microorganismos causantes de enfermedades pero otros como la bacteria *E.Coli* son más resistentes y por lo tanto se utilizan como organismos indicadores del nivel de limpieza alcanzado.

**2.3.6.4.5.- La edad de los microorganismos.**

Las bacterias jóvenes son más fáciles de matar que las más adultas. Esto es debido a que las bacterias jóvenes no poseen defensas naturales contra los desinfectantes.

**2.4.- Datos del Instituto Nacional de Estadística, (INE), [11].**

Venezuela. Hogares que compran, por lugar de compra, según productos (%). Año 2010.							
Producto	Total	Bodegas o Abastos	Mercados	Mercado popular	Red Mercal	Fruterías, buhoneros	Otros
<b>Hortalizas</b>							
Ají	100	11,07	28,55	26,28	0,42	33,60	0,08
Auyama	100	5,51	19,42	34,17	0,11	40,79	-
Cebolla	100	9,93	27,50	28,18	0,67	33,63	0,08
Pimentón	100	9,44	23,59	30,61	0,15	36,21	-
Tomate	100	9,32	24,25	29,34	0,39	36,64	0,06
Zanahoria	100	6,40	27,86	29,10	0,49	36,15	-
<b>Frutas</b>							
Cambur (Banano)	100	6,81	20,54	26,18	-	46,33	0,13
Guayaba	100	3,39	19,97	32,16	0,09	44,39	-
Lechosa	100	2,81	21,70	32,06	0,09	43,34	-
Limón	100	6,12	30,39	31,67	0,23	31,59	-
Mandarina	100	2,03	16,58	31,15	-	50,24	-

Mango	100	6,39	21,14	33,94	-	38,53	-
Melón	100	2,61	17,97	31,96	0,08	47,39	-
Naranja	100	0,72	22,29	32,22	0,14	44,63	-
Patilla	100	1,54	18,12	25,67	0,63	54,03	-
Piña	100	1,41	17,14	37,89	-	43,56	-

Figura 2.5. Principales lugares de compra de frutas y hortalizas en Venezuela.

Venezuela. Hogares con adquisiciones, por frecuencia de adquisición, según productos, en porcentaje (2do. Semestre de 2010)							
Producto	Total	Diario	Varias veces a la semana	Semanal	Quincenal	Mensual	Más de un mes
<b>Hortalizas</b>							
Ají	100	0,80	3,03	55,80	39,10	5,34	2,99
Auyama	100	0,17	1,23	61,01	33,07	7,28	4,35
Cebolla	100	0,43	2,31	62,25	33,08	3,84	1,09
Pimentón	100	0,53	3,62	60,81	31,67	3,98	1,38
Tomate	100	0,58	3,77	62,83	30,60	3,20	1,04
Zanahoria	100	0,08	0,94	55,48	35,50	5,75	1,16
<b>Frutas</b>							
Cambur (Banano)	100	0,69	5,33	53,29	28,82	7,30	9,37
Guayaba	100	0,52	2,17	57,34	33,14	5,32	3,79
Lechosa	100	0,19	2,82	53,82	33,78	6,59	6,10
Limón	100	1,25	4,98	34,57	33,62	10,23	8,48
Mandarina	100	0,40	2,17	63,20	43,27	17,40	17,81
Mango	100	6,50	11,97	14,00	13,95	11,58	21,23
Melón	100	0,24	1,70	61,58	32,11	7,52	4,13
Naranja	100	0,83	2,82	43,69	38,63	9,02	7,53
Patilla	100	-	1,50	44,28	45,06	24,00	20,16
Piña	100	-	1,26	46,68	36,30	11,04	4,05

Figura 2.6. Frecuencia de adquisición de las hortalizas y frutas en Venezuela.

Cuadro 6. Venezuela. Consumo aparente diario per cápita, en gramos, por estrato social, según productos, segundo semestre de 2010				
Producto	Unidad medida	Estratos I, II y III	Estrato IV	Estrato V
<b>Hortalizas</b>				
Ají	gramo	6,00	5,76	4,61
Auyama		19,62	21,81	23,02
Cebolla		21,40	21,80	20,34
Pimentón		10,47	9,15	6,66
Tomate		24,30	23,47	22,37
Zanahoria		20,76	18,33	18,43

<b>Frutas</b>				
Cambur (Banano)	gramo	38,45	35,07	34,02
Guayaba		21,86	22,28	17,78
Lechosa		45,18	40,26	33,00
Limón		10,96	8,18	9,71
Mandarina		19,55	15,78	10,06
Mango		7,11	5,77	9,07
Melón		39,28	31,18	20,42
Naranja		28,27	21,61	20,05
Patilla		52,09	38,10	34,27
Piña		19,38	13,69	8,51

Figura 2.7. Hortalizas y frutas más consumidas en Venezuela según estrato.

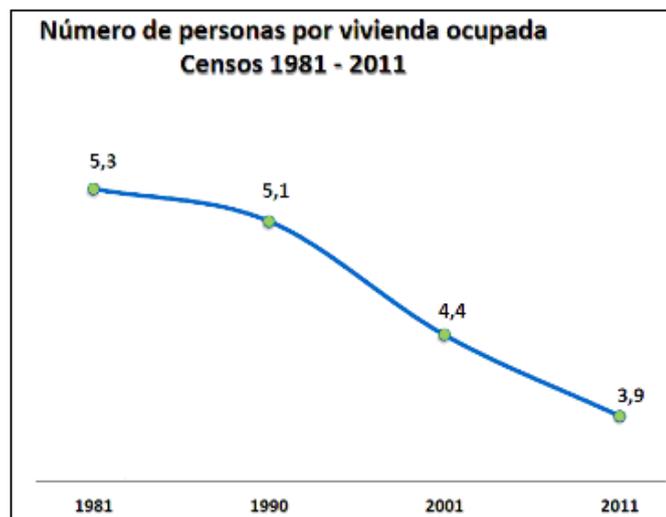


Figura 2.8. Número de personas por vivienda en Venezuela.

### 2.5.- Metodología de diseño según R. Milani, [12].

Explica el proceso de diseño según los siguientes gráficos:

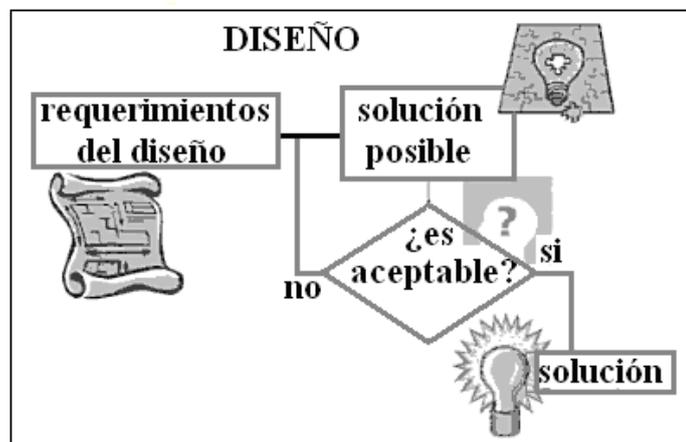


Figura 2.9. Proceso de diseño según R. Milani.

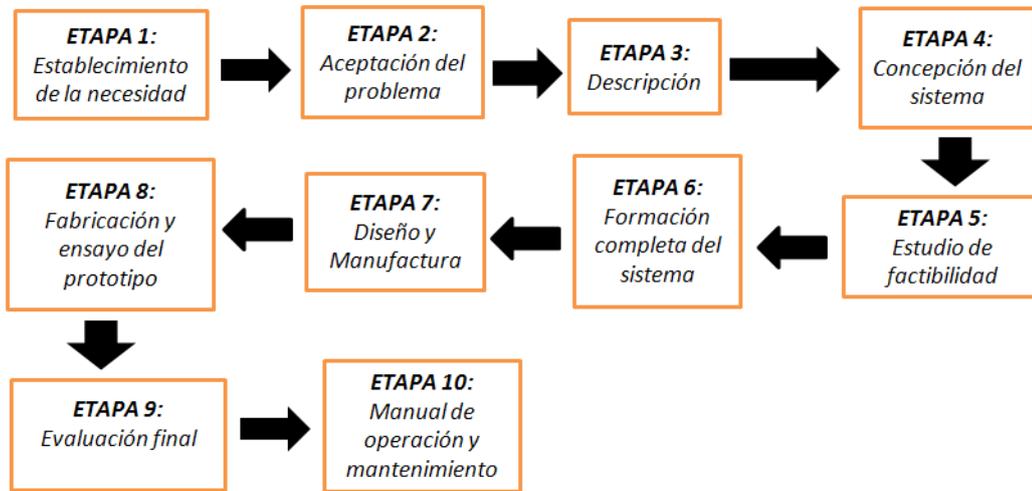


Figura 2.10. Metodología de diseño según R. Milani. Establece 10 etapas.

## 2.6.- Métodos de diseño y selección de materiales, [13].

### 2.6.1.- Grupo I. Procesos que estimulan el proceso creativo.



Figura 2.11. Proceso del método creativo.



Figura 2.12. Pasos del método creativo.

#### 2.6.1.1.- Métodos creativos más usados:

- A) Lluvia de ideas: Generan un gran número de ideas novedosas. Se realiza con un mínimo de 8 personas.
- B) Moon Board: Son imágenes que se realizan a partir de la observación de materiales, colores, objetos, entre otros. Se utilizan para aproximarse más al usuario desde la concepción del producto.
- C) Sinéctica: Actividad grupal donde los miembros tratan de construir, combinar y desarrollar ideas para una solución creativa del problema propuesto.

D) Agrandar el espacio de búsqueda: Busca agrandar los límites dentro de los cuales se busca la solución.

**2.6.2.- Grupo II. Métodos con marco de referencia lógico.**

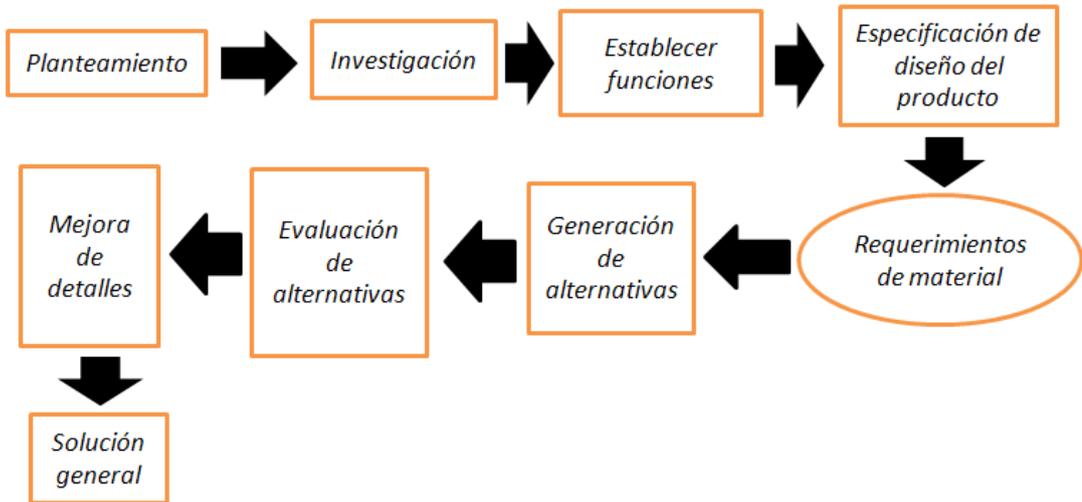


Figura 2.13. Proceso de los métodos con marco de referencia lógico.

## **CAPÍTULO III: ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS.**

### **3.1.- Origen del problema.**

Para que exista un problema, debe existir una necesidad de parte de los potenciales usuarios o personas a las cuales se les pretende resolver el problema planteado. También ese problema puede surgir del planteamiento del mismo diseñador o un grupo particular que considera la existencia de un problema. En el caso particular de este Trabajo Especial de Grado (TEG), el planteamiento del problema surge por propia inquietud de los autores, los cuales inicialmente consideraron diseñar y construir una máquina de uso doméstico lavadora de arroz, basados en el hecho de que en décadas pasadas cuando el arroz se vendía en sacos el mismo mostraba señales de contaminación como por ejemplo la existencia de ciertas especies de escarabajos según la información recopilada al respecto. Esta forma de plantear una problemática en Ingeniería es llamada como una forma de innovación determinada por “la fuerza de la tecnología y el diseño”, ya que son los autores quienes plantean la misma, [14].

Ese problema se eliminó al comercializarse el arroz como se hace hoy en día en los supermercados y demás centros de compra, según reveló el mismo proceso de investigación anterior, por lo cual se concluyó que no existía un verdadero problema al respecto más allá de cierto polvo blanquecino en algunas marcas comerciales que no involucra algo más que un problema de “estética culinaria”. Ese proceso de investigación tenía como principal objetivo “sacar de la cabeza” de los diseñadores la situación problemática supuesta, es decir, indagar en los grupos considerados afectados de manera directa (quienes preparan el arroz) por medio de entrevistas o cualquier otro procedimiento similar. La investigación anterior determinó que no era necesario llegar hasta esa etapa del proceso de diseño.

Se continuó entonces la búsqueda de un problema en el área de los electrodomésticos, doméstico, ya que se consideró esa área existía, ya sea un funcionamiento deficiente o bien inexistencia de máquinas que simplificaran las tareas cotidianas relacionadas a la elaboración de los alimentos en el hogar. Ello

llevó finalmente a considerar la posibilidad de construir una máquina doméstica lavadora de vegetales como la lechuga, motivados por la creencia particular de la de la necesidad de existencia de una máquina similar para los grupos afectados (los consumidores habituales de vegetales).

Por medio de otro proceso investigativo, se evidenció que a diferencia de la suposición inicial sobre el arroz, ciertamente existía un problema con la higiene a la hora de consumir alimentos como la lechuga, ya que las mismas son propensas a transmitir ETA debido a que suelen consumirse crudos. Continuando con la investigación acerca de la lechuga, se concluyó que las frutas y las verduras debían ser incluidas en la lista de alimentos a lavar debido a razones similares, y adicionalmente se determinó que el problema para los grupos afectados (la enfermedad) se presentaba en la mayoría de los casos cuando estos alimentos se consumían crudos con su cáscara u hojas externas en base a las estadísticas del Ministerio de Salud y a la opinión del Dr. Francisco Larrea, quien labora en el área de Epidemiología en ese Ministerio y fue consultado al respecto.

Establecido lo anterior, quedaba entonces la tarea de determinar si para el grupo afectado la existencia de la máquina era considerada apropiada, lo cual consiste en “sacar de la cabeza” de los autores el problema, [15].

### **3.1.1.- Determinación de la existencia del problema.**

Para determinar la existencia del problema se realizó en principio un sondeo exploratorio al grupo considerado afectado. Determinar la existencia de la necesidad implica sensibilizarse con la realidad que origina la solución, esto es “la situación que origina el problema”, [15]. Se distinguen entre otras, tres etapas para realizar ese proceso de investigación en donde debe de considerarse, [14]:

- 1) *Etapas de preparación:* Comprende la recolección de información relevante. Gran parte de ella ha sido mostrada en el marco teórico.
- 2) *Etapas de Exploración:* Se mencionan aquí aspectos motivantes al diseñador. Esto se comentó al principio de este capítulo. Tanto esta etapa como la anterior son consideradas como divergentes.

- 3) *Etapa de Formulación:* Esta etapa se considera como convergente. Incluye investigar o plantearse cuál o cuáles con los grupos afectados.

El sondeo exploratorio involucró realizar una serie de preguntas a través del formato de encuestas personales para conocer de manera directa sin consideraban necesaria la existencia de una máquina explicándoles previamente en que consistiría su funcionamiento. Se distinguen 3 tipos básicos de usuarios: comerciales, industriales y domésticos, [14]. En este TEG se consideró a los usuarios domésticos ya que la máquina que se propuso construir estuvo orientada hacia ellos.

Un método adecuado para realizar encuestas consiste en diseñar un patrón de encuesta con preguntas cerradas y específicas, [15]. Las mismas en el caso de este trabajo iban dirigidas a las amas de casa, personas consideradas por los autores como los “personajes” ideales para responder la interrogante de la existencia de una necesidad. Se consideró sólo a amas de casa debido a la idiosincrasia de los venezolanos en cuanto a que la mujer se encarga de los oficios del hogar y el cuidado de los niños en un porcentaje importante de casos, por lo que no se consideró relevante buscar estadísticas al respecto, ya que se considera como muy cierta la afirmación anterior.

El universo de las encuestas a realizar fue indeterminado y no se estableció un número mínimo ni un número máximo de personas a encuestar, dado que para establecer ese parámetro se considera se deben aplicar métodos propios de un estudio formal de mercado. Se detuvo el proceso de realización de encuestas una vez que se determinó una tendencia aparente acerca de los hábitos de consumo de frutas y verduras de parte de las personas encuestadas.

### **3.1.2.- Encuestas de usuarios.**

En total se encuestaron a 60 personas en el centro deportivo Eugenio Mendoza ubicado en la urbanización de La Castellana en el Municipio Chacao en el transcurso del mes de noviembre de 2011. La intención era determinar a través de las preguntas si esas personas consideraban necesaria la existencia de la

máquina, para lo cual los autores consideraron necesario que ellas (las amas de casa) en primera instancia que fueran consumidoras habituales de frutas y verduras sin cocción y a la vez las prepararan personalmente antes de ingerirlas. De 60 personas, 58 consideraron necesaria la existencia de la máquina, 60 afirmaron consumir sin cocción frutas y verduras mayormente (45 personas) en forma quincenal y 60 preparan las frutas y verduras que consumen. Los resultados en detalle se muestran en el anexo 4.1.

### **3.1.3.- Búsqueda de máquinas nacionales de uso doméstico lavadoras de frutas y verduras.**

Una vez constatada la necesidad de existencia de la máquina, quedó por aclarar si existen en el mercado máquinas de tecnología nacional que laven frutas y verduras, ya que si existen, el objetivo general de este trabajo no tendría sentido. Para ello, se realizaron en orden cronológico las siguientes acciones:

1. Consulta al Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual, SAPI.
2. Visitas a locales comerciales especializados en la venta de electrodomésticos o afines.

#### **3.1.3.1.- Consulta al SAPI.**

Una consulta realizada a la base de datos existente en la sede del SAPI (octubre de 2011) determinó que no existen máquinas de tecnología nacional para lavar frutas y verduras.

#### **3.1.3.2.- Visitas a locales comerciales.**

El día 10 de noviembre de 2011 se procedió a visitar los siguientes locales comerciales estableciendo como criterio de selección para las visitas la fácil accesibilidad de la mayor parte del público consumidor a los mismos:

- A) **Centro Comercial Sambil**, ubicado en el Municipio Chacao en la avenida Libertador con la calle Los Ángeles en la tienda "Remington".
- B) **Centro Comercial El Recreo**, ubicado en el Municipio Libertador en la avenida Casanova con la calle El Recreo en la tienda "As you seen on TV".

C) **Beco**, ubicado en el Municipio Chacao en el boulevard de Sabana Grande al frente de la estación del Metro de Caracas de Chacaito.

Para describir las máquinas vistas el procedimiento a utilizar es el de la ficha de análisis, [15]. En las fichas de análisis se describe en forma general el producto analizado y resaltando características como dimensiones, accesorios, funcionamiento y otras similares.

#### **3.1.3.2.1.- Conclusiones sobre las Fichas de análisis de las máquinas encontradas.**

Se consiguieron dos máquinas, ambas de tecnología importada y que son aparatos de uso manual que cumplen la única función de servir como escurridores del agua de lavado de las frutas y verduras previamente lavadas, es decir, primero se lavan y luego se introducen en los aparatos los cuales funcionan utilizando el proceso de centrifugado. Los detalles de la fichas se muestran en el anexo 5.1.

#### **3.1.4.- Definición del problema.**

El problema es la inexistencia de un electrodoméstico de tecnología nacional que lave frutas y verduras que se dispongan a consumirse sin cocción.

#### **3.2.- Contextualización del problema.**

Una vez confirmada la existencia del problema, se investigaron en primera instancia los antecedentes. En concreto se indagó acerca de máquinas existentes ya sea en el país o en el extranjero que laven frutas y verduras. El proceso para mostrar esa información es el de las fichas de análisis y es descrito como el “estado del arte”, [15].

##### **3.2.1.- Resumen de los antecedentes.**

Se encontraron dos máquinas a la venta, [16], y a la vez dos patentes personales, [17]. Ambas en Estados Unidos. Respecto a las máquinas ambas utilizan ozono disuelto en agua como desinfectante método químico de lavado mientras el centrifugado es utilizado como método físico de limpieza. Sus

dimensiones son similares a las de una hornera (máquina para hacer pollo horneado) doméstica. Ambas tienen componentes automatizados.

Respecto a las patentes una se refiere a una máquina de uso manual de funcionamiento similar a los escurridores comentados antes, mientras la otra no dispone de componentes automatizados pero utiliza el ozono como método de limpieza química. No dispone de un proceso de limpieza física. Las dimensiones de ambos son similares a las de una cafetera doméstica. Una de las patentes hace referencia a que una adecuada velocidad de centrifugado es de 600 rpm a un tiempo comprendido entre 30 segundos a minuto. Las fichas se muestran en los anexos 5.2 y 5.3.

### **3.2.2.- Grupos afectados.**

En esta etapa se considera oportuno nombrar a los grupos afectados, [14]. Se mencionan los grupos que, a juicio de los autores están involucrados en el problema:

- 1) *Amas de casa:* Involucradas directamente en el problema ya que se supone que ellas harán uso de la máquina.
- 2) *Comercios especializados:* Se refiere a los locales comerciales donde pueden adquirirse electrodomésticos, ya que serían los encargados de suministrar la máquina al consumidor.
- 3) *Surtidores de materia prima:* Se refiere a las industrias o particulares que suministren los materiales y equipos para manufacturar la máquina.
- 4) *Médicos y demás especialistas:* Ya que con la máquina se reducirían los casos de ETA y por ello estos profesionales perderían algunos ingresos generados por la atención a las personas afectadas con las ETA.
- 5) *Empresas farmacéuticas y red de farmacias:* Estas dejarían de percibir ingresos por la venta de medicinas recetadas por los médicos a las personas afectadas por las ETA en los casos en fuese así.
- 6) *Ministerio de Salud:* Ya que tendrían menos reportes de ETA y de esa forma menos problemas que atender.

- 7) *Empresas de publicidad*: Tendrían ingresos por promocionar la venta de la máquina.
- 8) *Grupos familiares en general*: Se incluyen a quienes adquieran la máquina. Verían mejorar su calidad de vida al reducirse la incidencia sobre ellos de la ETA.
- 9) *Profesionales varios*: Se hace mención aquí a obreros y profesionales necesarios para una potencial construcción en masa de la máquina.

### **3.3.- Escogencia de las frutas y verduras a lavar.**

En el anteproyecto de este TEG se propuso inicialmente lavar las frutas de bosque, cítricas y las verduras de hojas en base a la creencia de que eran las únicas que se consumían crudas con su concha u hojas externas y que además eran consumidas por un porcentaje importante de la población. Las estadísticas del INE revelaron que ese punto de vista no era el adecuado y por lo tanto se debía indagar con exactitud cuáles eran las frutas y verduras que la población (amas de casa) consume o prepara con su concha u hojas externas.

El proceso para aclarar esa interrogante fue nuevamente por medio de las encuestas de usuarios. Para ello primero se realizó un inventario de las frutas y verduras disponibles en las siguientes cadenas de supermercados: *Excelsior Gama, Unicasa, Central Madeirense y Plaza's*, ya que las mismas poseen al menos 10 sucursales en varios estados del país, por lo cual se hace la suposición de que el inventario de frutas y verduras existente en una sucursal en Caracas ha de ser muy parecido al existente en una sucursal del interior del país. Esa suposición se hace en base a destinar el uso de la máquina propuesta a los hogares de los principales centros urbanizados del país. Se visitaron las sucursales existentes en el Municipio Chacao debido a su fácil accesibilidad.

Se visitaron los mercados populares el *Mercado de Guaicaipuro* y el *Mercado Municipal de Chacao*, igualmente debido a su fácil accesibilidad. En lo referente a los vendedores ambulantes, se realizó una visita a los vendedores informales situados en las adyacencias de La Ciudad Universitaria de Caracas, sin más criterio de escogencia que su cercanía con La UCV.

El otro criterio de escogencia estuvo relacionado a las estadísticas del INE respecto a los lugares más comunes de adquisición de frutas y hortalizas.

### **3.3.1.- Resultados de las encuestas.**

Una vez realizado el inventario, se procedió a realizar las entrevistas siguiendo, de forma general, los criterios:

1. No consume
2. No conoce
3. Frutas y verduras consumidas cocidas.
4. Frutas y verduras consumidas crudas con su cáscara u hojas.
5. Frutas y verduras consumidas crudas sin su cáscara u hojas.
6. Frutas adquiridas fraccionadas.
7. Frutas adquiridas enteras.

En base a esos criterios, se descartaron las frutas y verduras que no eran consumidas, que no eran conocidas, que eran consumidas cocidas y que eran adquiridas enteras. Respecto a las que eran adquiridas fraccionadas en esa pregunta sólo incluyó a las siguientes frutas: patilla, lechosa, piña y melón, ya que en los sitios visitados se observó que eran adquiridas en ocasiones de esa forma.

Las frutas y verduras seleccionadas fueron las que mayoritariamente los encuestados afirmaron consumir crudas con su cáscara u hojas y fraccionadas. Al fraccionarse la fruta se da libre acceso a los microorganismos para que habiten el interior de ellas, [7].

Entonces, se escogieron preliminarmente las siguientes frutas y verduras a la espera de evaluar su lavado en la máquina por construir:

Pera	Pimentón	Mango	Berro	Melón
Manzana	Tomate	Durazno	Perejil	Patilla
Guayaba	Zanahoria	Lechosa	Espinaca	Céleri
Cebolla	Lechuga	Repollo	Mora	Uvas

*Figura 3.1 Frutas y verduras seleccionadas.*

Las encuestas realizadas fueron llevadas a cabo en el transcurso del mes de noviembre de 2011 en el centro deportivo Eugenio Mendoza del Municipio

Chacao a un total de 60 personas. Este proceso de encuestas se realizó como parte de un único proceso de entrevistas llevado a cabo en ese mes, es decir, todas se hicieron como parte de un único proceso de consulta a los usuarios ya que previamente a la realización de las encuestas se redactó el patrón de las mismas y se colocaron en éste las preguntas que se consideraron necesarias. La realización de este segundo grupo de preguntas estuvo condicionada a las repuestas registradas en el primer grupo de preguntas, es decir, de no haberse obtenido resultados positivos en el primer grupo de preguntas no se hubiera hecho la consulta con el segundo grupo. Se muestran los resultados de forma separada de acuerdo a la forma como se ha planteado la situación problema. No se realizaron dos procesos de encuestas distintos como podría suponerse. Lo que se hizo fue dividir el proceso en dos grupos de preguntas. Los resultados se muestran en el anexo 4.2.

### **3.4.- Tormenta de ideas.**

Este es un método creativo donde se estimula a un grupo determinado de personas a presentar múltiples ideas de forma rápida y sin limitaciones creativas. El método permite obtener información e ideas que ayudan al proceso de diseño que se esté ejecutando. Al momento de la recopilación de las ideas, estas deben tomarse tal como sean generadas por los participantes del proceso, siendo en un proceso posterior de la etapa de diseño donde se descartan aquellas ideas que se consideren no aptas, imposibles de realizar o incompatibles con el diseño a ejecutar, [15].

#### **3.4.1.- Tormenta de ideas realizada a las amas de casa.**

Primero se realizó el procedimiento con las amas de casa a las cuales se les consultó acerca de cuáles características les gustaría que tuviera la máquina propuesta desde su punto de vista de potenciales usuarios de la misma. A continuación se enumeran las ideas, sugerencias o puntos de vista registrados:

- |                                     |                       |
|-------------------------------------|-----------------------|
| 1.- Pelar y Licuar la fruta.        | 2- Exprimir la fruta. |
| 3.- Quitar hojas sucias al repollo. | 4.- Fácil lavado.     |

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 5.- Que no maltrate las hojas de la lechuga. | 6.- Que sea portátil.         |
| 7.- Trocear la zanahoria y las papas.        | 8.- Económica.                |
| 9.- Que tenga control remoto.                | 10.- Fácil de usar.           |
| 11.- Que se puedan calentar los vegetales.   | 12.- Que use pilas.           |
| 13.- Que incluya dispensador para los jugos. | 14.- Que no use electricidad. |
| 15.- Que no necesite regulador de voltaje.   | 16.- Tamaño pequeño.          |
| 17.- Quitar el tallo a la lechuga.           | 18.- Que no se dañe rápido.   |
| 19.- Que tenga botones para todo.            | 20.- Que quite semillas.      |
| 21.- Que no tenga cable.                     | 22.- Que use cloro.           |
| 23.- Que use ozono.                          | 24.- Que pueda partir cocos.  |

### **3.4.2.- Tormenta de ideas realizada a los estudiantes.**

Este procedimiento se realizó el día 30 de septiembre de 2011 en las aulas de clase de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV, a los estudiantes de la asignatura Diseño de Máquinas II, del octavo semestre de la carrera, del curso intensivo realizado en los meses de agosto y septiembre de ese año dictado por el Tutor Académico de este TEG. A diferencia de la recopilación de ideas a las amas de casa, con esta última tormenta se pretendió recabar ideas acerca de las características de diseño y funcionamiento de la máquina a construir desde el punto de vista de un Ingeniero Mecánico. Se enumeraron las siguientes ideas:

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1.- Peso liviano.  | 2.- Fácil fabricación.        |
| 3.- Pistola a chorro que dispare el agua y el desinfectante. |                               |
| 4.- Capacidad de permitir cambios drásticos de temperatura.  |                               |
| 5.- Pocas partes de construcción.                            | 5.- Usar agua fría a presión. |
| 7.- Capacidad de permitir flujo de vapor y líquidos.         |                               |
| 8.- Interfaz usuario-máquina sencillo.                       | 9.- Máquina rotatoria.        |
| 11.- Sistema de rociado de vapor en alta temperatura.        |                               |
| 12.- Sistema rotador para secar.                             | 13.- Temporizador.            |
| 14.- Bajo precio.  | 15.- Tamaño accesible.        |
| 16.- Diseño simple.  | 17.- Que no sea pesada.       |
| 18.- Que cumpla normas de seguridad.                         | 19.- Sensor de limpieza.      |
| 20.- Mecanismo de entrada y desagüe del agua.                |                               |
| 21.- Poco mantenimiento.                                     | 22.- Usar agua caliente.      |
| 23.- Uso con baterías.                                       | 24.- Portátil.                |
| 25.- Fácil limpieza.   | 26.- Compacta.                |
| 27.- Utilizar materiales apropiados.                         | 28.- Rapidez en la operación. |
| 29.- Utilizar partes auxiliares.                             | 30.- Durable.                 |
| 31.- Bajo consumo de electricidad.                           | 32.- Rápido funcionamiento.   |

- 33.- No debe generar ruido. 34.- Higiénico.  
 35.- Poseer engranajes que hagan girar el recipiente.  
 36.- Pistola a chorro que dispare el agua y el desinfectante.  
 37.- Debe disponer de un sistema automatizado.

**3.4.3.- Matriz de decisión.**

Se procedió a realizar la matriz de toma de decisiones tomando en cuenta tanto las ideas ofrecidas por los estudiantes y las amas de casa entrevistadas. Los criterios de selección establecidos fueron los siguientes:

- A) *Aplicable*: Dentro de las tecnologías investigadas, corresponde a una idea que puede aplicarse al diseño de la máquina propuesta.
- B) *Útil*: Idea que se considera simplifica el diseño de la máquina.
- C) *Uso doméstico*: Idea apropiada para una máquina domestica.
- D) *Ingenioso*: Idea que los autores no habían considerado.
- E) *Novedoso*: Idea no vista en aplicación en las máquinas estudiadas y conocidas.
- F) *Futurista*: Idea considerable a aplicar en una reforma posterior al diseño a plantear en este TEG.
- G) *Dentro de contexto*: Idea cónsona con la aplicación pretendida de la máquina propuesta.
- H) *Atractiva*: Para un vendedor, idea que involucra una máquina rentable.
- I) *Comprable*: Para un comprador, idea que le motiva a adquirir a máquina.
- J) *Ingenieril*: Para los conocimientos de los autores, idea factible de aplicar.

Se estableció la siguiente escala de puntuación:

- A) Idea altamente considerable: De 8 a 10 puntos.
- B) Idea considerable: De 5 a 7 puntos.
- C) Idea poco considerable: De 2 a 4 puntos.
- D) Idea no considerable: De 0 a 1 puntos.

Ideas	Criterios										
	aplicable	útil	uso doméstico	ingenioso	novedoso	futurista	dentro de contexto	atractiva	comprable	ingenieril	Puntaje Total
Pelar y licuar la fruta	6	1	7	1	2	1	0	8	10	8	<b>44</b>
Exprimir la fruta	10	1	7	1	2	1	0	7	10	8	<b>47</b>
Quitar el tallo a la lechuga	6	1	2	1	4	2	0	6	8	4	<b>34</b>
Quitar hojas sucias al repollo	1	2	4	2	6	2	2	8	10	2	<b>39</b>
Fácil lavado	8	9	10	3	2	3	10	10	10	10	<b>75</b>
Económica	10	8	10	4	3	3	10	10	10	10	<b>78</b>
Que use pilas	2	8	1	2	2	8	2	10	6	8	<b>49</b>
Que sea portátil	2	3	1	8	5	8	2	10	10	7	<b>56</b>

**ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS**

Que no tenga cable	1	1	4	9	8	8	2	8	5	5	<b>51</b>
Que quite semillas	2	1	2	2	1	2	0	9	10	8	<b>37</b>
Tamaño pequeño	9	8	10	2	3	8	8	8	9	8	<b>73</b>
Que tenga botones para todo	2	1	8	5	6	9	1	10	10	7	<b>59</b>
Que tenga control remoto	1	1	2	7	6	9	1	10	10	3	<b>50</b>
Que se puedan calentar los vegetales	1	5	8	9	5	2	0	10	10	10	<b>60</b>
Que incluya dispensador para los jugos	1	1	8	3	3	2	0	10	10	10	<b>48</b>
Fácil de usar	9	10	10	3	1	7	9	10	10	10	<b>79</b>
Que no se dañe rápido	9	10	10	3	2	7	8	10	10	10	<b>79</b>
Que no necesite regulador de voltaje	3	6	5	10	9	9	4	10	10	6	<b>72</b>
Que use cloro	10	10	7	8	10	10	10	5	3	5	<b>78</b>
Que use ozono	10	10	10	8	6	7	10	7	8	10	<b>86</b>
Que pueda partir cocos	0	1	4	1	10	2	0	3	3	10	<b>34</b>
Trocear la zanahoria y las papas	9	1	9	2	2	2	0	8	9	9	<b>51</b>
Que no use electricidad	0	1	1	10	10	1	2	10	4	1	<b>40</b>
Que no maltrate las hojas de la lechuga	10	8	10	4	3	3	10	10	10	10	<b>78</b>
Peso liviano	8	8	10	2	5	6	8	10	10	8	<b>75</b>
Pocas partes de construcción	2	9	8	6	4	3	8	10	10	3	<b>63</b>
Fácil fabricación	6	10	10	2	3	3	5	7	10	5	<b>61</b>
Capacidad de permitir cambios drásticos de temperatura	7	2	5	8	4	3	4	6	6	8	<b>53</b>
Capacidad de permitir flujo de vapor y líquidos	7	2	5	8	3	4	2	6	6	8	<b>51</b>
Rapidez en la operación	8	10	10	4	3	3	9	10	10	8	<b>75</b>
Seguridad a altas temperaturas	4	4	10	8	2	2	2	10	10	8	<b>60</b>
Que corte y exprima la fruta	8	1	10	2	5	1	0	10	10	8	<b>55</b>
Interfaz usuario-máquina sencillo	8	9	10	8	3	10	8	10	10	10	<b>86</b>
Debe disponer de un sistema automatizado	5	1	10	2	8	10	0	10	10	8	<b>64</b>
Utilizar partes auxiliares	6	3	3	4	4	5	3	10	4	8	<b>50</b>
Sistema de rociado de vapor a alta temperatura	6	2	2	8	7	2	3	7	6	8	<b>51</b>
Sistema rotador para secar	10	9	10	7	7	5	10	10	10	10	<b>88</b>
Bajo consumo de electricidad	5	6	10	8	6	8	2	9	10	7	<b>71</b>
Diseño simple	6	10	8	6	7	9	3	9	9	9	<b>76</b>
Utilizar materiales apropiados	8	10	9	3	3	6	5	5	6	10	<b>65</b>
Que cumpla normas de seguridad	10	10	10	1	2	3	6	8	10	10	<b>70</b>
Pistola a chorro que dispare el agua y el desinfectante	8	2	3	9	9	2	10	3	3	9	<b>58</b>
Sensor de limpieza	2	3	9	4	10	10	10	10	10	3	<b>71</b>
Temporizador	5	2	10	2	8	10	10	10	10	7	<b>74</b>
Mecanismo de entrada y desagüe del agua	10	9	10	2	3	5	10	10	10	10	<b>79</b>
Higiénico	10	8	10	4	5	5	6	10	10	7	<b>75</b>
Poseer engranajes que hagan girar el recipiente donde está el alimento	10	8	6	5	4	3	10	8	9	10	<b>73</b>
Usar agua caliente	8	9	7	7	8	6	4	6	5	10	<b>70</b>
Máquina rotatoria	10	9	8	5	3	3	10	10	10	10	<b>78</b>
Usar agua fría a presión	10	5	8	6	6	3	8	7	8	8	<b>69</b>
Poco mantenimiento	8	9	10	5	7	10	8	5	10	8	<b>80</b>

*Figura 3.2. Matriz de decisión.*

### **3.4.3.1.- Ideas ganadoras.**

Se estableció un puntaje mínimo para considerar una idea como ganadora de 65 puntos para tomar en cuenta la mayor cantidad de ideas posibles que ayudasen a clarificar el diseño. De esa forma, las ideas ganadoras fueron:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1.- Fácil de usar.  | 2.- Que no se dañe rápido.      |
| 3.- Que no necesite regulador de voltaje.                                 | 4.- Fácil lavado.               |
| 5.- Que no maltrate las hojas de la lechuga.                              | 6.- Que use ozono.              |
| 7.- Rapidez en la operación.  | 8.- Sistema rotador para secar. |
| 9.- Interfaz usuario-máquina sencillo.                                    | 10.- Sensor de limpieza.        |
| 11.- Mecanismo de entrada y desagüe del agua.                             | 12.- Temporizador.              |
| 13.- Que cumpla normas de seguridad.                                      | 14.- Máquina rotatoria.         |
| 15.- Poseer engranajes que hagan girar el sistema donde está el alimento. |                                 |
| 16.- Poco mantenimiento.  | 17.- Higiénico.                 |
| 18.- Bajo consumo de electricidad.  | 19.- Diseño simple.             |
| 20.- Usar agua fría a presión.  | 21.- Peso liviano.              |
| 22.- Utilizar materiales apropiados.                                      | 23.- Tamaño pequeño.            |
| 24.- Económica.   | 25. Que use cloro.              |
| 26.- Usar agua caliente.  |                                 |

#### **3.4.3.1.1.- Consultas a expertos.**

Se procedió, antes de definir los criterios a utilizar en el diseño de la máquina, a consultar a algunos profesionales especialistas en distintas áreas debido a que algunas de las ideas ganadoras están relacionadas a ciertos campos del conocimiento que no son dominados por los autores. Por lo tanto, se recurrió a consultar a los siguientes profesionales:

- Ing. Servando Álvarez, Profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCV.
- Ing. William Jota, Profesor de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCV.
- Lic. Rosario Alberdi. Miembro adscrito al personal académico de la Planta Experimental de Tratamiento de Aguas de la UCV.
- Dra. Rosa Raybaudi, Profesora de la Escuela de Biología de la UCV y especialista en Tecnología de los Alimentos.
- Dr. Paulino Betancourt, Profesor de la Escuela de Química de la UCV.

A los Profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica se les consultó respecto a las ideas de bajo consumo de electricidad y que no necesitase regulador de voltaje. A la Lic. Alberdi se le consultó respecto al uso del ozono y el cloro. A la Dra. Raybaudi se le consultó acerca del uso de agua fría a presión, de un sistema rotador para secar y del agua caliente. Al Dr. Betancourt se le preguntó acerca del ozono y el cloro. Se intentó consultar a algunas empresas de alimentos como *Alimentos Kelly's*, *Finca Dos Aguas* y *Excelsior Gamma* acerca de los métodos de limpieza que utilizan obteniéndose una respuesta negativa al respecto.

#### **3.4.3.1.1.- Ideas tomadas en cuenta en el diseño.**

En base a la opinión de los expertos y a los comentarios de los estudiantes, se seleccionaron los siguientes criterios:

- 1.- *Fácil de usar*: Se seleccionó debido a que para un usuario de cualquier electrodoméstico que el mismo sea fácil de operar es una característica esencial.
- 2.- *Que no se dañe rápido*: Hacía referencia a que el aparato debe durar un tiempo prudencial sin presentar fallas. Para un electrodoméstico convencional este tiempo representa usualmente un período de 6 meses a 1 año, [3].
- 3.- *Fácil lavado*: Comprendía diseñar un proceso que implique un lavado poco “complicado” en términos de la ingeniería.
- 4.- *Económica*: Consideraba que el costo del prototipo no fuera excesivo. El inconveniente es que no existe otra máquina para comparar precios.
- 5.- *Tamaño pequeño*: Para el usuario representa un aparato fácil de transportar, limpiar y colocar en su cocina y que no entorpezca la ubicación de otros electrodomésticos en esa área, mientras que para el diseñador implica gasto de materiales y de dinero.

6.- *Que use ozono:* Según la Lic. Alberdi, era la única alternativa que podía considerarse desde los puntos de vistas técnico y económico. Recomendó utilizar un generador de ozono de un filtro doméstico de agua potable.

7.- *Peso liviano:* Una máquina liviana fácil de transportar.

8.- *Que no maltrate las hojas de la lechuga:* Idea muy importante a considerar en una prueba de funcionamiento de la máquina a realizar cuando la misma estuviese construida, ya que la lechuga fue una de las verduras seleccionadas.

9.- *Rapidez en la operación:* Se refería a que el usuario tarde lo menos posible usando la máquina.

10.- *Interfaz usuario-máquina sencillo:* Se seleccionó esta idea considerando un argumento similar al esgrimido en el caso de la idea N° 1.

11.- *Sistema rotador para secar:* La Dra. Raybaudi comentó que se trataba del centrifugado y que es una opción adecuada como método de limpieza física.

12.- *Diseño simple:* Implicaba considerar una solución simple y económica de producir.

13.- *Que cumpla las normas de seguridad:* Consideró que el usuario no resulte lastimado al operar o limpiar la máquina y que las partes que permiten el funcionamiento de la misma no estuviesen al alcance directo de él.

14.- *Mecanismo de entrada y desagüe del agua:* Implicaba diseñar la máquina de forma tal que fuese sencillo ingresar y desalojar el agua de lavado.

15.- *Higiénico:* Implicaba que el usuario se “ensucie las manos” lo menos posible y no tuviese que limpiar la máquina en gran medida después de cada uso.

16.- *Poco mantenimiento:* Consideraba mínima limpieza y mínima revisión de las partes funcionales de la máquina.

*17.- Utilizar materiales apropiados:* Hacía referencia al uso de materiales en la construcción maquinables y económicos.

### **3.4.2.3.- Ideas NO tomadas en cuenta en el diseño.**

En base a los mismos argumentos de la sección anterior, no fueron considerados:

*1.- Poseer engranajes que hagan girar el sistema donde está el alimento:* No se consideró debido a que implica diseñar y construir los engranajes y en comparación un sistema que utilice correas es más fácil de construir y diseñar si se busca un diseño sencillo y poco costoso.

*2.- Que no necesite regulador de voltaje:* Según opiniones de los Profesores Jota y Álvarez, un regulador de voltaje mantiene constante la caída de tensión dentro de la máquina. Para que no necesite un regulador de voltaje habría que construirle uno particular al aparato. Construirle uno interno era más engorroso que adquirir uno comercial (si era necesario), en todo caso lo que podría necesitar la máquina es un fusible para evitar las subidas repentinas de tensión, que es algo distinto al regulador según los Profesores.

*3.- Bajo consumo de electricidad:* Según los Profesores Jota y Álvarez para que fuese bajo el consumo de electricidad la máquina debía disponer de pocas partes funcionales que necesitasen electricidad lo cual en esta etapa no podía establecerse con certeza. De todas formas el tipo de máquina a diseñar no se usaría por largos períodos de tiempo por lo cual de una manera indirecta usaría poca energía según los especialistas.

*4.- Sensor de limpieza:* No era objetivo de este proyecto construir una máquina automatizada.

*5.- Temporizador:* No era objetivo de este proyecto construir una máquina automatizada.

6.- *Usar agua fría a presión:* En conversación al respecto con la Dra. Raybaudi, previa consulta al estudiante que propuso la idea para que diera a conocer su punto de vista al respecto, esta idea se descartó ya que este método de limpieza no se suele usar a nivel industrial debido entre otras cosas a lo abrasivo que puede ser con los alimentos sobre los cuales es aplicado.

7.- *Uso de agua caliente:* Se descartó debido a que según la Dra. Raybaudi altera las propiedades organolépticas (color, olor, sabor, propiedades nutritivas) de la fruta o verdura.

8.- *Uso de cloro:* Según la Lic. Alberdi era y es muy costoso construir un aparato doméstico que utilice cloro dado que requiere ciertas piezas hechas de oro, platino y titanio además de que debe de suministrársele la materia prima (sal de mesa) permanentemente.

#### **3.4.4.- Diseños propuestos.**

Para analizar los diseños propuestos, se consultó a los estudiantes que suministraron las ideas y se consultó a la Dra. Raybaudi respecto a los métodos de limpieza sugeridos cuando se consideró necesario hacerlo. Los estudiantes propusieron los siguientes diseños:

##### **3.4.4.1.- Diseño propuesto N° 1.**

No se ofrecen mayores detalles acerca del funcionamiento (características del motor y aspectos relacionados) de la máquina salvo que debe tener dimensiones similares a un horno de microondas. El diseño dispone de una cámara donde se coloca individualmente el alimento a lavar el cual es rociado mientras rota en una plataforma giratoria por un par de rociadores los cuales lavan con agua caliente no especificando una temperatura aproximada del agua.

*-Puntos a favor:* Dimensiones aparentes apropiadas para un electrodoméstico (similares a un microondas). Sistema giratorio que pretende lavar toda la superficie del alimento y a la vez, luego del lavado, elimina el agua residual que ha de quedar luego del lavado en el alimento. Las partes de la máquina que

permiten su funcionamiento están en apariencia alejadas del usuario. Visualización del proceso de lavado.

*-Puntos en contra:* En apariencia, parece apto sólo para colocar la fruta o la verdura a lavar en forma individual, lo cual se estima es poco práctico si el usuario pretende lavar varias frutas y verduras en un momento dado. No parece apta para colocar verduras de hoja como la lechuga dado que dispone de un “apisonador” que desde el “techo” interior de la máquina sujeta el alimento para que el mismo no salga de la plataforma giratoria al momento del lavado, lo cual se piensa puede dañar las hojas de alimento de esas características. Utiliza agua caliente la cual fue descartada como agente limpiador en una sección anterior de este capítulo. En apariencia, parece complicado limpiar la máquina una vez usada. No considera un sistema de desagüe.

*-Ideas considerables de la propuesta:* Sistema rotador para lavar o secar siempre que no maltrate el alimento. Dimensiones aparentes. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Visualización del proceso de lavado.

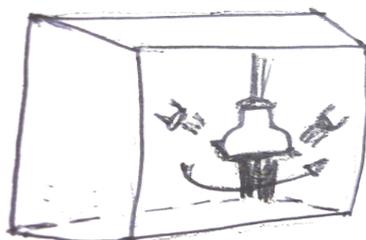


Figura 3.3. Diseño propuesto N° 1.

#### 3.4.4.2.- Diseño propuesto N° 2.

Se propone un cilindro, donde las verduras o las frutas se introduzcan desde arriba y se transporten en una espiral la cual contendrá elementos limpiantes. Al final de la espiral el alimento debe salir limpio. Se acciona con baterías, con electricidad o de manera manual.

*-Puntos a favor:* Dimensiones aparentes. Poco o nulo contacto del usuario con las partes que permiten funcionar a la máquina. Si es desarmable (la zona del lavado), parece no ser de complicada limpieza. En apariencia no maltrata el alimento. Transportable. Visualización del proceso de lavado.

*-Puntos en contra:* Apto sólo para lavar alimentos de forma individual. Apto sólo para frutas o verduras de forma esférica o similar ya que si se introduce una lechuga o una zanahoria probablemente no puedan circular por la espiral.

*-Ideas considerables de la propuesta:* Que sea portátil (ya que el autor del diseño sugiere uso de baterías), la cual se considera una idea válida para un rediseño posterior de la máquina a construir. Dimensiones aparentes. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Visualización del proceso de lavado.

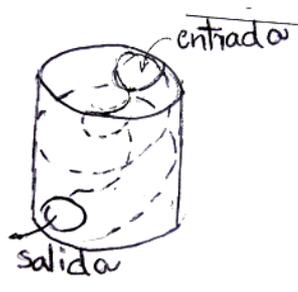


Figura 3.4. Diseño propuesto N° 2.

#### **3.4.4.3.- Diseño Propuesto N° 3.**

En este diseño comprende una máquina que utiliza cloro como desinfectante, no suministra mayores datos acerca del sistema que utilizado para lavar el alimento.

*-Puntos a favor:* Dimensiones aparentes. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina.

*-Puntos en contra:* Uso de cloro (descartado). Apto según su diseño sólo para frutas o vegetales de forma esférica o similar. Diseño complicado de limpiar. Posibles salpicaduras de agua al exterior. En apariencia no escurre el agua residual del alimento lavado. No visualización del proceso de lavado.

*-Ideas considerables de la propuesta:* Dimensiones aparentes. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina.

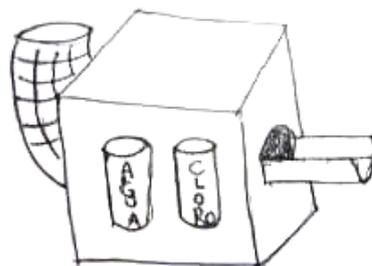


Figura 3.5. Diseño propuesto N° 3.

#### 3.4.4.4.- Diseño propuesto N° 4.

Se sugiere un sistema de una cinta transportadora Utiliza cloro como desinfectante.

-*Puntos a favor:* Visualización del proceso de lavado.

-*Puntos en contra:* Dimensiones, consideradas no aptas para una máquina de uso doméstico. Exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario. Uso de aire caliente que según la Dra. Raybaudi. Posible exposición del usuario al aire caliente y al cloro. Diseño de complicada limpieza.

-*Ideas considerables de la propuesta:* Visualización del proceso de lavado.

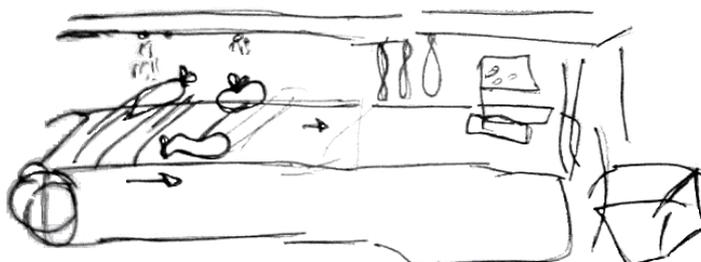


Figura 3.6. Diseño propuesto N° 4.

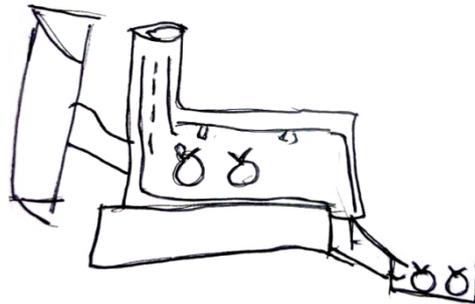
#### 3.4.4.5.- Diseño propuesto N° 5.

Consiste en una máquina que utilice cloro para desinfectar además de utilizar unos aspersores que laven el alimento el cual se movería en forma individual a través de una cinta transportadora. Comprende una parte auxiliar (ubicada a la izquierda en el dibujo), que evapore el agua de lavado residual que queda dentro de la máquina.

-*Puntos a favor:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto en apariencia para las frutas y verduras seleccionadas.

-*Puntos en contra:* Dimensiones. Uso de cloro. Diseño de complicada limpieza. Uso de aire caliente. No visualización del proceso de lavado.

-*Ideas considerables de la propuesta:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto para las frutas y verduras seleccionadas.



*Figura 3.7. Diseño propuesto N° 5.*

#### **3.4.4.6.- Diseño propuesto N° 6.**

Consiste en una máquina con una cinta transportadora que lleva los alimentos a una cámara donde se limpian.

-*Puntos a favor:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto para las frutas y verduras seleccionadas.

-*Puntos en contra:* Dimensiones. Diseño de complicada limpieza. No visualización del proceso de lavado.

-*Ideas considerables de la propuesta:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto por sus dimensiones para las frutas y verduras seleccionadas.



*Figura 3.8. Diseño propuesto N° 6.*

#### 3.4.4.7.- Diseño propuesto N° 7.

Consiste en una máquina con una bandeja donde se colocan los alimentos, y son limpiados con aspersores ubicados arriba de la bandeja. El diseño incluye un temporizador y un sensor de limpieza para estimar el tiempo y efectividad del lavado. Incluye un sistema de desagüe del agua de lavado ubicado a un costado de la máquina.

*-Puntos a favor:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto para las frutas y verduras seleccionadas. Dimensiones. Sistema automatizado. Ruedas ubicadas en la parte inferior de la máquina para su transporte. Visualización del proceso de lavado.

*-Puntos en contra:* Presencia de varias partes móviles o accesorias que incrementan el costo de producción y luego el de venta.

*-Ideas considerables de la propuesta:* Dimensiones. Apto para las frutas y verduras seleccionadas. Temporizador y sensor de limpieza considerables para un posterior rediseño de la máquina. Ruedas que facilitan el transporte. Visualización del proceso de lavado. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina.

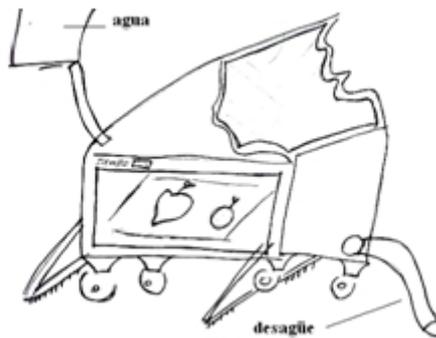


Figura 3.9. Diseño propuesto N° 7.

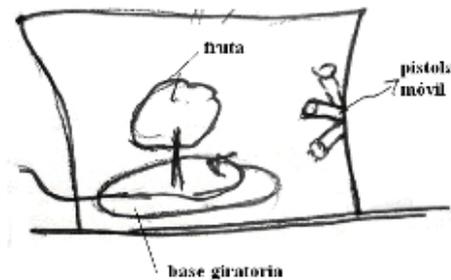
#### 3.4.4.8.- Diseño propuesto N° 8.

Consiste en un aparato de dimensiones similares a un horno de microondas, el cual dispone de una plataforma giratoria donde se coloca el alimento el cual es lavado con una pistola móvil la cual se ajusta de acuerdo al área que se desee limpiar de la fruta o verdura.

*-Puntos a favor:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto para las frutas y verduras seleccionadas. Dimensiones. Base giratoria. Visualización del proceso de lavado.

*-Puntos en contra:* Presencia de partes móviles como la pistola que debe ser ajustada por el usuario por tanto es susceptible a averiarse. Limpieza de la máquina. Sólo se puede lavar un alimento por vez.

*-Ideas considerables de la propuesta:* Dimensiones. Visualización del proceso de lavado. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina.



*Figura 3.10. Diseño propuesto N° 8.*

#### **3.4.4.9.- Diseño propuesto N° 9.**

Consiste en una máquina con las partes funcionales (motor, etc.), ubicados en la parte inferior de la misma. El diseño consta de dos platos uno superior y otro inferior solidarios a un eje que les proporciona movimiento rotatorio. El plato superior es “regado” por unos aspersores ubicados en la parte superior y el plato inferior es regado por unos aspersores ubicados debajo de él. Sugiere lavar los alimentos con vinagre. Propone unos sopladores ubicados en las partes superior e inferior de la cámara de lavado, los cuales tienen como objetivo garantizar que los alimentos sean lavados de manera eficiente.

*-Puntos a favor:* No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto para las frutas y vegetales seleccionados anteriormente. Dimensiones. Sistema rotador. Visualización del proceso de lavado. Buena capacidad (se considera).

*-Puntos en contra:* Uso de vinagre. Limpieza de la máquina. Uso de vapor que se considera no apto por razones similares al uso del agua caliente.

-*Ideas considerables de la propuesta:* Dimensiones. Visualización del proceso de lavado. No hay contacto con las partes funcionales de la máquina. Apto para las frutas y verduras seleccionadas. Sistema rotador.

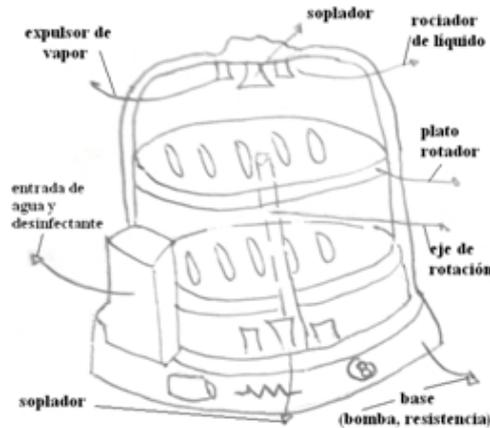


Figura 3.11. Diseño propuesto N° 9.

#### 3.4.4.10.- Diseño propuesto N° 10.

Consiste en una cinta transportadora donde los alimentos son lavados con agua con cloro disuelto. Los alimentos ingresan de forma individual a la cinta a través de una bandeja de entrada. Los alimentos se recogen en una bandeja de salida.

-*Puntos a favor:* Apto para las frutas y verduras seleccionadas. Limpieza de la máquina. Visualización del proceso de lavado.

-*Puntos en contra:* Contacto con las partes funcionales de la máquina. Uso de cloro. Lavado individual del alimento. Dimensiones. Uso de difusores que salpican al usuario.

-*Ideas considerables de la propuesta:* Visualización del proceso de lavado. Apto para las frutas y verduras seleccionadas. Limpieza de la máquina.

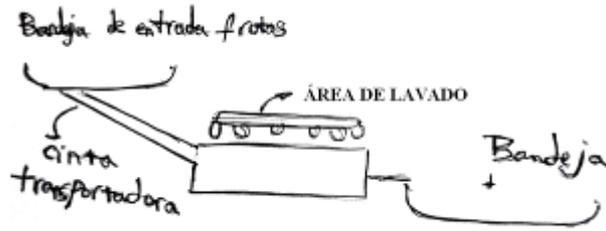


Figura 3.12. Diseño propuesto N° 10.

#### 3.4.4.11.- Diseño propuesto N° 11.

Consiste en una cámara de lavado cubierta. El diseño consiste en una rampa de entrada para el alimento, luego es llevado a una cesta donde es expuesto al desinfectante (Luz UV), luego por medio de una rueda elevadora es llevado a otra rampa donde es sometido a un secado con la luz para luego dirigirse a otra rampa de salida.

*-Puntos a favor:* No hay contacto del usuario con las partes funcionales de la máquina. Visualización del proceso de lavado.

*-Puntos en contra:* Dimensiones. Lavado individual de los alimentos. No apto para todas las frutas y verduras seleccionadas debido a la rueda elevadora (puede no poder transportar verduras como la lechuga por las características de ésta). Uso de luz UV (tecnología no disponible en el país según la Dra. Raybaudi).

*-Ideas considerables:* No hay contacto del usuario con las partes funcionales de la máquina. Visualización del proceso de lavado. Luz UV como desinfectante (en un rediseño posterior).

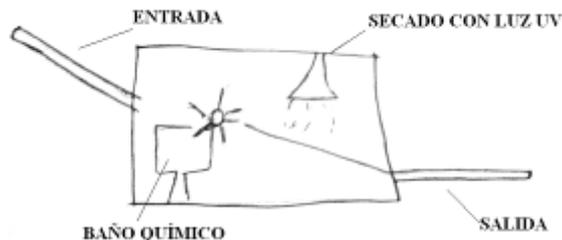


Figura 3.13. Diseño propuesto N° 11.

#### 3.4.4.12.- Diseño propuesto N° 12.

El diseño consiste en una especie de bañera donde se colocan los alimentos. Arriba de la bañera se dispone de una especie de regadera que limpia los alimentos. El agua de lavado se evacua por un desagüe ubicado a la derecha de la bañera. Los alimentos son transportados por una especie de canal hacia otra bañera con desinfectante (no se especifica cual), donde el agua de lavado del proceso anterior “se va” por el desagüe.

-*Puntos a favor:* Visualización del proceso de lavado. Lavado “colectivo” de las frutas y verduras (más no la forma propuesta).

-*Puntos en contra:* No apto para todas las frutas y verduras seleccionadas debido a que no se tiene certeza si pueden transitar algunos de ellos por el canal. Poco higiénico dado que el proceso está “expuesto”. Dimensiones y características del diseño que se considera muy inapropiado para una máquina doméstica.

-*Ideas a considerar:* Visualización del proceso de lavado.

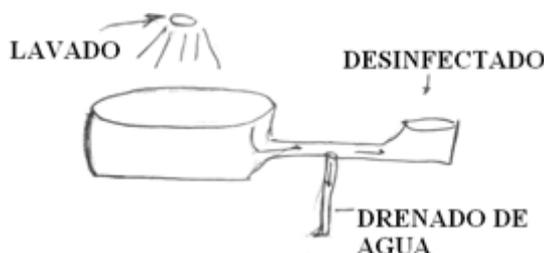


Figura 3.14. Diseño propuesto N° 12.

#### 3.4.4.13.- Diseño propuesto N° 13.

El alimento se introduce por la parte superior de la máquina donde luego es transportado por medio de rodillos transportadores a una cámara donde es lavado con agua líquida la cual proviene de la parte inferior de la máquina y es impulsada por una bomba hasta donde está el alimento además de antes este es expuesto a vapor de agua, luego es llevado después a otra cámara donde es sometido a exposición a luz ultravioleta y luego secado con aire caliente finalizando así el proceso.

-*Puntos a favor:* Visualización del proceso de lavado. No hay que ingresar el agua de lavado.

-*Puntos en contra:* Proceso de lavado considerado complicado, diseño considerado complicado para construir para uso doméstico. Dimensiones. Uso de luz ultravioleta (UV). Uso de aire caliente. Ingreso individual de los alimentos. Posible atasco de los alimentos (como la lechuga). No hay exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario. Difícil de limpiar.

-*Ideas considerables:* Visualización del proceso de lavado. Luz UV como desinfectante (en un rediseño posterior). No hay exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario. No hay que ingresar el agua de lavado.

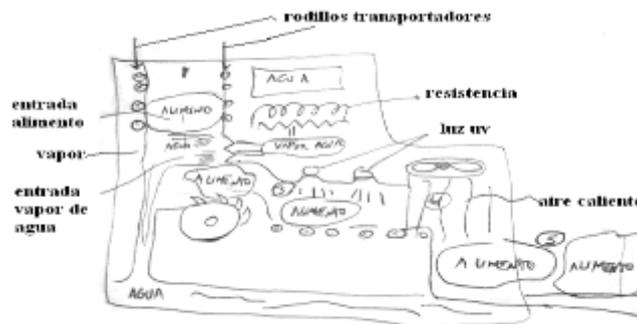


Figura 3.15. Diseño propuesto N° 13.

#### 3.4.4.14.- Diseño propuesto N° 14.

La máquina se asemeja a algo parecido a un lava-vajillas. Con un espacio donde colocar el alimento y realizarse un rociado de vapor a agua caliente y luego un proceso de secado. El desinfectante a utilizar es vinagre, para ayudar al agua a desinfectar el alimento.

-*Puntos a favor:* Capacidad aparente. Visualización del proceso de lavado. Automatismo que indica tiempo de lavado. Dimensiones. No hay exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario.

-*Puntos en contra:* Uso de vinagre. Uso de agua caliente.

-*Ideas considerables:* Automatismo indicador (para un rediseño). Visualización del proceso de lavado. No hay exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario.

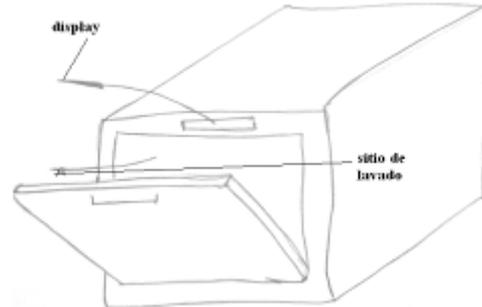


Figura 3.16. Diseño propuesto N° 14.

#### 3.4.4.15.- Diseño propuesto N° 15.

La máquina dispone una plataforma giratoria similar al diseño propuesto N° 1. Posee una pantalla protectora para evitar salpicaduras o que el agua salpique al mismo. El agua se obtiene de una toma directa al grifo, la cual a través de una bomba es impulsada hacia unos aspersores ubicados a la altura de la plataforma para de esta forma lavar el alimento.

-*Puntos a favor:* Visualización del proceso de lavado. Plataforma giratoria para asegurar un lavado uniforme. No hay que ingresar el agua de lavado.

-*Puntos en contra:* Diseño propuesto, considerado complicado debido a que se infiere ensuciará los alrededores donde se encuentre ubicada la máquina. Poco higiénico. Lavado individual de los alimentos considerados. No apto para todos los alimentos seleccionados por un argumento similar al expuesto en la propuesta número uno. Exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario.

-*Ideas a considerar:* Visualización del proceso de lavado. Plataforma giratoria. No hay que ingresar el agua de lavado.

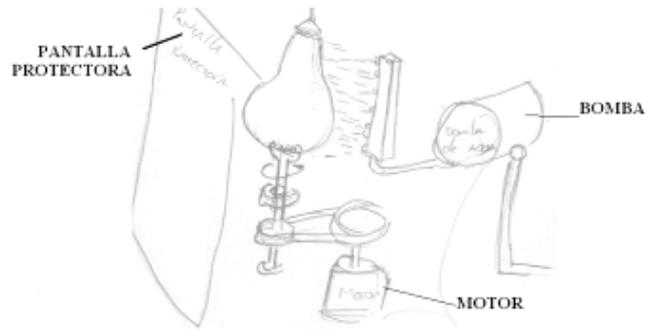


Figura 3.17. Diseño propuesto N° 15.

#### 3.4.4.16.- Diseño propuesto N° 16.

Utiliza cloro como desinfectante. El diseño consiste en colocar los alimentos en una rejilla o lámina agujerada donde los mismos son lavados con vapor o agua caliente expuesto el proceso al usuario.

-*Puntos a favor:* Visualización del proceso de lavado. Dimensiones. Apto para los alimentos seleccionados.

-*Puntos en contra:* Exposición de las partes funcionales de la máquina al usuario. No se garantiza uniformidad en el lavado del alimento ya que el mismo está estacionario según la Dra. Raybaudi. Uso de agua caliente o vapor y cloro. Exposición al usuario del proceso de lavado. Poco higiénica (puede salpicar el área de uso).

-*Ideas a considerar:* Visualización del proceso de lavado. Dimensiones. Apto para los alimentos seleccionados.

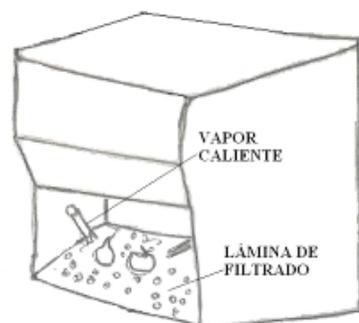


Figura 3.18. Diseño propuesto N° 16.

#### 3.4.4.17.- Diseño propuesto N° 17.

Consta de una tapa en la parte superior de la máquina para introducir en una cesta agujerada rotatoria ubicada dentro de la misma los alimentos a lavar los cuales se lavan con rociadores. Ubicada a un costado está una cesta contentiva del agua combinada con el desinfectante a utilizar (no especificado), la cual ha de ser introducida de alguna manera (no especificada) dentro de la cesta interior.

*-Puntos a favor:* Dimensiones. Cesta rotatoria. Partes funcionales no expuestas al usuario. Capacidad aparente. Visualización del proceso de lavado.

*-Puntos en contra:* Rociadores (para evitar salpicaduras al exterior). Limpieza del aparato. Tanque de agua exterior, debido a que lo ideal es que todas las partes estén contenidas dentro de la máquina lo cual facilita su colocación en el lugar que destine el usuario. Hay que ingresar el agua de lavado.

*-Ideas a considerar:* Cesta rotatoria. Partes funcionales no expuestas al usuario. Visualización del proceso de lavado.

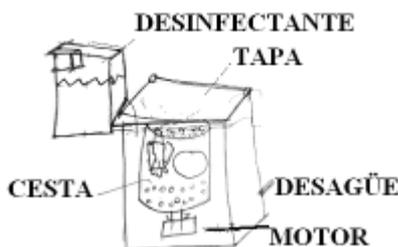


Figura 3.19. Diseño propuesto N° 17.

#### 3.4.4.18.- Propuesta N° 18.

Utiliza como desinfectante el cloro. Los alimentos se colocan en una cesta agujerada donde son rociados con agua mezclada con el desinfectante desde arriba por una regadera. El agua a utilizar en el lavado se almacena en un tanque ubicado en la parte inferior de la máquina, igual se hace con el desinfectante. El agua antes de mezclarla con el desinfectante es primero filtrada, la misma proviene de una conexión a una toma de agua cercana. El agua utilizada en el lavado es recolectada en un recipiente contiguo a uno donde se almacenan los alimentos ya

lavados. Posee un automatismo que indica el porcentaje de mezcla del agua con el desinfectante.

-*Puntos a favor:* El usuario no debe ingresar el agua de lavado. Visualización del proceso de lavado. Automatismo indicador. Apto para los alimentos seleccionados.

-*Puntos en contra:* El alimento no es lavado de manera uniforme. Dimensiones. Diseño complicado para uso doméstico. Uso de cloro o vinagre. Exposición al usuario del proceso de lavado. Poco higiénico.

-*Ideas a considerar:* El usuario no debe ingresar el agua de lavado. Visualización del proceso de lavado. Automatismo indicador (para un rediseño). Apto para los alimentos seleccionados.

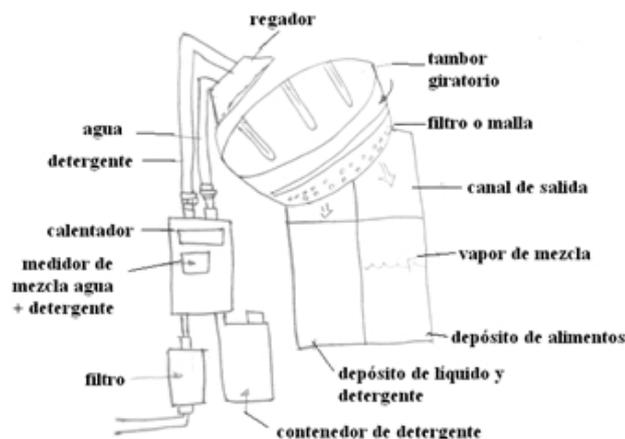


Figura 3.20. Diseño propuesto N° 18.

### 3.4.5.- Criterios de diseño generados a través de los diseños propuestos.

- 1.- Apto para los alimentos seleccionados.
- 2.- Sistema rotador para lavar.
- 3.- Partes funcionales no expuestas al usuario.
- 4.- Ruedas que faciliten el transporte.
- 5.- Dimensiones apropiadas para un electrodoméstico.
- 6.- Visualización del proceso de lavado por el usuario.
- 7.- El usuario no ingresa el agua de lavado.
- 8.- Sistema de desagüe ubicado en la parte inferior de la máquina.
- 9.- Limpieza “fácil” de la máquina por parte del usuario.

Los criterios listados en esta sección se seleccionaron debido a que, entre otras cosas, son repetitivos (varios de ellos) en los distintos diseños propuestos por los estudiantes consultados, es decir, que los mismos consideran indispensables desde un punto de vista profesional que la máquina propuesta tenga esas características. Además, se escogieron debido a su factibilidad técnica y económica. Criterios relacionados a automatizar la máquina (ideas consideradas perfectamente útiles y válidas) se descartaron por no ser objetivos de este trabajo.

### **3.5.- Criterios considerados.**

En total fueron 26 criterios enumerando los 17 obtenidos gracias a la matriz de decisión y 9 que corresponden al análisis de los diseños propuestos. Se diseñó la máquina en función de satisfacerlos. Como el centrifugado (sistema rotador) fue un criterio escogido, fue preciso establecer una velocidad de referencia para ese proceso. Según lo mostrado en los antecedentes en este capítulo, un valor adecuado era 600 rpm a un tiempo comprendido entre 30 segundos a 1 minuto.

Además de esa velocidad, se tomaron como referencia las medidas, el peso y el consumo de una de las máquinas importadas analizadas por medio de las fichas de análisis a la hora de dimensionar la máquina. Estos puntos contaron criterios adicionales. De la otra máquina no se obtuvieron esos datos. También se tomó como referencia el consumo de energía.

Adicionalmente, se realizó un procedimiento de análisis de las principales características funcionales de aparatos electrodomésticos que suelen usarse en la cocina: licuadora, nevera y horno de microondas, de donde se extrajeron otras ideas: no exposición de las partes funcionales, visualización del proceso, fácil limpieza, fácil operación, mínimo riesgo de sufrir lesiones al operarlos y que no suelen ser desplazados con frecuencia de su lugar inicial de operación.

## CAPÍTULO IV: DISEÑO Y SELECCIÓN.

### 4.1.- Selección del sistema rotador.

Uno de los criterios elegidos fue el diseño de un sistema rotador, para aplicar el método de limpieza física de centrifugado. Ese fue el punto inicial de diseño de la máquina.

#### 4.1.1.- Selección del recipiente contentivo de los alimentos a lavar.

A la hora de diseñar el sistema rotador, lo primero que se pensó fue en escoger un recipiente apropiado para contener las frutas y verduras a ser lavados escogidas. Se establecieron los siguientes criterios para seleccionarlo:

- A) Apto para alimentos.
- B) De tamaño reducido.
- C) Económico.
- D) Fácil de adquirir.
- E) Que permita la salida de líquidos más no de sólidos.
- F) Adecuado para trabajar con el ozono ya que fue el desinfectante seleccionado.

Se procedió a ir a los comercios especializados y se seleccionó un colador de pasta ya que cumple con los criterios establecidos. El colador seleccionado fue uno hecho en el país marca *manaplas* el cual tiene una capacidad de 3.9 litros. El mismo está hecho de un material apto para estar en contacto con los alimentos, [18] y el ozono como lo es el polietileno.



*Figura 4.1. Colador de pasta seleccionado.*

#### **4.1.2.- Selección del recipiente para contener al colador.**

Se dedujo que se necesitaría de un recipiente contentivo del agua filtrada por el colador para evacuarla una vez lavados los alimentos. Se establecieron los siguientes criterios de escogencia:

- A) De material maquinable para poder realizarle conexiones para evacuar el agua de lavado.
- B) Económica, de dimensiones (diámetro) similares a las del colador.
- C) Adecuada para estar en contacto con alimentos, agua y ozono.

Se adquirió entonces en un comercio especializado una olla tortera marca *Bolinaga* de aluminio de 4.7 litros de capacidad.



*Figura 4.2. Olla seleccionada.*

#### **4.1.3.- Sistema de transmisión.**

Escogidos los recipientes, se procedió a establecer la configuración del sistema de transmisión de potencia. Entonces, se concluyó que lo más adecuado era usar correas. Las correas, [19]:

- A) Requieren mínimo mantenimiento.
- B) No requieren lubricación.
- C) Es un sistema adecuado para altas velocidades.
- D) Reducen costos.
- E) Son silenciosas y absorben vibraciones.
- F) Diseño sencillo.
- G) Adecuadas para la primera etapa de reducción.
- H) Adecuadas para relaciones de transmisión no muy grandes.

Una vez escogida la transmisión por correas se escogió el tipo a utilizar. Hay tres tipos principales de correas, [19]: síncronas, planas y trapecoidales o en V. Se escogió la correa plana debido a lo siguiente:

- A) Desliza si el torque excede el valor tope.
- B) Tienen eficiencia de 98%.
- C) Tiene más resistencia a los choques.
- D) Son más silenciosas
- E) No requieren poleas de diámetro excesivo.
- F) Absorben vibraciones.
- G) Son más eficaces a altas velocidades.

#### **4.1.3.1.- Selección de la correa.**

Se seleccionó una correa plana. Según criterio de los autores, la correa a utilizar debía ser adecuada para uso ligero ya que en la misma no existirían grandes cargas. Se establecieron los siguientes criterios de escogencia:

- A) Económica.
- B) De pequeñas dimensiones.
- C) Adecuada para cargas ligeras.
- D) De fácil instalación.

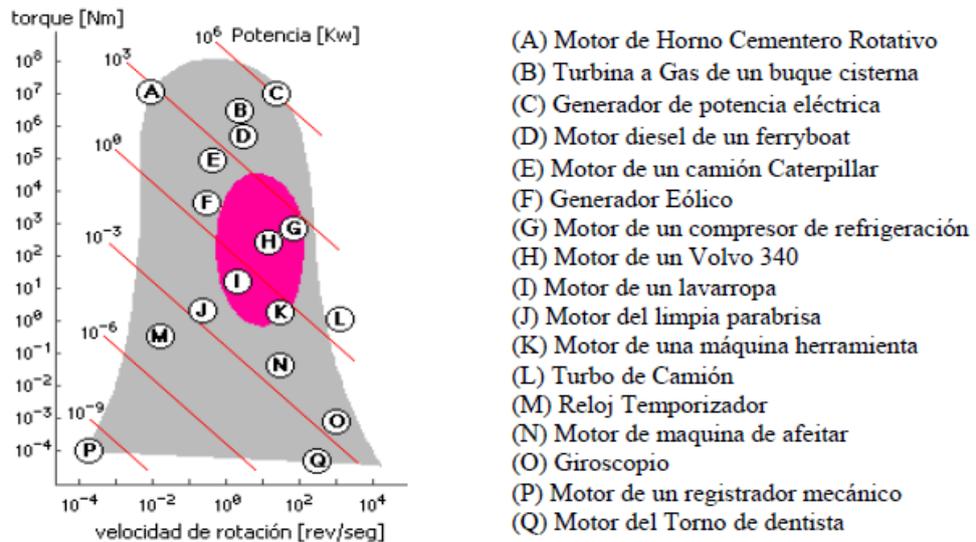
Se escogió entonces una correa de una máquina de coser de uso doméstico. Tiene de espesor 1.016 mm, un ancho de 6 mm, una tensión de rotura de 190 N y es de poliuretano.

#### **4.1.4.- Motor eléctrico.**

Para generar potencia, se necesitó un motor eléctrico. Se seleccionó uno de acuerdo a los siguientes criterios:

- A) Pequeño, de esa forma ocupa poco espacio y no le añade gran peso a la máquina.
- B) Poca potencia para no generar excesiva fuerza de tensión en la correa.
- C) Silencioso.
- D) Que no produzca vibraciones.
- E) Económico.
- F) De velocidad variable para ajustar la velocidad de giro.

Se seleccionó entonces un motor de limpiaparabrisas de un vehículo fiat palio. Uno usado con garantía de funcionamiento de parte del vendedor, ya que uno nuevo costaba el triple. El motor trabaja (teóricamente) con corriente directa de 12 voltios y una corriente nominal de 1.45 amperios como valores nominales. Tiene una eficiencia de 86% y una velocidad de giro teórica de 2100 rpm. Ayudó también en la selección el siguiente gráfico, [20], el cual en su zona ovalada indica el área de uso preferencial para correas planas:



Rango de torque y velocidades de diferentes aplicaciones

Figura 4.3. Rango de velocidades y torques de distintos motores.

#### 4.1.5.- Disposición del sistema de transmisión de potencia.

Se estableció la siguiente configuración:

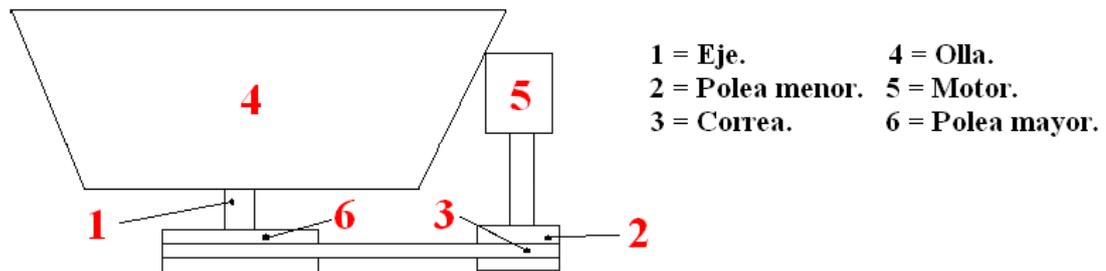


Figura 4.4. Disposición del sistema de transmisión de potencia a la olla de aluminio.

Se determinó esa configuración debido a que representa un acoplamiento entre el motor y la olla, lo cual se tradujo luego en un ahorro de espacio, lo cual fue importante a la hora de considerar las dimensiones finales de la máquina ya construida. Además permitió establecer una distancia entre centros para las poleas, lo cual facilitó el proceso de cálculo.

#### 4.1.6.- Dimensiones y materiales de las poleas.

Luego, se diseñaron y construyeron las poleas del sistema de transmisión de potencia. En primer lugar se escogió el material y fue el aluminio debido a que

es maquinable, relativamente económico y dadas las cargas que se supusieron que soportarían las piezas hechas de ese material, apto para el servicio.

Luego, se establecieron unas dimensiones consideradas adecuadas conociendo la velocidad del motor (velocidad de la polea menor) y la velocidad a la que debía girar el colador (600 rpm según los antecedentes mostrados en el capítulo 3), la cual sería la velocidad de la polea mayor. Se utilizó la ecuación, [19]:

$$R_1 \cdot v_1 = R_2 \cdot v_2$$

$$D_1 \cdot v_1/2 = D_2 \cdot v_2/2$$

Despejando  $D_2$  se obtuvo:

$$D_2 = D_1 \cdot v_1 / v_2 \quad (1)$$

Donde:

$D_1$ : Es el diámetro de la polea menor y se asume su valor para ir iterando obteniendo diversos valores para  $D_2$ , [19].

$v_1$ : Es la velocidad (rpm) real del motor.

$D_2$ : Es el diámetro que se deseaba calcular. Corresponde a la polea mayor.

$v_2$ : Velocidad del colador, 600 rpm.

Se calculó primero la velocidad del motor, [19]:

$$RPM_{\text{REALES}} = RPM_{\text{TEÓRICA}} \cdot 0.86 = 2100 \text{ rpm} \cdot 0.86 = 1820 \text{ rpm}$$

Luego se realizó un proceso iterativo con la ecuación (1) para establecer un valor para  $D_2$ .

Finalmente, se tuvo que:  $D_1 = 27 \text{ mm}$  y  $D_2 = 82 \text{ mm}$ .

Luego, se estableció una altura de coronamiento de 3 mm para las poleas aunque para poleas de esos diámetros una medida suficiente es de 0.305 mm, [21].

Se estableció esa medida para prevenir posibles desacoplamientos.

4.2.- Cálculos del sistema rotador.

4.2.1.- Cálculos de la correa.

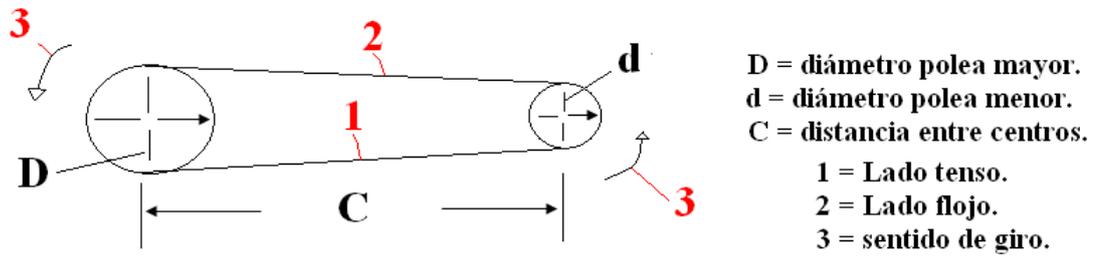


Figura 4.5. Arreglo poleas-correa.

Conociendo los siguientes datos:

Utilizando la ecuación, [22]:  $P = V \cdot I$ , donde P es la potencia nominal del motor, V es su voltaje nominal e I su corriente nominal, se tiene:

$$P = 12 \text{ V} \cdot 1.45 \text{ A} = 17.4 \text{ W}$$

- Velocidad de la polea menor “ $n_1$ ”: 1820 rpm
- Velocidad de la polea mayor “ $n_2$ ”: 600 rpm
- Espesor de la banda “t”: 1.016 milímetros
- Ancho de la banda “b”: 6mm
- Tensión de rotura =  $T_{\text{ROTURA}} = 190 \text{ N}$
- D = 82 mm
- d = 27 mm
- C = 138 mm

Estableciendo el siguiente esquema de torques y fuerzas en el sistema poleas-correa, [19]:

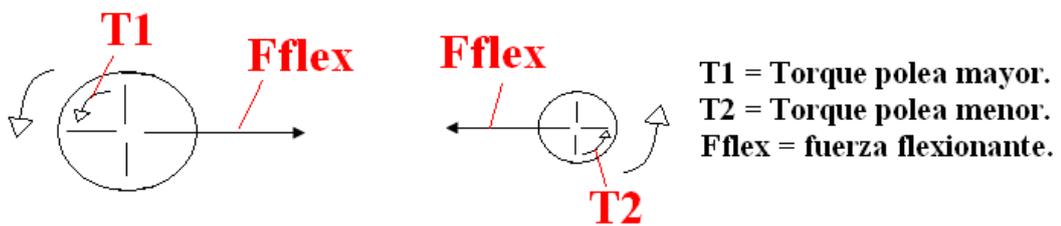


Figura 4.6. Torques actuantes en el sistema poleas-correa.

$$F1 > F2$$

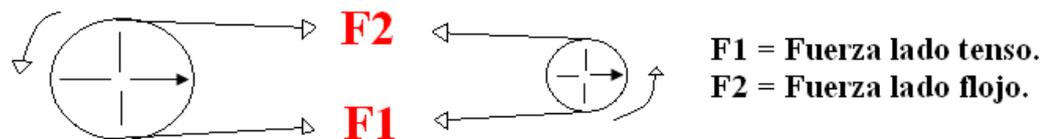


Figura 4.7. Fuerzas actuantes en el sistema poleas-correa.

**4.2.1.1.- Ángulos de contacto, [21]:**

$$d = \text{Ángulo de contacto de la polea menor} = -2\arcsen(D-d/2C) = -2\arcsen(82-27/138)$$

Utilizando el factor de conversión:  $\text{rad} = 180^\circ$

$$d = 168.51^\circ = 0.936 \text{ rad} > 120^\circ$$

$$D = \text{Ángulo de contacto de la polea mayor} = +2\arcsen(D-d/2C) = +2\arcsen(82-27/138)$$

$$D = 191.49^\circ = 1.064 \text{ rad}$$

**4.2.1.2.- Longitud de la correa, [21]:**

$$L = \text{Longitud de la correa} = [4C^2 - (D-d)^2]^{1/2} + 0.5 (D + d)$$

Utilizando el factor de conversión:  $1\text{m} = 1000\text{mm}$

$$L = [4 \cdot (138^2) - (82-27)^2]^{1/2} + 0.5 \cdot [(82 \cdot 0.936) + (27 \cdot 1.064)] = 311.054\text{mm} = 0.3111\text{m}$$

$$L = \text{Longitud máxima de la correa sin sufrir deformación} = 0.311\text{m}$$

**4.2.1.3.- Velocidad lineal de la correa, [21]:**

$$V = \text{Velocidad de la correa} = d \cdot n_1 = 27 \cdot 1820 = 154377.863 \text{ mm/min}$$

Utilizando el factor de conversión:  $1\text{min} = 60\text{s}$  se tiene:

$$V = 2.57 \text{ m/s}$$

**4.2.1.4.- Torque nominal del motor, [21]:**

Sabiendo que:  $T_{\text{MOTOR}} = \text{Torque producido por el motor} = P/n_1$ ,

Utilizando el factor de conversión:  $1\text{rpm} = 2\pi \text{ rad/s}$ ,

Se tiene que:  $1820\text{rpm} = 190.59 \text{ rad/s}$ ,

$$\text{Entonces, } T_{\text{MOTOR}} = 17.4/190.59 = 0.0913 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Con ese valor de torque nominal se hicieron los cálculos subsiguientes. Eso se debió a una consulta previa con los Profesores Jota y Álvarez, respecto al funcionamiento del motor escogido. Explicaron que al momento de instalar el motor en la máquina, el mismo debía contar con un aparato que transforme la corriente alterna de servicio disponible de la fuente utilizada en corriente directa ya que el motor trabaja con esa corriente por defecto. Sugirieron utilizar una

fuelle de poder del tipo utilizado en las computadoras. Afirmaron que esos aparatos tienen una protección interna que contrarresta las subidas de tensión y que transforma la corriente alterna de la toma que se utilice en corriente directa. Luego de convertir la corriente alterna a corriente directa, continuaron, el arranque del motor ocurre a un valor torque de arranque muy similar al valor nominal, por esa razón se utilizó ese valor de torque. El factor de potencia en los motores de corriente directa es 1 por lo cual no hay deslizamiento. Concluyeron diciendo que si ocurre una demanda mayor de torque al motor, el mismo simplemente no funcionará debido a la protección que le brindaría la fuente de poder evitando así que se dañe.

**4.2.1.5.- Fuerza de tensión originada en la correa, [19]:**

Nombrando a  $T_{MOTOR}$  como Torque  $T_2$ ,

Sabiendo que:  $F_1 - F_2 = 2T_{MOTOR}/d$ ,

Utilizando el siguiente factor de conversión:  $1m = 1000mm$ ,

Se tiene que  $27mm = 0.027m$  y  $82mm = 0.082m$ ,

Entonces,  $F_1 - F_2 = (2 \cdot 0.0913)/0.027 = 6.76 \text{ N}$ ,

Sabiendo que:  $F_1/F_2 = 3$

Se tiene que:  $F_2 = F_1/3$ , por lo tanto:

$$F_1 - (F_1/3) = 6.76, \quad F_1 = (3/2) \cdot 6.76 = 10.14 \text{ N}$$

**Como  $F_1 \ll T_{ROTURA}$ , la correa escogida no sufre riesgo de romperse.**

$$\text{Entonces, } F_2 = 10.14/3 = 3.38 \text{ N}$$

$F_{flex} = F_1 + F_2$  (si la relación de diámetros no es muy grande, caso que se consideró aquí ya que la relación es de 3 a 1,  $82/27 \approx 3$ ),

$$\text{Entonces, } F_{flex} = 10.14 + 3.38 = 13.52 \text{ N}$$

$F_N =$  Fuerza impulsora neta sobre las poleas  $= F_1 - F_2 = 6.76 \text{ N}$ ,

$$T_1 = (F_1 - F_2) \cdot (D/2),$$

$$T_1 = 6.76 \cdot (0.082/2) = 0.2772 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\text{Potencia Transmitida} = (F_1 - F_2) \cdot V = (10.14 - 3.38) \cdot 2.57 = 17.37 \text{ W}$$

Porcentaje de potencia transmitida  $= (17.37/17.4) \cdot 100 = 99\%$  de la potencia del motor

#### 4.2.1.6.- Cálculo del torque máximo.

Como no se pudo obtener el valor de fábrica de torque máximo para el motor escogido, se procedió a consultar al respecto al Prof. Jota, el cual sugirió estimarlo como el doble del valor nominal. Entonces:

$$T_{MÁXIMO} = 2 \cdot T_{NOMINAL} = 2 \cdot 0.0913 = 0.1826 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$T_{MÁXIMO} = F_{MÁXIMA} \cdot (d/2), \text{ despejando, } F_{MÁXIMA} = T_{MÁXIMO} / (d/2)$$

$$F_{MÁXIMA} = 0.1826 / (0.027/2) = 13.52 \text{ N} < 190 \text{ N}$$

#### 4.2.2.- Sistema eje-polea mayor.

Se asignó esa denominación a la pieza conformada por el eje que transmite la potencia del motor al colador gracias a la polea mayor. Se le llamó sistema debido a que forman una sola pieza. Se escogió esa opción debido a razones de economía de materiales y de tener una transmisión más eficiente de rotación al colador.

El sistema se planteó de la siguiente manera:

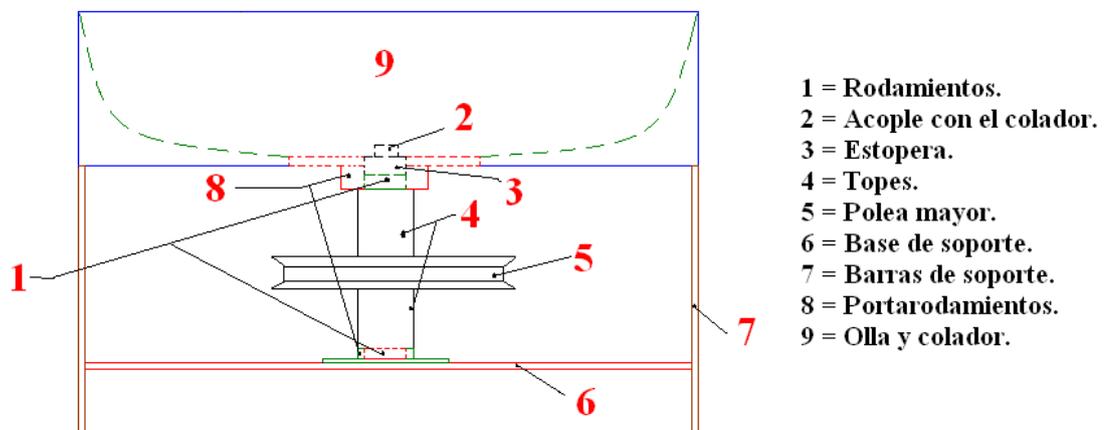


Figura 4.8. Sistema eje-polea mayor.

Se explica a continuación lo que se dibujó en la ilustración:

A) *Rodamientos*: Se colocarán dos, en los sitios donde el eje tiene contacto con otros elementos de acople.

B) *Estopera*: Ubicada sobre el rodamiento superior, tendrá la función de impedir el paso de líquidos de la olla hacia abajo.

C) *Topes*: Deberán ser de un diámetro mayor al diámetro interno del rodamiento que sea seleccionado.

D) *Acople con el colador*: Su función será servir de conexión entre el eje de aluminio y el colador para transmitirle el movimiento rotacional a éste último. Para servir a ese fin será de geometría cuadrada.

E) *Base*: Servirá de soporte para el eje transmisor. Principalmente se estableció su colocación para evitar la desalineación del eje y soportar el peso del mismo.

F) *Soporte*: Serán unas barras que sirvan de apoyo a la base y a la olla tortera. Soportará el peso contenido en la olla.

G) *Portarodamientos*: El superior alojará a la estopera y al rodamiento superior mientras que el inferior servirá de alojamiento únicamente al rodamiento inferior. El superior estará acoplado a la olla.

La configuración propuesta se eligió para sacar provecho del espacio vertical que pudiera quedar debajo de la olla, lo cual resultó útil a la hora de dimensionar la máquina. Para dimensionar el eje se partió de la escogencia de los rodamientos.

#### **4.2.2.1.- Rodamientos.**

Se seleccionaron los de la gama ofrecida por la empresa SKF, la cual en su catálogo on-line dispone de una hoja de cálculo interactiva que permite estimar el desempeño del rodamiento seleccionado para la aplicación en la que será utilizado. Se establecieron los siguientes criterios para la selección del rodamiento:

- A) De pequeñas dimensiones.
- B) Que admita cargas combinadas.
- C) De fácil adquisición.
- D) Silencioso.
- E) Económico.
- F) No debe requerir lubricación.
- G) Apto para trabajar con alimentos.
- H) Vida acorde a su servicio en un electrodoméstico.

Los rodamientos son rígidos de bolas, son adecuados para motores eléctricos de pequeño tamaño, para un funcionamiento silencioso, cargas ligeras, cargas combinadas y para ejes de diámetro reducido, además de tener una baja fricción, lo cual genera una baja temperatura interna, [23]. La mayoría de esos aspectos son afines al diseño propuesto.

En específico se escogió el rodamiento rígido de bolas de una hilera ya que es apropiado para disposiciones de husillos para máquinas-herramientas y para relativas altas velocidades, [23], casos pertinentes a este trabajo. Más concretamente, se escogió el rígido de bolas de acero inoxidable, de una hilera de bolas obturado con protecciones en ambos lados, [23]. Las obturaciones evitan la entrada de polvo, humedad y otros contaminantes al rodamiento, además de evitar la salida del lubricante, [21]. El acero inoxidable es apropiado en este caso ya que el mismo es apropiado para trabajar con alimentos según se puede constatar en utensilios de cocina como cucharillas, tenedores y cuchillos, además de ser idóneo para estar en contacto con el agua. Se presenta ahora la información de los rodamientos seleccionados:

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| A) Diámetro mayor, $D = 26 \text{ mm}$                 | B) $f_0 = 10$                    |
| C) Diámetro menor, $d = 17 \text{ mm}$                 | D) $k_r = 0.015$                 |
| E) Espesor, $B = 5 \text{ mm}$                         | F) Masa = 0,0082 Kg              |
| G) Capacidad de carga dinámica, $C = 1.4 \text{ kN}$   | H) Velocidad límite = 34 000 rpm |
| I) Capacidad de carga estática, $C_o = 0.9 \text{ kN}$ | J) <b>Designación = 61803-2z</b> |
| K) Carga límite de fatiga, $P_u = 0,039 \text{ kN}$    |                                  |

#### **4.2.2.1.1.- Cálculos de los rodamientos.**

##### **4.2.2.1.1.1.- Carga radial.**

Se calculó por medio de la siguiente ecuación, [23]:

$$Fr = Kr \cdot \left( \frac{n}{1000} \right)^{2/3} \cdot (d_m/100)^2 = \text{kN.}$$

Donde:

$$k_r = 0.015$$

= Viscosidad cinemática del lubricante a la temperatura de funcionamiento =  
130 mm<sup>2</sup>/s

$n =$  Velocidad de giro (rpm) de la polea mayor = 600 rpm

$d_m =$  diámetro medio del rodamiento =  $0.5 \cdot (D+d) = 0.5 \cdot (17+26) = 21.5 \text{ mm}$

Entonces,  $Fr = 0.015 \cdot [(130-600)/1000]^{2/3} \cdot (21.5/100)^2 = 0.012657985 \text{ kN}$

Se utilizó la temperatura de 40 grados centígrados como referencia para la temperatura de funcionamiento ya que la máquina operará a temperatura ambiente

y debido a la fricción entre el rodamiento y los elementos acoplados a él se estima que la temperatura de funcionamiento del rodamiento estará cercana a los 40°C.

**4.2.2.1.1.2.- Carga axial.**

Según la ecuación, [23]:  $F_a = 0.25 \cdot C_o = 0.25 \cdot 0.9 = 0.225 \text{ kN}$

**4.2.2.1.1.3.- Carga dinámica equivalente.**

Según la ecuación, [23]:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a, \text{ para } F_a/F_r > e, \text{ donde } e = f_0 F_a/C_o, \text{ Entonces, } e = (10 \cdot 0.225)/0.9 = 2.5$$

$$F_a/F_r = 0.225/0.012657985 = 17.78$$

X e Y son factores que se obtienen por medio del gráfico mostrado en el anexo 6.1:

Interpolando linealmente para obtener Y, se obtiene:  $Y = 1.25$

Entonces,  $P = (0.56 \cdot 0.012657985) + (1.25 \cdot 0.225) = 0.288 \text{ kN}$

**4.2.2.1.1.4.- Cálculo de la vida, [23].**

factor de suciedad

Seleccionar  $\eta_c$

0.4

Rodamiento W61803-2Z

d [mm] 17

D [mm] 26

C [kN] 1.4

$P_u$  [kN] 0.039

P [kN] 0.288

n [r/min] 600

$\nu$  [mm<sup>2</sup>/s] 130

Calcular

vida en millones de revoluciones  $L_{10}$  110

vida en horas  $L_{10h}$  3190

(vida con 90% de confiabilidad)

Figura 4.9. Hoja de cálculo de la vida.

Se aprecia en el anexo 6.2 que el valor de vida obtenido se corresponde con el de un electrodoméstico.

#### 4.2.2.1.1.5.- Verificación de selección del rodamiento adecuado.

Para verificar que se escogió un rodamiento adecuado para el servicio propuesto, debía verificarse lo siguiente, [19]:

Capacidad de carga dinámica del rodamiento ( $C$ ) > Capacidad de carga dinámica requerida ( $C_R$ ), es decir:

$$C > C_R$$

De la data del rodamiento escogido:  $C = 1.4 \text{ kN} = 1400 \text{ N}$ , ya que  $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$

$C_R = P \cdot f_L / f_N$ , donde. [19]:

$$P = \text{Carga dinámica equivalente (ya calculada)} = 0.288 \text{ kN} = 288 \text{ N}$$

$$f_L = \text{Factor de velocidad}$$

$$f_N = \text{Factor de durabilidad}$$

$f_L$  y  $f_N$  se obtienen del anexo 6.5. Entonces,  $f_L = 1.8$  y  $f_N = 0.38$ , entonces:

$$C_R = 1.8 \cdot 0.288 / 0.38 = 1.364 \text{ kN} < C$$
, por lo tanto la escogencia fue adecuada.

Para la parte superior del eje, se utiliza el rodamiento escogido pero con la añadidura de un sello de goma para reforzar la impermeabilización al agua en esa zona. Tiene la denominación terminal 2RS. El lubricante de los rodamientos es apto para estar en contacto con alimentos como se ve en el anexo 6.4.

#### 4.2.2.2.- Pieza eje-polea mayor.

##### 4.2.2.2.1.- Medidas.

Tomando como base las medidas de la polea mayor y de los rodamientos seleccionados, establecieron las siguientes dimensiones en milímetros para el eje. Se establecieron longitudes consideradas apropiadas a las dimensiones estimadas para la máquina a construir, ya que mayores longitudes contribuyen en el aumento de las cargas en el eje, [19]. Además de que implicaría mayor gasto de material.

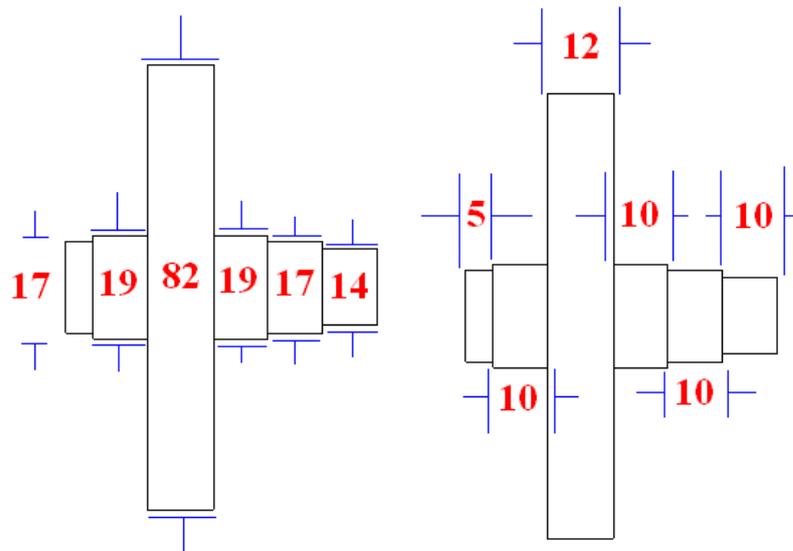


Figura 4.10. Dimensiones (mm) establecidas para la pieza eje-polea mayor.

#### 4.2.2.2.2.- Sistema de referencia.

Se estableció el siguiente sistema de referencia visto desde la parte del eje que mide 5 mm de ancho:

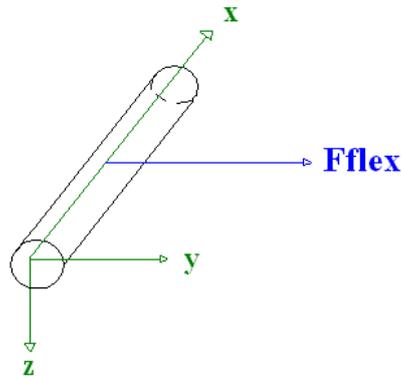


Figura 4.11. Sistema de referencia utilizado.

#### 4.2.2.2.3.- Fuerzas flexionantes y momentos flectores.

La figura anterior se utilizó para establecer el siguiente diagrama de fuerzas sobre la pieza eje-polea mayor. El punto de aplicación se estableció en los puntos medios de sus segmentos:

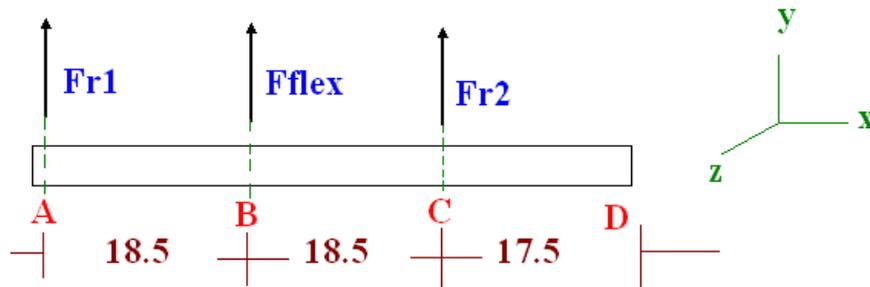


Figura 4.12. Distribución de fuerzas de la pieza eje-polea-mayor.

$Fr1$  y  $Fr2$  representan las fuerzas debido a los rodamientos inferior y superior, respectivamente.

Sólo se conocía  $Fflex = 13.52$  N. Se tenían dos incógnitas y se disponían de dos ecuaciones, (los sentidos de aplicación de  $Fr1$  y  $Fr2$  se supusieron):

$M = 0$  y  $F_y = 0$ , entonces, estableciendo ambas:

$$M_A(z^+) = 0 = 18.5 \cdot Fflex + 37 \cdot Fr2 = 0,$$

Entonces,  $Fr2 = -(18.5/37) \cdot Fflex = -0.5 \cdot Fflex$ ,

$$Fr2 = -(0.5 \cdot 13.52) = -6.76 \text{ N}$$

Planteando la segunda ecuación:

$$F_y(\quad) = 0 = Fr1 + Fr2 + Fflex, \quad Fr1 = -Fflex - Fr2 = 0,$$

$$Fr1 = -13.52 - (-6.76) = -6.76 \text{ N}$$

Lo anterior determinó el siguiente diagrama:

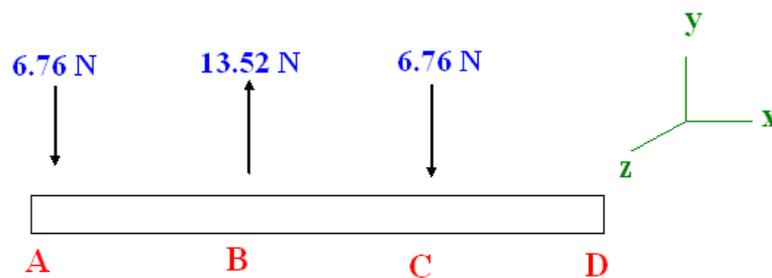


Figura 4.13. Magnitudes de las fuerzas de la pieza eje-polea mayor.

Lo anterior determinó los siguientes diagramas de fuerza cortante y momento flector:

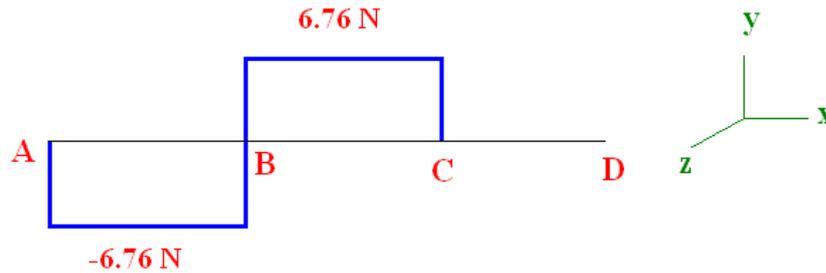


Figura 4.14. Diagrama de fuerza cortante de la pieza eje-polea mayor.

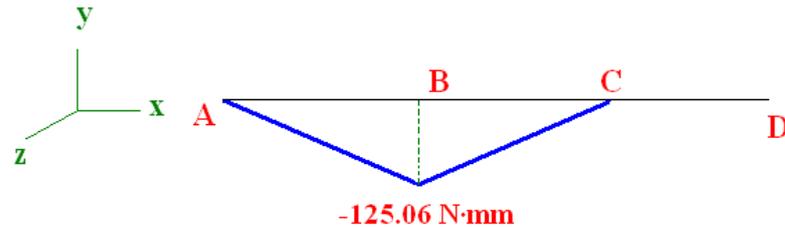


Figura 4.15. Diagrama de momento flector de la pieza eje-polea mayor.

#### 4.2.2.2.4.- Estimación de la durabilidad.

Se procedió luego a estimar la resistencia a la fatiga de la pieza eje-polea mayor. Para el aluminio comercialmente puro, [1]:

$$S_{ut} = \text{Resistencia última de tensión} = 100 \text{ MPa}$$

$$S_y = \text{Resistencia a la fluencia} = 90 \text{ MPa.}$$

El tipo de carga que soporta la pieza eje-polea-mayor es del tipo repetida e invertida, [19]. Entonces usó el método de la energía de distorsión, [21]. Este método aplica para materiales dúctiles, [19]. Se considera es el caso. Luego, se estableció lo siguiente:

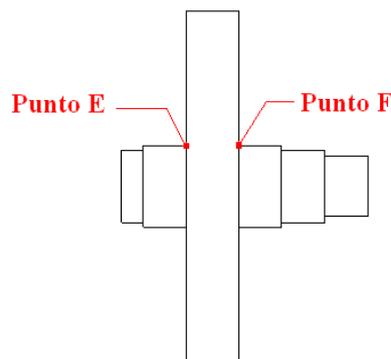


Figura 4.16. Puntos críticos de la pieza eje-polea mayor.

Dada la diferencia de diámetro entre la polea y los topes, se considera que la pieza eje-polea mayor fallará a la fatiga en los puntos E y F, debido a la discontinuidad de diámetro respecto a la polea. Entonces se determinaron los

momentos flectores en los puntos E y F. Se utilizó, tomando como referencia la figura 4.16, la distancia de 12.49 mm desde el extremo izquierdo hasta el punto E. Ese segmento se denominó segmento AF. Para el punto E:

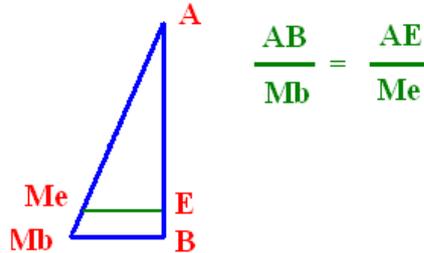


Figura 4.17. Triángulo elaborado para estimar el momento en el punto E.

De la figura 4.17 surgió la ecuación que permitió el cálculo:

$$M_E = AE \cdot M_B / AB = (125.06 \cdot 12.49) / 18.5 = 84.43 \text{ N} \cdot \text{mm (en módulo)} = M_F$$

Luego se planteó la ecuación, [21]:

$$S_e = S_e' \cdot K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \text{ (ecuación de Marin para la resistencia a la fatiga).}$$

Donde:

$K_a$  = Factor de superficie.

$K_b$  = Factor de tamaño.

$K_c$  = Factor de carga.

$K_d$  = Factor de temperatura.

$K_e$  = Factor de confiabilidad.

$K_f$  = Factor de efectos variados.

$S_e'$  = Resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

Primero se calculó:  $S_e' = 28 \text{ ksi} = 193.053 \text{ MPa}$  según el anexo 13. Para ello se estimó un número de ciclos y en el gráfico se obtuvo la resistencia correspondiente.

Para estimar el número de ciclos se hicieron las siguientes suposiciones:

- A. Uso del centrifugado por 6 minutos diarios suponiendo uso diario, 6 veces al día con un tiempo de aplicación por vez de 1 minuto (según las fichas de análisis del anexo 5.2). Se supuso un uso de la máquina de unas 6 veces según un consumo de frutas y verduras de 600 gramos de cada uno por vez para un grupo familiar de 4 personas.
- B. Cada persona debe consumir una ración de entre 100 a 150 gramos de cada uno según la Lic. Nixa Moreno como se muestra en el anexo 10.1 y el grupo familiar promedio en el país está conformado por 4 personas según el INE. Dada la capacidad aproximada de la máquina (1 Kg aprox.), se estableció que por separado se lavan las frutas y las verduras, lo cual da

que por ocasión se lavan 600 gramos de verduras y 600 gramos de frutas, tres veces al día.

- C. El colador gira a 600 rpm, por lo que diariamente la pieza eje-polea mayor gira 3600 revoluciones por día, es decir, 3600 ciclos por día.
- D. La pieza crítica, por duración y tipo de función en el sistema rotador es el motor, el cual suele durar de 3 a 5 años suponiendo un uso diario de 30 minutos por día, [3].

Entonces, la pieza eje-polea mayor ejecuta 3600 ciclos por día y al cabo de 5 años (1825 días), habrá ejecutado:

$$\text{Número de ciclos a la fatiga estimado} = 1825 \cdot 3600 = 6.57 \cdot 10^6 \text{ ciclos}$$

Después se calculó, [19]:  $K_a = 0.9$

Después se determinó, [19]:  $K_b = (d/7.62)^{-0.11} = (19/7.62)^{-0.11} = 0.904$

Se estimó después:  $K_c = 1$

Se determinó luego:  $K_d = 1$

Se estimó luego:  $K_e = 0.81$ .

Por último se estimó:  $K_f = 0.75$ .

Entonces,  $S_e = 193.053 \cdot 0.9 \cdot 0.904 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.81 \cdot 0.75 = 95.41 \text{ MPa}$

Denotando, [21]: = Esfuerzo debido al momento flector.

Entonces: =  $K_f \cdot M_E / S$ , donde, [21]:

$S$  = Módulo de sección rectangular =  $I/c$  = Momento de inercia/Distancia del eje neutro

$$S = D^3/32 = (19)^3/32 = 673.38 \text{ mm}^3$$

$K_f$  = Factor de concentración de esfuerzos por flexión

$K_f = 2.5$ , para chaflán agudo, [19].

Entonces:

$$= (2.5 \cdot 84.43) / 673.38 = 0.313 \text{ MPa}$$

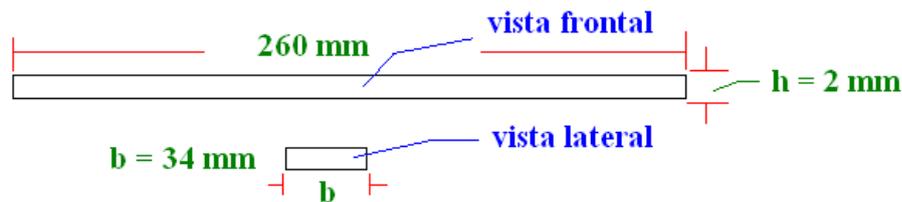
#### 4.2.2.2.5.- Estimación del factor de seguridad.

Definiendo, [19]:  $N = \text{Factor de seguridad} = S_e / = 95.41 / 0.313 = 304.82$

El resultado sugiere que la pieza eje-polea mayor tendrá un número de ciclos superior en la práctica al estimado en la sección anterior.

**4.2.2.2.6.- Estimación de la deflexión en la base de soporte.**

Con base soporte se hace referencia a una barra seleccionada para soportar el peso de la pieza eje-polea-mayor. La misma se escogió de material de hierro. Se calculó la deflexión en el centro de la barra. Sus medidas son:



*Figura 4.18. Medidas de la base de soporte escogida.*

Se consideró que los extremos están empotrados ya que la barra se unió a unas barras-tornillo de soporte (para la olla y su contenido) por medio de tuercas lo cual le impide el movimiento en cualquier dirección.

Para el hierro (material de la barra), [19]:

$$E = \text{módulo de elasticidad} = 190000 \text{ MPa} = 1.9 \cdot 10^{11} \text{ Pa.}$$

Se debía estimar entonces la masa del eje. Para realizarlo, se utilizó la ecuación, [1]:

$$\text{masa} = \text{densidad} \cdot \text{volumen} = m_{\text{EJE}} \quad (2)$$

Para el aluminio se tiene una densidad de 2700 Kg/m<sup>3</sup>, [19]. El volumen del eje se estimó sumando los volúmenes de cada sección. La sumatoria de todos los volúmenes dio como resultado un volumen total de 7.441·10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>. Se utilizaron las ecuaciones para cálculo de volumen de un cilindro y un cuadrado.

Aplicando la ecuación (2) se tiene que la masa del eje es de:

$$m_{\text{EJE}} = 2700 \cdot 7.441 \cdot 10^{-5} = 0.201 \text{ Kg}$$

Entonces, el peso del eje es, [1]:  $P_{\text{EJE}} = m_{\text{EJE}} \cdot \text{gravedad} = 0.201 \cdot 9.81 = 1.97 \text{ N}$

El peso que soporta la barra (base) es:  $P_{\text{SOBREBARRA}} = P_{\text{EJE}} + P_{\text{otros}} = 1.97 + 0.34 = 2.31 \text{ N} = F$

El peso de los rodamientos, estopera y el portarodamiento inferior es de alrededor de 35 gramos o 0.035 Kg. Entonces  $P_{\text{otros}} = 0.035 \cdot 9.81 = 0.34 \text{ N}$ . Luego,

se calculó el momento de inercia para una superficie rectangular respecto a su eje neutro horizontal, [19]:

$$I = \text{Momento de inercia} = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$I = 1/12 \cdot (0.034 \cdot 0.002^3) = 2.267 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4$$

Utilizando la ecuación, [21]:

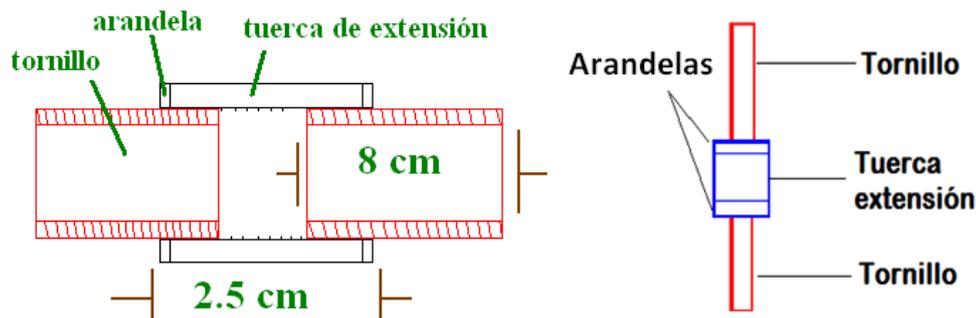
$$y_{\text{MÁX}} = -F \cdot L^3 / 192EI = -[2.31 \cdot (0.26)^3] / [192 \cdot (1.9 \cdot 10^{11}) \cdot 2.267 \cdot 10^{-11}] = -4.973 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$= -0.0497 \text{ mm}$$

Se aproximó un valor debido a que la barra escogida no tiene una forma rectangular uniforme. Se escogió esa barra considerando economía de costos, instalación, peso y medidas.

#### 4.2.2.2.7.- Barras-tornillo de apoyo.

Se utilizaron para soportar el peso de la olla de aluminio y su contenido. Se planteó la siguiente configuración:



*Figura 4.19. Medidas y configuración de las barras-tornillo soporte escogidas.*

El dibujo de la izquierda es una vista de corte y está puesto en posición horizontal. Lo que se hizo (se detalla en el próximo capítulo) fue seleccionar dos tornillos, cortarles sus respectivas cabezas y acoplarlos con una pieza llamada tuerca de extensión que permite ajustes de altura.

En total son tres y se colocaron de forma que soporten de manera eficiente la olla y su carga y son de altura ajustable en caso de que se necesitasen hacer ajustes de ese tipo como en efecto ocurrió. Fueron la opción más viable desde los puntos de vista económicos, de tiempo y de instalación. Cada barra tendrá la configuración del último dibujo. Las arandelas cumplen la función de evitar el giro de las barras, es decir, mantienen o restringen el movimiento rotatorio de los

tornillos. El diámetro de los tornillos sin las roscas es de 4 mm aproximadamente. El material de todas las piezas es acero.

Las barras están sujetas a la olla por medio de pegamento epoxy llamado coloquialmente “de dos toneladas”, el mismo soporta una carga de tracción de 300 kg/cm<sup>2</sup> según datos del fabricante. La masa que soportan las barras en el punto de unión con el pegamento y la olla de aluminio es la combinada de la olla de aluminio, los alimentos y el colador. Sabiendo:

$$m_{\text{olla}} = 200 \text{ gramos (dato del fabricante)} = 0.2 \text{ Kg (1 Kg = 1000g)}$$

$$m_{\text{colador}} = 80 \text{ gramos (dato del fabricante)} = 0.08 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{alimentos}} = 2 \text{ Kg (en colador cabe máximo 1 Kg según se constató)}$$

$$m_{\text{agua}} = 4 \text{ Kg (suponiendo densidad del agua } 1\text{g/cm}^3\text{)}$$

Entonces:

$$m_{\text{TOTAL}} = m_{\text{olla}} + m_{\text{colador}} + m_{\text{alimentos}} + m_{\text{agua}} = 6.28 \text{ Kg}$$

Para constatar de manera aproximada que los tornillos no son afectados por la carga de la olla que soportan, se modelaron los mismos como unas columnas de 8 mm altura y 4 mm de diámetro. Si se supone que cada barra soportará el mismo peso, cada barra soportará:  $6.28/3 = 2.093 \text{ Kg}$  de masa, lo cual equivale a  $(2.093 \cdot 9.81) = 20.53 \text{ N}$  de peso = P.

Se calculó luego la carga crítica admisible en las barras (tornillos), [19]:

$$S_y = 410 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$L = \text{longitud en servicio de las barras} = 8 \text{ mm}$$

$$r = \text{radio de las barras} = 2 \text{ mm}$$

$$A = \text{área de la sección transversal de las barras} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (2^2) = 4 \text{ mm}^2$$

$$e = \text{excentricidad (donde está aplicada la carga)} = 2 \text{ mm}$$

K = 2.1. Factor para determinar la relación de esbeltez para dos extremos empotrados ya que se supone que el extremo inferior del tornillo acoplado a la tuerca de extensión no se moverá debido a las roscas. Se supone además que la carga es excéntrica.

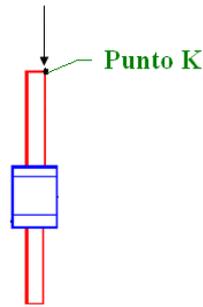


Figura 4.20. Suposición del punto de aplicación de la carga.

El punto K hace referencia a la zona de la barra unida a la olla con el pegamento. Entonces, [19]:

$$r_g = \text{radio de giro} = r/2 = 2/2 = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Relación de esbeltez} = K \cdot L / r_g = 2.1 \cdot 8 / 1 = 16.8$$

$$C_C = \text{Constante de columna} = (2 \cdot E / S_y)^{1/2} = [(2 \cdot 210000) / 410]^{1/2} = 100.55$$

Como  $C_C > K \cdot L / r_g$  se recurre a la ecuación de Johnson, [19], para una estimación más realista de la carga crítica:

$$P_{CR} = A \cdot S_y \{1 - [S_y \cdot (K \cdot L / r_g)^2 / 4 \cdot E]\} = 4 \cdot 410 \cdot \{1 - [410 \cdot (16.8)^2 / 4 \cdot 210000]\} = 5080.3 \text{ N}$$

Sabiendo que:  $P = 20.53 \text{ N}$ , como se supone carga excéntrica, debe cumplirse que para un trabajo eficiente de las barras se cumpla lo siguiente, [24]:

$$P/A + Mc/I < P_{CR}/A$$

Donde M es el momento resultante de desplazar la carga excéntrica al centro de las barras el cual a su vez origina un esfuerzo normal, [24]. Determinando lo siguiente:

$$P/A = 20.53/4 = 1.63 \text{ MPa}$$

$$c = r \quad e \quad I = \cdot r^4 / 4 = \cdot 2^4 / 4 = 12.57 \text{ mm}^4$$

$$M = P \cdot e = 20.53 \cdot 2 = 41.06 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$Mc/I = 20.53 \cdot 2 / 12.57 = 3.27 \text{ MPa}$$

$$P_{CR}/A = 5080.29/4 = 404.48 \text{ MPa}$$

Entonces:

$$\mathbf{1.63 + 3.27 = 4.9 \text{ MPa} < 404.48 \text{ MPa}}$$

Entonces se concluye que no habrá problema con el material y dimensiones de las barras (tornillos) escogidos respecto a la carga que se ha supuesto soportan. El mismo cálculo aplica a las barras inferiores considerando

despreciables los pesos del tornillo superior y la tuerca de extensión. Respecto a la resistencia de la tuerca de extensión la cual debe de evitar que tanto el tornillo superior “baje” o que el inferior “suba”, eso es, que no se desplacen verticalmente. Por lo tanto, para tuercas de grado 2 (información del vendedor), su resistencia o carga de prueba según dato del fabricante es de 20 ksi = 137.895 MPa, lo cual es muy superior a 4.9 MPa según el cálculo anterior. Por lo tanto no tendrá problemas la tuerca en soportar a carga y mantendrá los tornillos en su lugar. Los tornillos inferiores tienen un tratamiento de pavonado para evitar la corrosión ya que en un proceso de pruebas preliminares se evidenció que sobre las mismas cae algo del agua de lavado de la olla.

**4.2.2.2.7.- Estimación de la deformación angular por torsión.**

La deformación por torsión debe considerarse cuando la relación entre longitud y diámetro del eje es menor a 10, [21], lo cual es el caso. Utilizando la siguiente ecuación para ejes escalonados, [21]:

$$= T/G \cdot (L_i/J_i), \text{ donde: } T = 277.2 \text{ N}\cdot\text{mm (calculado antes)}$$

G = módulo de rigidez del aluminio = 26300 MPa

$L_i$  = longitud individual de cada segmento del eje.

$J_i$  = Momento polar de inercia para ejes circulares =  $\cdot D_i^2/32$

Para la sección no circular de la pieza eje-polea mayor, [19]:

$L_i/J_i = L_i/K$ , donde  $K = 0.141a^4$  para una sección cuadrada:

$$\text{Entonces, } K = 0.141 \cdot (14\text{mm})^4 = 541.656 \text{ mm}^4$$

$$L_i/K = 10\text{mm}/541.656\text{mm}^4 = 0.018462\text{mm}^{-3} \text{ (para la sección cuadrada)}$$

$$(L_i/J_i) = [5/( \cdot 17^4/32)] + [2 \cdot 10/(2 \cdot \cdot 19^4/32)] + [12/( \cdot 82^4/32)] + [10/( \cdot 17^4/32)] =$$

$$(L_i/J_i) = 3.31568 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^{-3}$$

Entonces:

$$= (277.2/26300) \cdot (0.018462 + 3.31568 \cdot 10^{-6}) = 1.94623 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

Usando el factor:  $180^\circ = \text{ rad}$

$$= \mathbf{0.011151^\circ}$$

Durante la longitud del eje, de 57 mm, el mismo se tuerce el ángulo calculado. Se considera un valor bastante bajo como para que afecte el normal funcionamiento de la máquina.

**4.2.2.2.8.- Estimación de la deflexión debida a la flexión.**

Partiendo del diagrama M vs. X mostrado en un apartado anterior, y conociendo:

$I$  = momento de inercia de una sección circular,  $[19] = \pi \cdot D^4/64$

$I_1$  = momento de inercia de la sección de diámetro 17 mm.

$I_2$  = momento de inercia de la sección de diámetro 19 mm.

$I_3$  = momento de inercia de la sección de diámetro 82 mm.

Entonces:

$$I_1 = 409.8275 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 6397.1171 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = 2219347.41 \text{ mm}^4$$

Entre  $x = 0 \text{ mm}$  y  $x = 37 \text{ mm}$ , los puntos de interés por ser los sitios de aplicación de fuerzas externas según figuras mostradas antes son:

$$x_1 = 2.5 \text{ mm}, x_2 = 12.5 \text{ mm}, x_3 = 18.5 \text{ mm}, x_4 = 24.5 \text{ mm}, x_5 = 34.5 \text{ mm}$$

Los momentos flectores en esos puntos utilizando los dibujos anteriores como referencia para los cálculos son:

$$M_{x_1} = 16.9 \text{ N}\cdot\text{mm}, M_{x_2} = 84.5 \text{ N}\cdot\text{mm}, M_{x_3} = 125.06 \text{ N}\cdot\text{mm}, M_{x_4} = 84.5 \text{ N}\cdot\text{mm},$$

$$M_{x_5} = 16.9 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Dividendo esos momentos entre los momentos de inercia:

$$(M_{x_1}/I_1)_A = 4.122 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{mm}^3, (M_{x_1}/I_2)_E = 2.641 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{mm}^3, (M_{x_2}/I_2)_B =$$

$$1.3209 \cdot 10^{-2} \text{ N}\cdot\text{mm}^3,$$

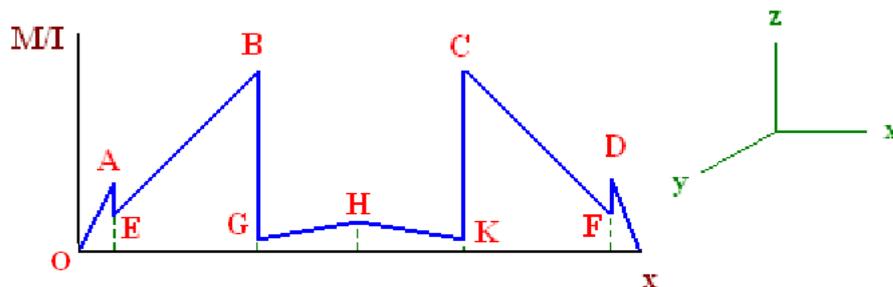
$$(M_{x_2}/I_3)_G = 3.807 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{mm}^3, (M_{x_3}/I_3)_H = 5.634 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{mm}^3, (M_{x_4}/I_3)_C =$$

$$3.807 \cdot 10^{-5} \text{ N}\cdot\text{mm}^3,$$

$$(M_{x_4}/I_2)_K = 1.3209 \cdot 10^{-2} \text{ N}\cdot\text{mm}^3, (M_{x_5}/I_2)_F = 2.641 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{mm}^3, (M_{x_5}/I_1)_D =$$

$$4.122 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{mm}^3,$$

Con esos valores se dibuja el siguiente gráfico de M/I vs. X:



*Figura 4.21. Diagrama M/I vs. X.*

Donde las distancias son: OA = 2.5 mm, OB = 12.5 mm y OH = 18.5 mm.

Utilizando funciones de singularidad, [24], se determinó la siguiente ecuación para la curva del último gráfico mostrado:

$$M/I(x) = 1.648 \cdot 10^{-2}x - 1.48 \cdot 10^{-3}(x-2.5)^0 - 5.92 \cdot 10^{-4}(x-2.5)^1 - 1.317 \cdot 10^{-2}(x-12.5)^0 - 1.053 \cdot 10^{-3}(x-12.5)^1 - 6.091 \cdot 10^{-6}(x-18.5)^1 + 1.317 \cdot 10^{-2}(x-24.5)^0 - 1.053 \cdot 10^{-3}(x-24.5)^1 + 1.48 \cdot 10^{-3}(x-34.5)^0 - 5.92 \cdot 10^{-4}(x-34.5)^1$$

Integrando la ecuación anterior dos veces se obtuvo la ecuación de deflexión debida a la flexión:

$$E y(x) = 2.75 \cdot 10^{-4}x^3 - 7.402 \cdot 10^{-4}(x-2.5)^2 - 9.87 \cdot 10^{-5}(x-2.5)^3 - 6.59 \cdot 10^{-3}(x-12.5)^2 - 1.76 \cdot 10^{-4}(x-12.5)^3 - 1.015 \cdot 10^{-6}(x-18.5)^3 + 6.59 \cdot 10^{-3}(x-24.5)^2 - 1.76 \cdot 10^{-4}(x-24.5)^3 + 7.402 \cdot 10^{-4}(x-34.5)^2 - 9.87 \cdot 10^{-5}(x-34.5)^3 + C_1x + C_2$$

Aplicando las condiciones de frontera,  $y(0) = 0$  y  $y(37) = 0$ , considerando despreciable la deflexión en el resto del eje, se obtuvo:

$$C_1 = -0.084 \text{ y } C_2 = 0$$

Conociendo lo anterior, y utilizando  $E = 7 \cdot 10^4$  MPa para el aluminio, [1], se dibujó el siguiente gráfico:

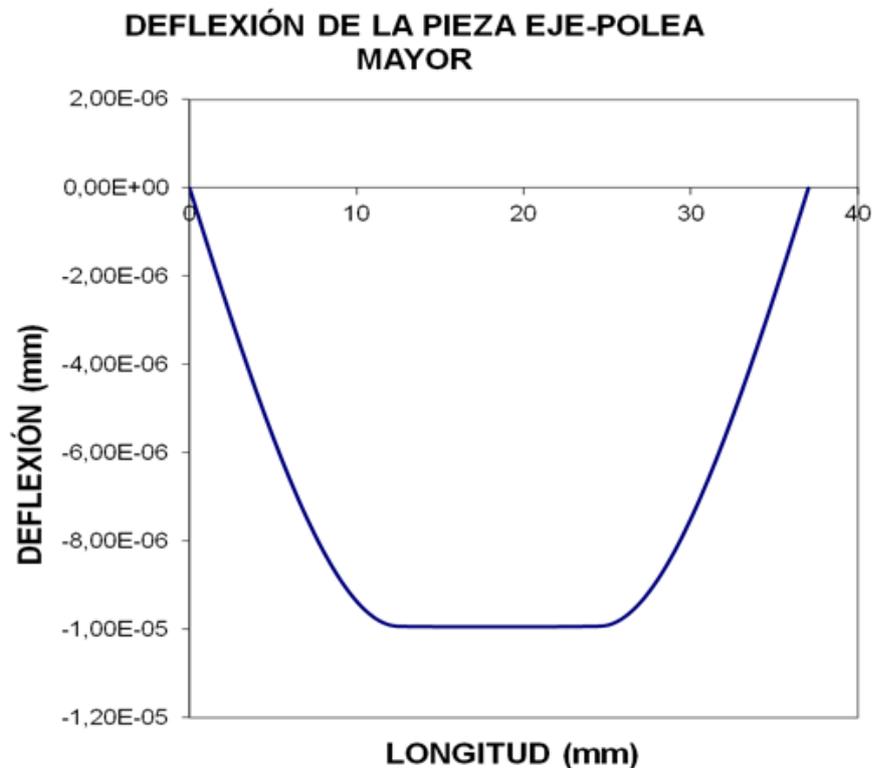


Figura 4.22. Curva aproximada de deflexión de la pieza eje-polea mayor.

Se obtuvo la deflexión máxima en  $x = 18.5$  mm igual a  $y_{18.5} = 9.93 \cdot 10^{-6}$  mm. El valor bajo de deflexión por flexión obtenido se atribuye a que las cargas sobre el eje son bajas dados los diámetros establecidos, lo cual es lo ideal para evitar inconvenientes.

**4.2.2.2.9.- Estimación de la velocidad crítica debida a la flexión.**

Se aplicó el método de Durkerley. Ese método subestima el valor de la primera velocidad crítica, [25]. Todos los ejes, aun sin la presencia de cargas externas, se deforman durante la rotación. La magnitud de la deformación depende de la rigidez del eje y de sus soportes, de la masa total del eje, y de las piezas que se le añaden, del desequilibrio de la masa con respecto al eje de rotación y del amortiguamiento presente en el sistema, [25]. La deformación, considerada como una función de la velocidad de giro del eje, presenta sus valores máximos en las llamadas velocidades críticas, [25].

Normalmente, sólo la velocidad crítica más baja (primera) y ocasionalmente la segunda tienen relevancia, [25]. Las otras son generalmente tan altas que están muy alejadas de las velocidades de operación, [25]. Se calculó sólo la primera velocidad crítica por lo anterior.

Partiendo de la definición de velocidad crítica, [25]:

$$\omega_1 = (K_1/m_1)^{1/2} = (W_1/m_1 \cdot l_1)^{1/2} = [(4T/d)/m_1 \cdot l_1]^{1/2} = [(4T/d)/m_1 \cdot (Y_1/W_1)]^{1/2} = \omega_1 = (4T^2/m_1 Y_1 d^2)^{1/2}$$

Y la ecuación:

$$1/\omega_{CRÍTICA1}^2 = 1/\omega_1^2$$

A continuación se explica lo que se realizó. Partiendo de la primera ecuación, la cual relaciona la constante elástica (la cual en este caso sería de la pieza eje-polea mayor la cual es el objeto de estudio) con la masa (se utilizará en los cálculos la masa completa de la pieza) y es la definición per sé de la velocidad crítica, se van sustituyendo términos en esa primera ecuación de acuerdo a la forma en fueron obtenidos en cálculos hechos anteriormente y en las definiciones de la ecuación, para colocarla en términos que faciliten el cálculo. Los términos incluidos en la simplificación de los términos de la ecuación son los siguientes:

$m_1$  = masa de la pieza = 0.201 Kg (calculada anteriormente).

$W_1$  = peso producto de la fuerza  $F_{flex} = 4T/d = 13.52$  N.

$\gamma_{11}$  = coeficiente de influencia, [21], (m/N).

T = torque producido por el motor = 0.0913 N·m (calculado antes).

d = diámetro de la polea menor = 0.027 m

$Y_1$  = deflexión debida a flexión en x = 18.5 mm =  $9.93 \cdot 10^{-6}$  mm =  $9.93 \cdot 10^{-9}$  m.

$\omega_1$  = frecuencia debido a  $F_{flex}$  (rad/s).

$\omega_{CRÍTICA1}$  = Primera velocidad crítica (rad/s).

Entonces:

$$\omega_1^2 = [(4 \cdot 0.0913^2) / (0.201 \cdot 9.93 \cdot 10^{-9} \cdot 0.027^2)] = 2.292 \cdot 10^{-10}$$

$$1 / \omega_{CRÍTICA1}^2 = 4363001745 \text{ s}^2$$

$$\omega_{CRÍTICA1} = 60053.022 \text{ rad/s} = 630759.89 \text{ rpm}$$

Ciertamente, la velocidad obtenida presenta un valor muy elevado, pero el mismo es consecuencia de la exigua deflexión causada por la flexión. De ser mayores las fuerzas causantes de la flexión, mayor sería entonces la deflexión producida y menor por consiguiente la velocidad crítica, lo cual sugiere que las dimensiones establecidas están muy por encima de lo mínimo requerido para soportar las cargas actuantes sobre él.

### **4.3.- Partes hidroneumáticas.**

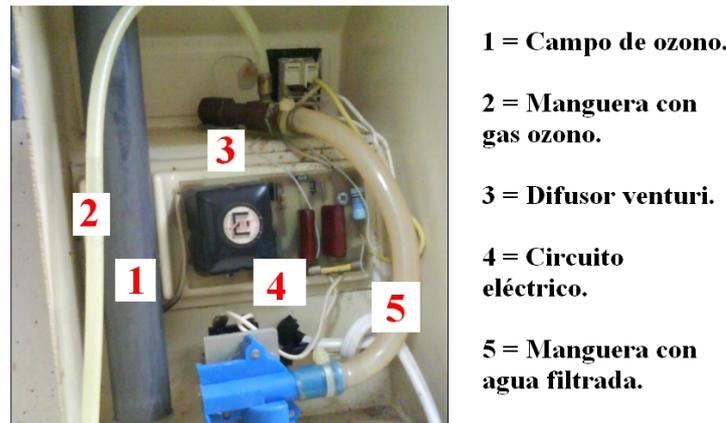
#### **4.3.1.- Generador de ozono.**

Para cumplir las funciones de desinfección y en concordancia con uno de los criterios elegidos en base a la opinión de la Lic. Alberdi, se adaptó el generador de ozono de un filtro de agua doméstico a la máquina. En concreto uno de la marca *Ozono Salud*. Había tres opciones posibles de desinfectante: ozono, cloro e hipoclorito.

El cloro y el hipoclorito se descartaron porque según la Licenciada necesitan de disponer periódicamente de materia prima como la sal y el hipoclorito líquido y construir generadores que trabajan con ellos implica disponer de recursos técnicos y económicos indisponibles para los autores. En cuanto al

ozono existía la tentativa de construir el generador pero igualmente no era posible técnica y económicamente.

Entonces se adquirió un filtro comercial doméstico y se instaló el generador en la máquina de igual manera a como se encontró dentro del cajón del filtro. Las principales partes funcionales del filtro son: el campo de ozono, el difusor venturi y el circuito eléctrico.



*Figura 4.23. Partes funcionales de un filtro de ozono doméstico.*

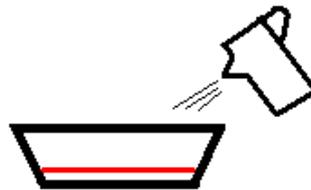
En el campo de ozono por medio de descargas eléctricas gracias al circuito eléctrico, se genera el gas ozono el cual por medio de la manguera llega al difusor venturi donde se mezcla a igual presión con el agua de la toma doméstica previamente filtrada en un filtro de carbón activado para mejorar la eficiencia desinfectante del ozono, [26].

El filtro tiene los siguientes datos:

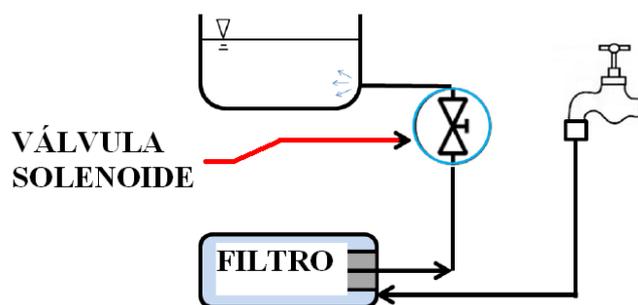
- A) Caudal de 4 litros por minuto.
- B) Concentración de ozono en agua de 5 miligramos por litro.
- C) Concentración de ozono residual de 0.4 miligramos por litro.
- D) Consumo eléctrico de 30 Vatios.
- E) Presión máxima de 125 psi.
- F) Presión mínima de 15 psi.
- G) Difusor venturi: Relación de diámetros de 1 a 3.3.

#### **4.3.2.- Llenado de agua.**

Para las funciones de llenado del agua de lavado, según uno de los criterios de diseño seleccionados, Se optó por el uso de bombas ya que para comodidad del usuario se ha considerado incluir dos formas de ingresar el agua. Una en la cual el usuario vierte el agua directamente en la olla y otra donde hace una conexión a la toma de agua más cercana para de esa manera llenar la olla. Para la segunda opción fue necesaria una válvula solenoide para permitir el paso del agua de la toma sólo cuando el usuario haga uso de la máquina.



*Figura 4.24. Primera forma de llenado de la olla.*



*Figura 4.25. Segunda forma propuesta de llenado de la olla por medio de la conexión a la toma de agua.*

La figura 4.26 plantea la configuración utilizada para la segunda opción comentada de ingreso del agua. Para el filtro se seleccionó uno de carbón activado. El filtro de carbón se encarga de reducir al mínimo la cantidad de cloro que posee el agua de la toma así como minimiza olores o sabores que la misma traiga debido a su circulación por las tuberías y aumenta la eficacia del ozono. Para la primera opción el agua a utilizar es potable. El motivo es para asegurar que el generador de ozono funcione de manera correcta ya que el agua corriente de grifo resta efectividad al proceso de desinfección.

### **4.3.3.- Ozonizado del agua.**

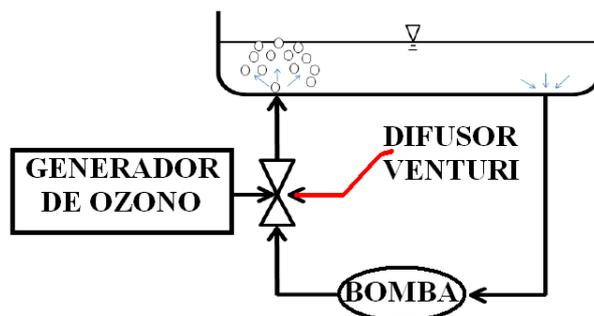


Figura 4.26. Proceso de ozonizado del agua.

La figura 4.27 indica la configuración utilizada para ozonizar el agua. Se necesitó una bomba para succionar el agua de la olla y hacerla pasar por el generador de ozono.

#### 4.3.4.- Desagüe del agua.

Se utilizó una segunda bomba para que el proceso sea más rápido considerando el criterio de fácil uso.

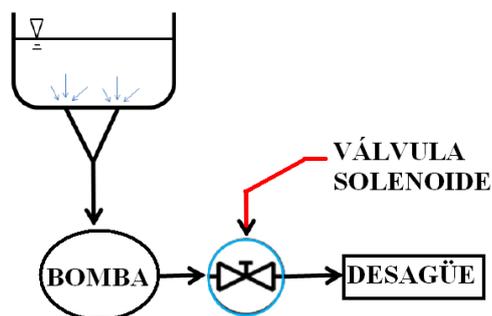


Figura 4.27. Proceso de desagüe del agua.

Tanto para la bomba de succión como para la bomba de desagüe, se establecieron los siguientes criterios de selección:

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| A) Pequeñas dimensiones. | B) Apropriadadas para trabajar con agua. |
| C) Económicas.           | D) Poca potencia, dada la aplicación.    |

Para poder establecer otros de criterios de selección, se consultó al Prof. Gilberto Núñez en la Universidad Simón Bolívar (USB). Se le consultó acerca del uso de las dos bombas. Comentó que no era necesaria una bomba para el desagüe ya que por acción de la gravedad el agua sería evacuada como se supuso, pero si lo que se quiere es acelerar el tiempo de salida del agua, es una opción válida. Sugirió utilizar bombas de máquinas domésticas lavadoras de ropa, ya que son

adecuadas para la aplicación requerida. Aconsejó adquirir una bomba de baja potencia para el desagüe y una de alta potencia para succionar el agua de la olla y para asegurar que trabaje en el rango de presión del equipo generador de ozono.

#### **4.3.5.- Válvulas solenoide.**

Las bombas según el Prof. Núñez necesitan de válvulas solenoides, para que se encargan de hacer circular el agua por las bombas y tuberías sólo si existe presencia de corriente eléctrica en la máquina, para lo cual debían utilizarse válvulas solenoides normalmente cerradas. Se utilizaron instalaron bombas de lavadora *mabe*.

#### **4.4. – Cálculos de las partes hidroneumáticas.**

Se calculó la presión del agua a la salida de la bomba de succión para constatar si estaba dentro del rango de trabajo del filtro de ozono. Para ello se consideró, [27]:

- A) Fluido incompresible.
- B) No hay transferencia de calor hacia el fluido o desde éste con sus alrededores.

El filtro de ozono trabaja con un caudal de 4 lts/min, la bomba de succión tiene una eficiencia de 40% y una potencia de 80 W, la bomba de desagüe tiene una eficiencia de 40% y una potencia de 30 W. Utilizando el gráfico Q vs. H de la bomba de 80 W (información del fabricante), se obtuvo la altura correspondiente a ese caudal (Anexo 7.1 resultando en 11 metros aproximadamente.

La potencia necesaria de la bomba de succión para trabajar con ese caudal y esa altura es, [27]:

Potencia necesaria de la bomba =  $P_{NECESARIA} = Q \cdot H \cdot \gamma$ , donde:

$$Q = \text{caudal de 4lts/min} = 6.67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \quad (60000\text{lts/min} = 1 \text{ m}^3/\text{s})$$

H = altura de 11 metros obtenida del gráfico.

$$= \text{Peso específico del agua} = 9800 \text{ N/m}^3$$

$$P_{NECESARIA} = 6.67 \cdot 10^{-5} \cdot 11 \cdot 9800 = 7.19 \text{ W}$$

$$\text{Potencia de la bomba} = P_{BOMBA} = P_{TEÓRICA} \cdot \eta = 80 \text{ W} \cdot 0.4 = 32 \text{ W}$$

Se aprecia que  $P_{BOMBA} > P_{NECESARIA}$ , por lo tanto la bomba es adecuada.

Luego se procedió a calcular la presión a la salida de la bomba para verificar que trabaja en el rango de presión del filtro de ozono. Aplicando las leyes de similitud para bombas centrífugas (las bombas seleccionadas son centrífugas), [27]:

$$P_{\text{BOMBA}}/P_{\text{NECESARIA}} = (N_1/N_2)^3, \text{ donde:}$$

$N_1$  = Velocidad de giro del impulsor de la bomba a  $P_{\text{BOMBA}} = 3500$  rpm, según el fabricante y considerando el deslizamiento del motor.

$N_2$  = Velocidad de giro del impulsor de la bomba a  $P_{\text{NECESARIA}}$  (No conocida).

Entonces,  $N_2 = (N_1^3 \cdot P_{\text{NECESARIA}} / P_{\text{BOMBA}})^{1/3} = [(3500^3) \cdot 7.19 / 32]^{1/3} = 2127.78$  rpm

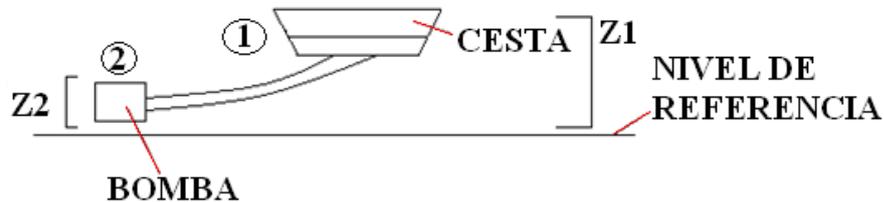
Según:  $Q_1/Q_2 = N_1/N_2$ , donde:

$$Q_1 = \text{Caudal de la bomba a } P_{\text{NECESARIA}} = 4 \text{ lts/min.}$$

$$Q_2 = \text{Caudal de la bomba a } P_{\text{BOMBA}} \text{ (No conocido).}$$

Entonces,  $Q_2 = Q_1 \cdot N_1/N_2 = (3500 \cdot 4)/2127.78 = 6.579$  litros/min =  $1.097 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ .

Con este caudal se determinó la altura que proporciona la bomba según el anexo 7.2 corresponde a una altura de 10.25 metros aproximadamente.



*Figura 4.28. Referencia para calcular presión de salida de la bomba de succión.*

Por la figura 4.28:

$$Z1 = \text{Altura de referencia para la salida del agua de la bomba} = 7\text{cm} = 0.07\text{m.}$$

$$Z2 = \text{Altura de referencia para el agua en la cesta de aluminio} = 23\text{cm} = 0.23\text{m.}$$

Estableciendo la ecuación de la energía entre los puntos 1 y 2, [27]:

$$P_1/\rho + Z1 + V_1^2/2g + h_A + h_L + h_R = P_2/\rho + Z2 + V_2^2/2g, \text{ donde:}$$

$P_1$  = Presión del fluido en el punto 1 del croquis anterior (Pascuales, Pa).

$V_1$  = Velocidad del fluido en el punto 1 del croquis anterior (m/s).

$P_2$  = Presión del fluido en el punto 2 (Pascuales, Pa).

$V_2$  = Velocidad del fluido en el punto 2 (m/s).

$h_A$  = Energía aportada por la bomba al fluido (m).

$h_L$  = Energía pérdida por el fluido debido a la fricción (m).

$h_R$  = Energía removida del fluido por medio de in dispositivo mecánico (m).

Para el caso particular de este problema:

$P_1 = 101350 \text{ Pa} = 101.35 \text{ kPa}$  (1 kPa = 1000 Pa), ya que el punto en cuestión está expuesto al aire.

$V_1 = 0 \text{ m/s}$ , ya que se consideró en ese punto como despreciable.

$h_L = 0\text{m}$ , se supuso despreciable debido a que la tubería es de plástico y su longitud es corta en comparación.

$h_R = 0\text{m}$ , ya que no hay un dispositivo que remueva energía del fluido.

Entonces, la ecuación quedó así:

$$P_1 + Z_1 + h_A = P_2 + Z_2 + V_2^2/2g, \text{ donde } P_2 = [Z_1 + P_1 + h_A - Z_2 - (V_2^2/2g)]$$

Donde:  $V_2 = Q_2/A_2$ , donde  $A_2$  es el área de la sección de salida del agua en la bomba.

$$A_2 = D_2^2/4, \text{ donde } D_2 = 5/16 \text{ pulgadas} = 0.00794\text{m}, \text{ entonces, } A_2 = 4.95 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$$

$$\text{Por consiguiente, } V_2 = 1.097 \cdot 10^{-4} / 4.95 \cdot 10^{-5} = 2.215 \text{ m/s}$$

$$\text{Entonces, } P_2 = 9800 \cdot [0.07 + 10.5 + (101350/9800) - 0.23 - (2.215^2/2 \cdot 9.81)] =$$

$$\mathbf{200228.88 \text{ Pa} = 200.228 \text{ kPa}}$$

La presión de referencia mínima del filtro de ozono seleccionado es de 15 psi = 103.41 kPa, ya que 1 psi = 6894.75 Pa, por tanto la bomba proporciona una presión de salida por encima de ese valor mínimo y por debajo del valor máximo con el cual trabaja el filtro que es de 125 psi = 861.75 kPa.

#### **4.5.- Sistema eléctrico.**

##### **4.5.1.- Fuente de poder.**

Al respecto se consultó a los Profesores Jota y Álvarez. Las conexiones eléctricas de los hogares trabajan con corriente alterna, para lo cual se seleccionó una fuente de poder que convirtiera la corriente alterna en corriente directa ya que el motor trabaja es con corriente directa. Por razones económicas, se adquirió una fuente de poder que trabajase en el rango mínimo de 12 voltios y 1.5 amperios dados los datos del motor. Se adquirió una fuente de poder usada por cuestiones de economía la cual posee garantía del vendedor. Antes se habían considerado otras opciones:

- A) Un transformador de 12 voltios y 10 amperios. Se encuentran con facilidad en tiendas especializadas, es muy confiable, pequeño, no necesita ventilación y su instalación no es complicada, pero se consideró muy costoso.
- B) Construir la fuente DC de 1 amperio: Es relativamente sencilla y económica de construir, pero trabaja con una corriente de 1 amperio como máximo, la cual es muy baja y no podría accionar el motor.
- C) Construir una fuente DC de 10 o más amperios: Construirla no hubiera resultado costoso, pero para ello se requiere de pericia técnica de la cual no disponen los autores.

#### 4.5.2.- Panel de control.

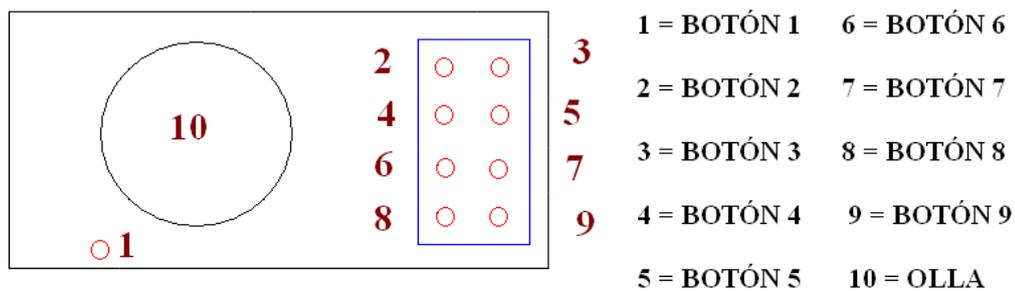


Figura 4.29. Panel de control diseñado.

Se estableció el panel de control de la figura 4.30. El mismo muestra lo que es una vista superior de la máquina. La numeración representa:

- *Botón 1:* Representa un interruptor eléctrico que cumple la función de detener la circulación de energía eléctrica hacia el área de la olla cuando una tapa ubicada sobre ella sea cerrada. Para ello se utilizó un interruptor de pulso.
- *Botón 2:* Representa una luz indicadora de encendido general de la máquina. Es de color rojo y para ello se utilizó una luz piloto.
- *Botón 3:* Representa un interruptor que permite o impide el paso de agua por medio de la válvula solenoide de la toma externa hacia el filtro de carbón activado para luego pasar esa agua filtrada a la olla. Se utilizó un interruptor tipo palanca.

- *Botón 4:* Representa el interruptor para encender la luz representada por el botón 1. Se utilizó otro interruptor tipo palanca.
- *Botón 5:* Representa un interruptor para permitir que la bomba de succión extraiga el agua de la olla para ser ozonizada. Se utilizó otro interruptor tipo palanca.
- *Botón 6:* Representa una luz de color verde indicadora de encendido de la fuente de poder. Se utilizó otra luz piloto para ello.
- *Botón 7:* Representa un interruptor tipo palanca que permite el desagüe del agua de la olla una vez lavados los alimentos.
- *Botón 8:* Representa un interruptor tipo palanca que permite el encendido de la fuente de poder.
- *Botón 9:* Representa una perilla similar a las utilizadas en las licuadoras domésticas. La misma permite, por medio de tres velocidades, variar la velocidad de centrifugado de acuerdo a la consideración del usuario.

#### **4.5.2.1.- Selector de velocidades.**

El selector de velocidades para la centrifugación usa en su primera velocidad una resistencia de 2 ohmios que logra una revolución de 520 rpm en la cesta, le sigue una segunda velocidad que usa una resistencia de 1 ohm y con ella se logran 580 rpm, la tercera velocidad es sin resistencias, usando el mismo voltaje que arroja la fuente obteniéndose 620 rpm. La potencia del motor es de 17.4 W, pero se debió suponer un valor mayor, para lo cual se usaron 2 resistencias de 25 W c/u las cuales son adecuadas. El selector de velocidades instalado es de una licuadora *Oster* de 3 velocidades.

Este selector de velocidades en las licuadoras no trabaja con resistencias, en su lugar usa un proceso conocido como “cambio de campo” que consta de conectar un determinado número de polos en el motor del electrodoméstico, en las primeras velocidades conecta todos los polos del motor lo que genera que este gire con fuerza pero no muy rápido, en la mayor velocidad el selector conecta pocos polos en el motor lo cual hace que gire mas rápido pero no con mucha fuerza. La licuadora trabaja con corriente alterna. En el caso de este TEG se emplea un motor de corriente continua (DC). Los motores DC no usan polos sino

“escobillas” y varían su velocidad aumentando o disminuyendo el voltaje que les llega.

**4.5.2.1.1.- Determinación de las velocidades de giro del selector (perilla).**

Se determinaron de manera experimental utilizando un multímetro.

La tensión se midió en paralelo con el motor y la corriente se midió en serie con el motor.

Con la data obtenida se obtuvo la siguiente tabla:

Nº Velocidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Resistencia ( )	RPM
1 <sup>ERA.</sup>	6.3 ± 0.1	1.5 ± 0.1	2 ± 10%	520
2 <sup>DA.</sup>	8.2 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1 ± 10%	580
3 <sup>ERA.</sup>	11.1 ± 0.1	1.9 ± 0.1	No utiliza	620

*Figura 4.30. Velocidades de giro de la perilla.*

Donde las velocidades fueron medidas con un tacómetro.

**4.5.3.- Cálculo de la potencia de la fuente de poder.**

La fuente de poder posee una etiqueta donde se lee que para 12 voltios la corriente es de 23 amperios, pero el consumo de corriente del motor es de 1,45 amperios y su potencia es de 17.4 W. La eficiencia de la fuente de poder es de 90%, con eso se calculó la potencia que consume:

$$P = P_{\text{MOTOR}}/\text{Eficiencia} = 17.4 \text{ W}/0.9 = 19.33 \text{ W} \quad 20\text{W}$$

**4.5.3.1.- Consumos de las etapas.**

- 1<sup>era.</sup> etapa: *Llenado de agua.* Aquí sólo funciona la válvula solenoide de consumo 10 W.
- 2<sup>da.</sup> etapa. *Ozonizado.* Funcionan en paralelo la bomba de succión y el circuito de ozono de consumos de 80 W y 30 W respectivamente, sumados dan 110 W (este es el mayor consumo por etapa de la máquina)
- 3<sup>era.</sup> etapa. *Desagüe del agua.* Funcionan en paralelo la bomba de desagüe y la válvula solenoide de salida de consumos 30 W y 10 W respectivamente, que sumados dan 40 W.
- 4<sup>ta.</sup> etapa. *Centrifuga del colador.* Aquí se enciende la fuente de poder con un consumo de 20 W, este es el consumo total de esta etapa ya que los

17.4 W que consume el motor están incluidos en el cálculo previo para la obtención de esta tasa.

#### **4.5.4.- Protección de las piezas eléctricas.**

La máquina necesitó un fusible para proteger sus piezas eléctricas de una sobretensión proveniente de la toma eléctrica, la cual podría dañar los motores de las bombas de agua y el circuito generador de ozono, según los Profesores Álvarez y Jota. La fuente de poder instalada ya posee una protección a sobretensiones, mientras que las válvulas solenoide no necesitan protección por ser piezas que trabajan con una tensión superior en comparación con la que trabajan en la máquina. Las 2 luces piloto pueden funcionar perfectamente a tensiones superiores incluso a los 120 V, por lo tanto no necesitaron protegerse. Se calculó la corriente del fusible, [22]:

$$C_f = P/V = 110/115 = 0.956 \text{ A}$$

$C_f$ : Corriente del fusible (A).

P: Potencia de la máquina = 110 W.

V: Voltaje que entra a la máquina =  $(110+120)/2 = 115 \text{ V}$ .

A este valor se le agregó un 10% de seguridad:

$$C_f = 0.1 \cdot 0.956 + 0.956 = 1.051 \quad 1.1 \text{ A}$$

El resultado sugirió que el fusible elegido debía ser de un amperaje mayor a 1 amperio, entonces se seleccionó uno de 2 amperios.

#### **4.5.5.- Consumo de las piezas eléctricas.**

Se tienen los siguientes valores de consumo:

- |                                |                                  |
|--------------------------------|----------------------------------|
| A) Válvula solenoide = 10W c/u | B) Bomba de succión = 80 W       |
| C) Bomba de desagüe = 30 W     | D) Circuito de ozono = 30 W      |
| E) Luces piloto = 0,5 W        | F) Fuente de poder 12 VDC = 20 W |

El momento de mayor consumo de la máquina es durante el ozonizado del agua. En ese momento, funcionan a la vez la bomba de succión y el circuito de ozono. La suma de estos consumos es de  $80 \text{ W} + 30 \text{ W} = 110 \text{ W}$ .

#### 4.6.- Cubierta externa de la máquina.

Para la cobertura externa se seleccionaron láminas de material acrílico de 3 mm de espesor. El acrílico es transparente de forma de que pueda verse el interior de la máquina lo que facilita apreciar el funcionamiento de cada parte para prevenir o advertir, entre otras cosas fallas que se estén produciendo y evita el contacto del usuario con las partes funcionales de la máquina. Se escogió ese material ya que es económico y pudo trabajarse con la herramienta dremel cuando fue necesario, para adaptarla a la forma que se deseaba además de que para unir las láminas que se necesitaron bastó con un pegamento evitándose tener que realizar procedimientos de soldadura si se hubiesen escogido láminas metálicas. Además es muy fácil de limpiar y no presenta mayores discontinuidades en su superficie por lo cual es difícil que se le adhieran suciedades. De acuerdo a las dimensiones de todas las partes que conforman la máquina, se estimaron las siguientes longitudes:

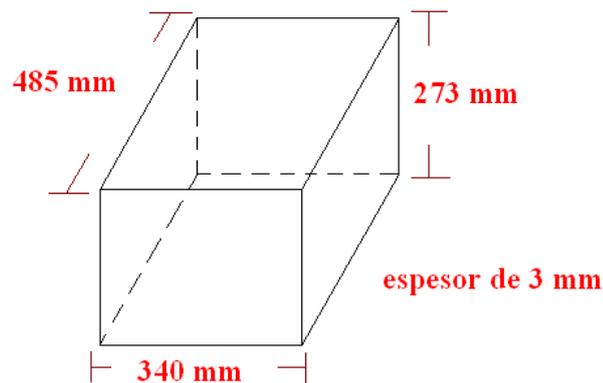


Figura 4.31. Medidas de la cobertura exterior de la máquina.

Para elaborar la caja se utilizó como base una lámina acrílica de venta en comercios especializados de medidas estándar de 0.9 x 1.22 metros de longitud. En comparación a las máquinas comerciales analizadas en las fichas de análisis (anexo 5.2), excede a las mismas sólo en la medida de largo (485 mm vs. 330 mm). Respecto a las medidas de ancho y alto resultaron ser menores las longitudes establecidas en comparación (330 mm de alto vs. 273 mm y 342 mm de ancho vs. 340 mm). El consumo de energía en comparación es 10 W mayor, esto es, 110 W a 100 W.

## CAPÍTULO V: CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN.

### 5.1.- Parte Mecánica.

#### 5.1.1.- Construcción de la pieza eje-polea mayor.

Se utilizó como material base cuatro “tochos” de aluminio. El eje se elaboró en el transcurso del mes de octubre de 2011 en las máquinas-herramientas del galpón de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Para lograr eso, se llevaron adelante los procedimientos mencionados a continuación. Se colocó en las mordazas del torno una pieza cilíndrica de aluminio de 14 cm de diámetro por 16 cm de alto (el tocho) por aproximadamente la mitad. Primero se procedió al refrentado donde después de ubicar el centro se le hizo un pequeño agujero con una mecha, en ese agujero se encajó la punta giratoria que gira solidaria a la pieza y está sujeta al portapunto. Luego se realizó un desbaste lateral con sumo cuidado para no tropezar las mordazas que están en movimiento con la herramienta que realiza el desbaste. El desbaste lateral se hizo utilizando el avance automático del torno. El desbaste se prosiguió repetidamente hasta llegar a un diámetro de 85 mm, y después la pieza se midió axialmente desde el punto de contacto con las mordazas una distancia de 10 mm y se marcó con la herramienta. Se procedió luego con el desbaste lateral deteniendo la herramienta en la marca hecha antes. El desbastado se prosiguió hasta llegar a los 20 mm de diámetro. Luego se torneó manualmente hasta medir con un vernier 19 mm de diámetro, se midió luego axialmente 10 mm y se marcó esa medida con la herramienta. Se siguió desbastando hasta los 17 mm de diámetro deteniéndose en la marca realizada, luego se probó que encajase el rodamiento seleccionado, para ello se usaron lijas de agua de 120 usándolas con el mismo torno girando y repetidamente se probó hasta que encajase el rodamiento por apriete, cuando ello se logró se midió axialmente 10 mm y se marcó con la herramienta en la pieza, luego a ese trozo de material se le hizo un ligero desbaste hasta los 16mm, y se volvió a medir 10 mm de forma axial y se le hizo una marca con la herramienta, esta parte de la pieza se refrentó nuevamente hasta llegar a la marca hecha antes.

Se retiró luego la pieza del torno y se colocó invertida y para que la pieza tuviera un mejor agarre se ajustó con las mordazas del torno en la parte de diámetro 19 mm. Se volvió a refrontar la pieza, haciéndole un agujero en el centro y se encajó en su centro la punta giratoria, luego se encajó en su centro la punta giratoria, se procedió después con el desbaste lateral usando el avance automático del torno y se continuó hasta igualar el diámetro de la pieza de 85 mm previamente torneado haciendo una marca con la herramienta en el punto donde se terminó el desbaste, se continuó desbastando la pieza y se detuvo el proceso al llegar a 20 mm de diámetro, se continuó torneando pero ahora manualmente deteniendo el avance al llegar a 10 mm de distancia axial y se siguió desbastando teniendo cuidado de no pasar de los 17 mm de diámetro, se probó entonces que encajase el rodamiento seleccionado para lo cual se lijó lo necesario. Se refrontó la pieza restante hasta tener 5 mm de profundidad en la parte donde se asentará el rodamiento. Luego se colocó la pieza de forma de poder trabajarla con una herramienta puntiaguda para lo cual se procedió a desbastar el canal por donde pasará la correa el cual debe tener un diámetro de 82 mm, los bordes de la polea son de 3 mm de espesor con 45° de inclinación para que no se salga la correa, y se tornearon con dicha herramienta que era la mas puntiaguda con la que se contaba, ya que la herramienta especializada para trazar canales para poleas no se encuentra disponible en el galpón.

### **5.1.2.- Construcción de los portarodamientos.**

Se colocó en las mordazas del torno un cilindro de aluminio de 3 cm de alto por 9 cm de diámetro, se procedió primero al refrontado, se ubicó el centro y se le hizo un hueco en el centro con una mecha pequeña la cual se reemplazó por otra mas grande y así sucesivamente hasta llegar a la mecha de 26 mm de diámetro que no atravesó la pieza sino que se detuvo faltando apenas 1,5 mm, este tope natural de la pieza era necesario para que el rodamiento no se saliera fuera del portarodamiento. Se sacó la pieza y se colocó al revés, apretándola con las mordazas sólo en un área no mayor a 10 mm medidos axialmente, la parte que quedó fuera debía de ser de alrededor de 20 mm parte que se desbastó hasta un diámetro de 34 mm, el excedente de la pieza se refrontó hasta los 10 mm medidos

axialmente desde la base hasta el final donde el diámetro que en su totalidad midió 34 mm. Luego se sacó la pieza y se volteó de forma que ahora las mordazas la sujetaban por el diámetro de 34 mm y se refrontó entonces la pieza hasta obtener un espesor aproximado de 3 mm, se desbastó el contorno de la ahora “placa” de 3 mm hasta llevarla a 80mm de diámetro. La pieza luego se colocó en una prensa para hacerle 4 agujeros con una herramienta tipo dremel y con una mecha de 3 mm de diámetro por donde pasarán los tornillos que la fijaran a la olla, estos agujeros tienen una distancia del centro de la pieza de 28,5 mm.

Para el torneado del portarodamiento mas pequeño se procedió igual ya que ambas piezas trabajarán cada una con el mismo rodamiento. Por lo cual se colocó en las mordazas otro cilindro de aluminio de las mismas dimensiones iniciales, se procedió exactamente igual que con el primer portarodamiento pero esta vez el desbaste para la parte cilíndrica de 34 mm llegó hasta los 5 mm medidos axialmente ya que esta pieza no tendrá estopera por no estar en contacto con ningún líquido. La “placa” de un lado de la pieza tenía un espesor igual de 3 mm y se rebajó su diámetro hasta los 60 mm, en esta parte ya no se usó más el torno para esta pieza. La pieza es colocó luego en la prensa sujeta por la parte de la “placa” de la pieza y con el uso de un esmeril pequeño colocado en el dremel se cortó un lado completo de esta placa, se sacó de la prensa y se colocó al revés sujetándola esta vez por una parte del cilindro interno de 34 mm de diámetro y se cortó el otro extremo de la placa con el dremel, se usó entonces el mismo dremel para lijar y así darle un mejor acabado a los cortes de la pieza y evitar así que quedasen bordes filosos. Para sujetar este portarodamiento a la olla de aluminio se debieron hacer 2 agujeros para que lo sujetasen 2 tornillos, estos agujeros son de diámetro 6 mm y están ubicados a 27,5 mm del centro de la pieza, y se cortaron con el esmeril del dremel 2 canales paralelos a los cortes de la placa que llegarán a la parte externa de los agujeros de 6 mm de diámetro, obteniéndose así un canal por donde se deslizarán los tornillos, este tipo de canales permite que se pueda mover la pieza antes de ser ajustada por los tornillos.

Los rodamientos seleccionados fueron acoplados al eje y a los portarodamientos por apriete.

#### **5.1.2.1.- Instalación de los portarodamientos.**

El portarodamiento inferior se acopló con la barra base de soporte de hierro utilizando tuercas y tornillos cabeza redonda no estriados. El portarodamiento superior fue acoplado a la olla en su parte inferior por medio de tornillos cabeza plana no estriados ajustados con tuercas cuyos agujeros en la olla fueron hechos con una herramienta tipo dremel como la que se muestra más adelante. El agujero en el centro de la olla también fue hecho utilizando las mechas del dremel. Se utilizaron cuatro tornillos y para evitar fugas de agua al momento de la puesta en servicio de la máquina se utilizó papel para empacaduras entre el portarodamiento y la olla, una estopera para el rodamiento seleccionado y pegamento marca Permatex, de los utilizados en plomería.

#### **5.1.3. - Torneado de la polea menor.**

Como esta pieza es pequeña se usó una pieza cilíndrica de aluminio de 25 mm de alto por 50 mm de diámetro, se colocó en el torno usando las mordazas, se refrentó la pieza un poco sólo hasta tener una superficie pulida, se ubicó el centro y se le hizo un agujero con una mecha de 6,5 mm de diámetro. Se sacó la pieza y se le hizo un refrentado por la otra cara hasta que la pieza llegó a tener un espesor de 9 mm. Se obtuvo una pieza cilíndrica de 9 mm de altura con un agujero en el centro de 6,5 mm de diámetro pero su contorno no estuvo terminado y poseía un diámetro externo de 50 mm de diámetro. Por el agujero en el centro de la pieza se le pasó un tornillo de 14 cm de largo y se le colocaron dos tuercas a cada extremo de la pieza los cuales se apretaron hasta que ninguna de las piezas se pudiera mover independientemente de las demás. Se colocó en el torno el extremo mas largo del tornillo y se ajustó con las mordazas, se colocó la herramienta con un ángulo de modo que puede trazar el canal por donde pasará la correa y de esta forma se torneó dicho canal el cual tiene ahora un diámetro de 27 mm y sus extremos poseen un ángulo de 45 grados para que la correa no se salga de la polea, la cara por donde pasará la correa debe estar totalmente liso y con un diámetro continuo a lo largo de los 9 mm de ancho que posee.

Una vez finalizada esta pieza se sacó del tornillo y se introdujo por apriete en el eje del motor eléctrico hasta llegar aproximadamente a 1 cm de distancia de la base del motor, si esta polea no calzaba se lijaba un poco el eje del motor, cuando finalmente se acopló como se deseaba se fijó aún más la polea al eje con masilla epoxy la cual secó en 5 minutos y se aseguró que la polea gire solidaria al eje y no se salga de él. La correa se colocó entonces entre ambas poleas antes de ajustar el motor a la olla con el uso de 4 tornillos que lo sujetan firme a ella.

#### **5.1.3.1.- Acople entre el motor y la olla.**

El motor se acopló a la olla utilizando una correa plástica llamada “*tirrá*” en conjunto a un soporte metálico llamado “*ángulo*”. El *tirrá* se utilizó para mantener unido el ángulo junto con el motor a la superficie lateral de la olla, mientras que el soporte metálico junto con un par de abrazaderas se usó para permitir juntar el motor junto a la olla. El ángulo se unió a la olla en su parte utilizando pegamento epoxy, no se usaron tornillos para evitar hacerle huecos a la parte interna de la olla lo cual podría provocar fugas de agua, y tampoco se utilizó soldadura ya que el grosor de la olla no lo permite por ser muy delgada y se produciría un gran agujero en la olla debido al bajo punto de fusión del aluminio, [3].

#### **5.1.4.- Adaptación de la olla.**

##### **5.1.4.1.- Adaptación de la conexión con el filtro de carbón activado.**

Se utilizó una herramienta tipo dremel. La conexión con el filtro se realizó utilizando tubería de cobre avellanado en su extremo para el acoplamiento en la olla y una manguera de plástico transparente para la conexión directa con el filtro. Además se utilizó teflón y unas abrazaderas. Se utilizó tubería de cobre debido a que es apto para trabajar con agua ozonizada y es utilizado además en utensilios de cocina, [3], por lo cual es apto en instalaciones que involucren trabajar con alimentos. El agujero en la olla se realizó con el dremel y la tubería de cobre avellanado en su extremo fue pegado a la olla usando el pegamento epoxy. El diámetro de la tubería y de la manguera es de 5/16 pulgadas. Se ubicó en la pared

lateral de la olla para evitar salpicaduras fuera de la misma al momento de que ingrese el agua filtrada.

#### **5.1.4.2.- Adaptación de la conexión con la bomba de desagüe.**

Se le realizaron agujeros a la olla para el desagüe y son los dos ubicados al lado del acople con el colador. Los mismos, están ubicados en la parte inferior de la olla y al igual que el agujero para el filtro se utilizó en este caso una tubería de cobre avellanada en su extremo y pegada a la olla con pegamento epoxy, y posteriormente se conectó a la bomba de desagüe por medio de mangueras de plástico, teflón y abrazaderas. Por tratarse del proceso de desagüe se optó por esa ubicación para esos agujeros. La manguera es de diámetro 3/8 de pulgada y la tubería es de diámetro 5/16 pulgadas.

#### **5.1.4.3.- Adaptación de la conexión con la bomba de succión y entrada para el agua ozonizada.**

Para estas funciones se realizaron otros dos agujeros a la olla: uno pequeño para la tubería de cobre avellanada en su extremo de 5/16 pulgadas de diámetro destinado a la entrada de agua ozonizada y otro más grande para la manguera de lavadora de 4 cm de diámetro (se acopló ésta a la brida de entrada de la bomba de succión) destinado a funciones de succión por medio de la bomba ubicada debajo de la olla. Para evitar que por el agujero de succión circulen hacia la manguera y posteriormente hacia la bomba objetos extraños, se colocó una rejilla metálica de geometría cóncava de acero inoxidable sobre ese agujero para impedir el paso de esas partículas. Igualmente, en este caso se utilizaron: teflón, manguera de plástico, tubería de cobre de tamaño apropiado para la manguera unida a la olla con pegamento epoxy y abrazaderas. La rejilla de filtrado fue unida con pegamento epoxy.

#### **5.1.4.4.- Adaptación de un codo para circulación del agua ozonizada dentro de la olla.**

Para impedir que al salir el agua ozonizada a usar en el proceso de lavado la misma salga en dirección vertical hacia fuera de la olla, se procedió a adaptar en el orificio de salida respectivo un codo de 90° de PVC de ½ pulgada de diámetro utilizado en plomería, el cual tuvo que cortarse en sus uniones roscadas usando para ello las sierras disponibles en el galpón de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

#### **5.1.5.- Instalación de las Bombas.**

La bomba de succión se colocó debajo de la olla. Se le acopló una manguera de plástico transparente a la brida de salida, la cual posee adaptada con masilla epoxy un trozo de tubería de cobre de 5/16 pulgadas. Se utilizó para ello teflón y abrazaderas, mientras que en la entrada de la bomba se colocó una manguera que hace juego con la brida de entrada de la bomba, la misma posee fuelles que le permiten doblarse a ángulos aún mayores a los 90°. Para conectar esta manguera a la bomba sólo fue necesaria una abrazadera y no hizo falta teflón, ya que la manguera se adhirió con facilidad a la parte exterior de la brida de entrada de la bomba ajustando de manera correcta. La conexión eléctrica proveniente del panel de control fue cubierta con teipe.

La bomba de desagüe se ubicó por debajo del panel de control eléctrico. Los elementos utilizados para acoplarla con la válvula solenoide, la olla, las mangueras y el panel de control fueron los mismos utilizados con la instalación de la bomba de succión. Para la conexión eléctrica se utilizó un conector de 2 contactos el cual permite una fácil y segura conexión con los cables provenientes del panel de control, ya que tanto la bomba de desagüe como la válvula solenoide están conectadas en paralelo con el panel de control.

#### **5.1.6.- Instalación del circuito de ozono.**

Se instaló el circuito generador de ozono de forma similar a su instalación en el filtro de donde provino. Se ubicó el circuito junto al campo de ozono y se

conectó el campo al difusor venturi. Se utilizó para el montaje del circuito en la máquina otro soporte metálico tipo ángulo el cual se fijó al circuito y al campo por medio de abrazaderas y tornillos con tuercas. Para la conexión el difusor venturi se utilizó una manguera de plástico de 5/16 pulgadas de diámetro, una abrazadera y teflón. Se utilizaron mangueras de plástico transparente en la máquina ya que permiten advertir fugas, presencia de moho, son fáciles de instalar y no oponen mayor resistencia al paso del agua, por lo cual se pierde poca energía.

#### **5.1.7.- Adaptación del colador.**

El colador se adaptó para que se pudiera acoplar a la parte saliente cuadrada del eje y de esa forma poder rotar para aplicar el proceso de centrifugado. Se le hizo inicialmente un agujero en su parte inferior en el centro con el dremel de dimensiones similares al ancho de la parte cuadrada del eje. En ese agujero hecho, se acopló utilizando masilla epoxi y la mitad de una pieza llamada “dado”, de acero inoxidable, (apto para estar en contacto con alimentos, [1]) cuya mitad inferior fue cortada en el galpón de la Escuela de Ingeniería Mecánica. Se optó por realizar ese arreglo debido a que según los técnicos que trabajan en ese lugar, no es posible fabricar una pieza de metal con el interior hueco de forma cuadrada como se necesitaba para este trabajo. Esa pieza es hecha en talleres especializados por medio del proceso de electroerosión por hilos descrito brevemente en el anexo 8. Mide 1 cm de espesor y las longitudes de sus lados es cercana a 14 mm.

#### **5.1.7.1.- Agarraderas para el colador.**

Utilizando un cable de polietileno y pegamento epoxy se colocaron cuatro agarraderas dentro del colador para permitir su fácil extracción de la olla. El polietileno se utiliza en los envases de agua (por lo que es apto para estar en contacto con alimentos, [3]).

#### **5.1.8.- Barras de soporte de la pieza eje-polea mayor y de la olla.**

En el capítulo anterior se estableció el uso de tornillos unidos a una tuerca de extensión para servir de soporte de la olla de aluminio y su contenido uniendo

los tornillos a la olla con el pegamento epoxy además de la barra para soportar la pieza eje-polea mayor. La barra de soporte se sujetó en la parte inferior de dos de los tornillos de soporte de la olla por medio de tuercas y arandelas. Estos tornillos no se unieron a la olla con otros tornillos mas pequeños para evitar hacerle mas agujeros a la olla los cuales podrían rozar con el colador cuando esté girando y también podrían causar fugas de agua, tampoco se soldó a la olla porque el aluminio tiene bajo punto de fusión, [3]. Es por ello que se pegaron a la olla con pegamento epoxy.

## **5.2.- Parte Eléctrica.**

Para la construcción de las partes eléctricas de la máquina se tomaron como referencia las normas del Código Eléctrico Nacional vigente, [28], y la asesoría del Prof. Jota. Las piezas eléctricas de la máquina usan corriente de 110 VAC (voltios en corriente alterna) con una frecuencia de 60 Hz que es la usada en Venezuela, los switches empleados pueden funcionar también para una tensión mayor de 220 VAC por lo cual pueden funcionar correctamente con 110 VAC, el switch (pulsador de seguridad es pequeño y puede soportar hasta 20 amperios de corriente pero en su uso en la máquina no trabajará con más de 5 amperios ya que sólo interrumpe la corriente del motor; las 2 luces piloto que posee el panel de control son para operar con 110 VAC. El selector de velocidad que controla las 3 velocidades de la máquina trabaja con únicamente 110 VAC, y el uso de esta pieza en la máquina sólo funcionará con una tensión máxima de 12 VDC y una corriente que no supera los 5 amperios, que es a la cual trabajará el motor. Los cables utilizados para las conexiones son de calibre 14 y 16 que son los recomendados para electrodomésticos según el Código Eléctrico Nacional para una corriente no mayor a los 17 amperios.

En la construcción de la máquina se utilizaron como referencia las siguientes cláusulas del Código Eléctrico Nacional:

- Sección 402.6. Calibre Mínimo.
- Sección 240. Protección de sobrecorriente.
- Sección 422.4 Partes Activas.

- Sección 240.41: Ubicación.
- Sección 422.16 Referente a artefactos.
- Sección 422.60 Referente a Placas de Características.

Para que la máquina:

- No tuviera ninguna parte eléctrica activa expuesta al contacto directo con el usuario.
- Estuviera protegida de sobretensiones por medio de un fusible.
- Tuviera una toma de corriente accesible.
- Tuviera switches dobles los cuales ofrecen una mayor protección a los componentes de la máquina que los switches simples.
- Tuviera una placa identificando su consumo, nombre y año de fabricación.



Figura 5.1. Placa de identificación de la máquina.

### 5.2.1.- Diagrama Eléctrico de la máquina.

En el mismo se visualizan todos los componentes eléctricos. Están conectados ó interrumpidos por un switch principal, para indicar que está en la posición de encendido por medio de la luz piloto roja. Al lado derecho de este switch están otros 3 switches, el que arriba es el de llenado de agua, le sigue debajo el switch de ozonizado y por último el de desagüe, estos 3 switches están conectados en paralelo con el switch principal por lo cual no necesitan que otro switch esté en ninguna posición para que ellos funcionen. Debajo del switch principal está el switch de encendido de la fuente de poder lo cual se indica con la luz piloto verde. Al lado está el selector de velocidades, el cual une las dos resistencias de 2 y 1 ohmios para reducir la tensión de corriente en el motor. Al

inicio del circuito está un fusible de protección que protege a los componentes eléctricos de la máquina de una sobretensión. El sistema de ozono posee un circuito que trabaja con 110 VAC. Las resistencias utilizadas son de 25 vatios y no tienen polaridad.

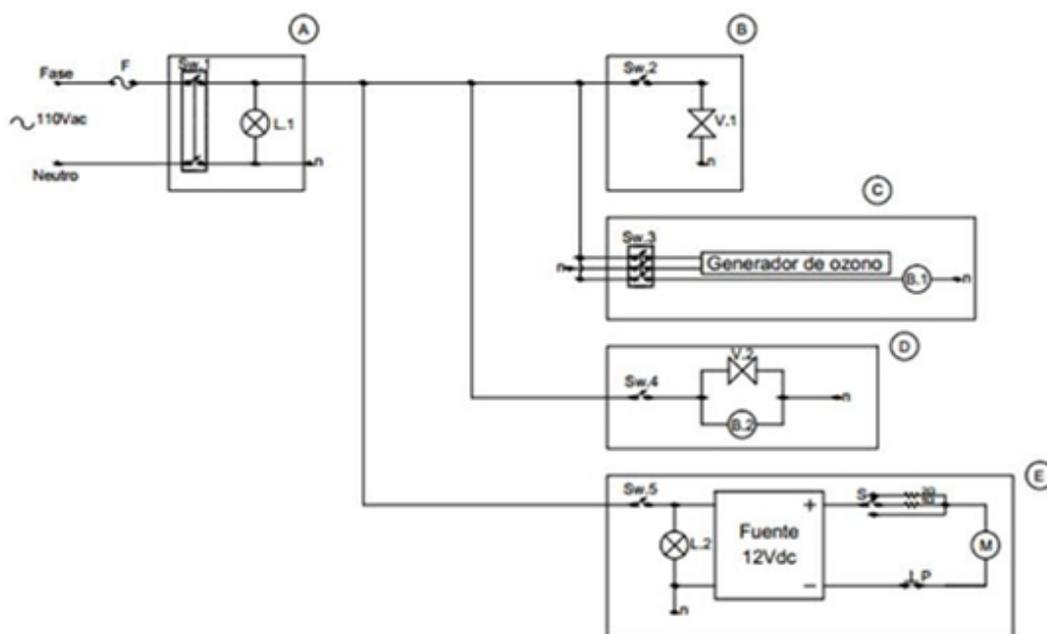


DIAGRAMA ELÉCTRICO Y DE BLOQUES:

Sw.k: Interruptor número k, normalmente abierto  
 V.k: Válvula solenoide número k  
 B.k: Bomba número k  
 L.k: Luz piloto número k  
 M: Motor  
 P: Pulsador normalmente abierto  
 S: Selector de 3 posiciones  
 F: Fusible de protección

(A) Bloque de alimentación principal  
 (B) Bloque de llenado de agua  
 (C) Bloque de ozonizado del agua  
 (D) Bloque de desagüe  
 (E) Bloque de centrifugación (secado)

Figura 5.2. Diagrama eléctrico de la máquina.

### 5.2.2.- Interruptores.

Se consideraron varias opciones:

- A. *Switches pulsadores*: Son interruptores momentáneos que sólo conectan el circuito el tiempo que se les mantiene pulsados.
- B. *Switches de botón*: Son adecuados para corriente continua pero no se sabe a simple vista si están accionados o no.
- C. *Switches deslizantes*: Se usan en circuitos más complejos, por lo cual no eran útiles en este proyecto.

- D. *Switches basculante y rotativo*: Son fáciles de usar, el basculante posee un botón largo que cuando es aplicado en un extremo el otro sube notoriamente, el rotativo es una perilla que se debe girar entre posiciones; ambas alternativas se pudieron utilizar pero sólo interrumpen la corriente en un solo sentido.
- E. *Switch de Palanca*: Trabajan fácilmente con tensiones mayores a 220 VAC y son fáciles de usar. Poseen la ventaja de que existen de los tipos dobles y triples, es decir, que interrumpen a la vez 2 o 3 cables los cuales no están conectados internamente, además son baratos y fáciles de instalar. Se escogió ésta opción.

Se instaló un switch doble como interruptor principal, esto para aislar tanto la fase como el neutro que viene de la toma de corriente lo cual mantiene al circuito de la máquina totalmente aislado cuando está apagado y evita tener que identificar el neutro para enchufarlo al neutro del tomacorriente. Se instaló un switch triple para el ozonizado, 2 de los 3 terminales de este switch alimentan al circuito de ozono, el cual por ser un circuito delicado debe estar aislado totalmente cuando no está funcionando, y por su otro terminal se cierra el circuito para la bomba de succión. Este switch evita tener que accionar dos switches simultáneamente ya que a la vez cierra y abre la conducción de corriente al circuito de ozono y a la bomba de succión. Los cables eléctricos fueron sujetos entre sí con una cita amarracable de plástico tipo turrá. En la instalación de la fuente de poder se tuvo que realizar un proceso llamado “puenteo” de los contactos para que la fuente funcionase esto se hizo conectando con uno de los cables los terminales 4 y 16 del conector lo cual hace que la fuente pueda encenderse.

### **5.3.- Cobertura externa.**

Para la cobertura externa se utilizó como base la lámina de acrílico con las medidas y características comentadas en el capítulo anterior. Se procedió a cortar la lámina base usando el dremel y se unieron entre sí las láminas cortadas con un pegamento especial para unir láminas acrílicas de base de cloroformo.

#### **5.4.- Evaluación en la máquina de las frutas y verduras seleccionadas.**

La máquina pesa (vacía) 8.9 Kg. Se introdujeron lechugas con su tallo y se observó que a 620 y 580 rpm se salía de la cesta si la tapa se dejaba abierta. Se observó que si las hojas de verduras como la lechuga están algo dañada aplicarle la centrífuga aún a 520 rpm daña aún más las hojas. Respecto a frutas como la lechosa, melón y patilla fragmentos de su parte carnosa lograron traspasar el colador y se alojaron en la rejilla puesta en la tubería de succión. Se observó que si la fruta o verdura está casi por completo debajo de los orificios de entrada de las tuberías de desagüe la velocidad de ese proceso se ve afectada en alguna medida.

Al aplicar el centrifugado las frutas y las verduras tienden a colocarse en la parte superior del colador. Es más notorio a 580 y 620 rpm en las frutas de forma esférica. Al aplicarle la centrífuga a la lechosa, la patilla y el melón, éstas tienden a hacer vibrar la máquina sobre todo a 580 y 620 rpm. Por tanto, no parece apropiado lavar en la máquina esas frutas si se aplica el centrifugado, aunque podrían lavarse sin aplicar el centrifugado y retirándosele antes las semillas. Son necesarios 2.5 litros de agua para llenar el colador. Utilizando la toma de agua, demora cerca de 40 segundos introducir en la olla 1.5 litros de agua. En el Anexo 9 se muestran los resultados de las evaluaciones hechas.

#### **5.5.- Tiempo que tarda la bomba de desagüe en desalojar el agua.**

Se contabilizó un tiempo de 1 minuto necesario para evacuar 1.5 litros de agua de la olla. Se apreció que queda algo de agua en la olla luego de finalizare el proceso, aunque no es mucha cantidad. Hay que asegurarse que la manguera esté en posición adecuada para que la gravedad ayude con el proceso.

#### **5.6.- Desempeño de la bomba de succión.**

Se midió la altura de la columna de agua sobre la olla estando la misma vacía al succionar cierta cantidad de agua puesta en la olla para verificar que no

hubiera problemas con que el agua llegara a la olla luego de pasar por el venturi y se comprobó que no había problemas al medir una altura aproximada de 1,4 metros.

**5.7.- Análisis de laboratorio.**

Se realizaron en el laboratorio INCOQUIM, ubicado en Boleíta, en el mes de mayo de 2012, dos análisis: medición de ozono en el agua, y conteo de coliformes totales, los resultados se muestran a continuación.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>Concentración de ozono (mg/l)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Concentración de ozono (mg/l)</b>
1	0,75	4	1,35
2	1,25	8	2,1

<b>Análisis</b>	<b>Agua sin ozonificar</b>	<b>Agua ozonificada</b>	<b>Unidades</b>
Coliformes totales	59	0	NMP

*Figura 5.3. Resultados de los análisis de laboratorio.*

Donde NMP indica “número más probable”. Los resultados de la medición de ozono se realizaron a una muestra de 2 litros de agua de grifo filtrada a esos intervalos de tiempo. El resultado indica que un tiempo de lavado adecuado sería de 8 min. (cuando el generador produce más ozono). El análisis microbiológico fue hecho a una muestra de hojas de lechuga lavadas en agua ozonizada por 5 min. El resultado indica que la máquina desinfecta tal como se había propuesto. En los anexos 15 y 16 se muestran más detalles. Se tomaron muestras de lechuga debido a las características de esa verdura en cuanto a su susceptibilidad a contaminarse y ensuciarse. El análisis de coliformes se hizo tomando como referencia el Trabajo Especial de Grado de Manuel Ponce de la Escuela de Biología de la UCV del año 2003 titulado: “Evaluación microbiológica de frutas y verduras de común expendio en mercados del área metropolitana de Caracas”, donde luego del análisis microbiológico se encontró que todas las muestras analizadas contenían coliformes, donde la presencia de las mismas se asocia a

contenido de materia fecal en la muestra analizada las cuales causan afecciones principalmente del tracto intestinal.

**5.8.- Costos totales.**

Según el anexo 12, fue necesario invertir 4 716 bolívares para construir y evaluar la máquina en el período comprendido entre agosto de 2011 y mayo de 2012. Cerca de 3 500 Bs. fueron invertidos sólo en la construcción de la máquina. En el anexo 12 se muestran más detalles. No se incluye el costo de la mano de obra.

## CAPÍTULO VI: MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO.

### 6.1.- Descripción de componentes.

#### 6.1.1.- Parte externa. Vista Frontal.

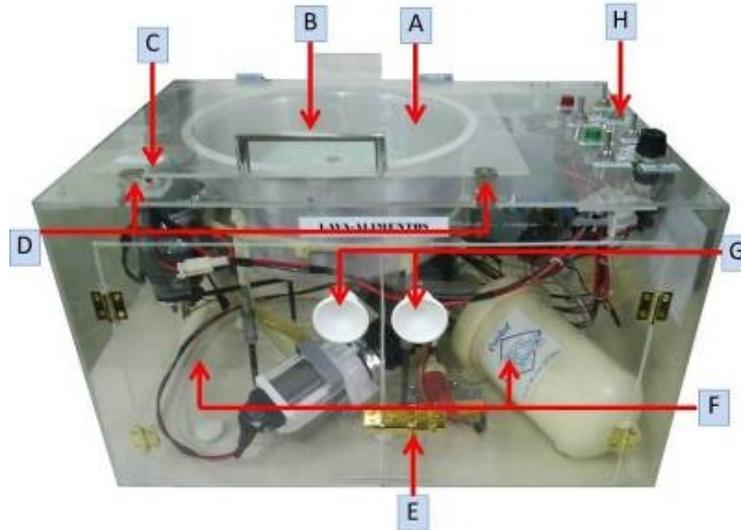


Figura 6.1. Vista frontal de la máquina.

- |                                       |   |                |                      |
|---------------------------------------|---|----------------|----------------------|
| A. Tapa.                              | E. Cerrojo.                                       | F. Puertillas. | H. Panel de control. |
| B. Asa para <i>abrir/cerrar</i> tapa. | G. Tiradores para <i>abrir/cerrar</i> puertillas. |                |                      |
| C. Switch pulsador de seguridad.      | D. Broches para cerrar la tapa.                   |                |                      |

#### 6.1.2.- Parte externa. Vista Posterior.

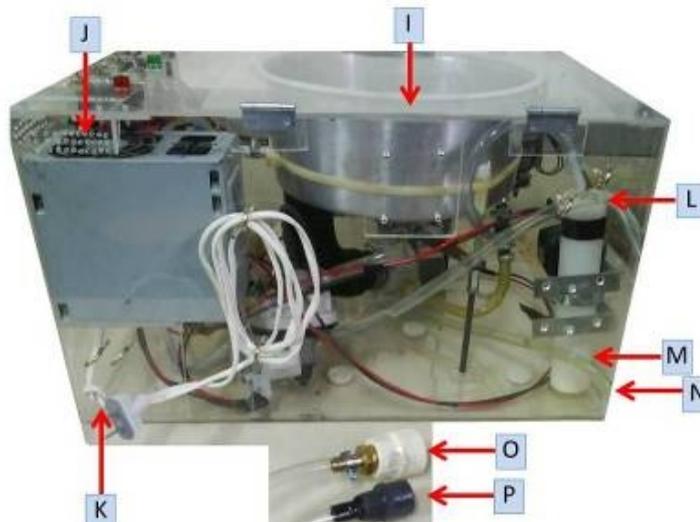
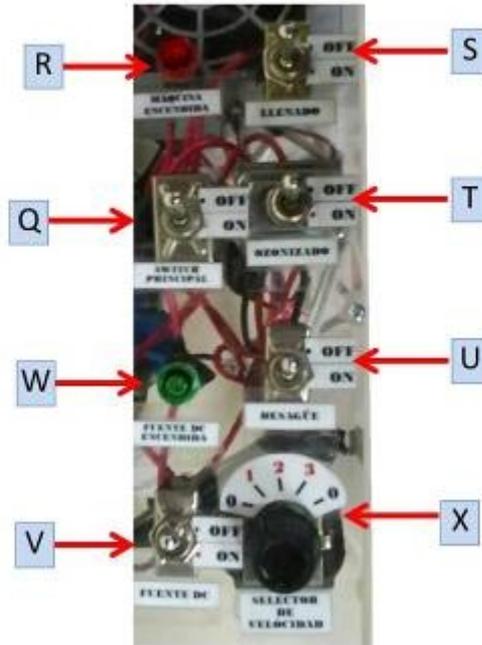


Figura 6.2. Vista posterior de la máquina.

- I. Stop para la tapa.
- K. Enchufe para 110 VAC.
- M. Manguera para desagüe.
- O. Conector de rosca para llaves.
- J. Ranuras de ventilación.
- L. Manguera para aguas blancas.
- N. Entrada de aire para campo de ozono.
- P. Conector para tubo de desagüe.

**6.1.3.- Panel de Control.**



*Figura 6.3. Vista del panel de control.*

- Q. Switch principal.
- R. Luz indicadora encendido general.
- U. Switch para el desagüe del agua.
- W. Luz indicadora encendido fuente DC.
- X. Selector de 3 velocidades.
- S. Switch llenado de agua filtrada.
- T. Switch ozonizado del agua.
- V. Switch encendido fuente DC.



## **6.2.- Instalación de la máquina.**

### **6.2.1.- Ubicación.**

Se recomienda colocar la máquina sobre una superficie plana, firme y nivelada donde la máquina no quede expuesta a vibraciones producto de ruidos o funcionamiento de otras máquinas para no afectar el proceso de centrifugado. Como precaución, la máquina posee 8 patas de fieltro grueso auto-ajustables que le permite absorber vibraciones.

### **6.2.2.- Instalación a la fuente de agua.**

La máquina cuenta con dos opciones para surtir de agua al sistema. La primera consiste en un llenado manual vertiendo directamente a la olla el agua. La segunda opción implica realizar lo que se describe en el resto de éste párrafo. La alimentación de agua debe hacerse mediante llaves estándar con rosca. La máquina sólo con agua a la temperatura del agua de grifo. **NO** está diseñada para trabajar con agua caliente. El filtro de carbón activado trabaja con una presión máxima de 827 kPa o 120 psi. Mientras que las válvulas solenoide trabajan con una presión máxima de 500 kPa o 72 psi, las cuales son las partes de la máquina expuestas a cambios de presión provenientes del agua de alimentación. A una menor presión sólo se afecta el tiempo de llenado de la máquina.

### **6.2.3.- Desagüe.**

Para el agua del desagüe se requiere de una tubería con un diámetro interno mínimo de 2,6 cm. **NO** se recomienda que la manguera de desagüe de la máquina se encuentre a una altura superior a la de la olla de aluminio, ya que esto puede afectar el proceso de extracción del agua ya usada en el lavado hasta el punto de detenerse por completo. El sistema de desagüe posee una válvula solenoide que impide que el agua de la olla circule libremente por las mangueras si no se encuentra activa la función de desagüe, lo cual impide fugas indeseadas.

*NOTA: La máquina puede trabajar sin estar conectada a una toma de aguas blancas, para ello se debe agregar con un recipiente agua filtrada ó potable directamente en la olla.*

#### **6.2.4.- Conexiones.**

##### **6.2.4.1.- Manguera de llenado de la olla.**

Esta opción se considera si no se decide llenar la olla de manera manual. Antes de conectar la máquina a la toma de agua, se debe abrir la llave de alimentación y dejar fluir el agua durante 15 segundos o más, esto con el fin de utilizar agua con la menor cantidad de impurezas posible, las cuales contribuyen a obstruir a posteriori el sistema. Luego debe instalarse la conexión de la manguera a la toma de agua, para lo cual es conveniente tener la llave de agua cerrada. Se debe asegurar que las conexiones estén lo suficientemente ajustadas entre sí para evitar fugas posteriores de agua, para lo cual se aconseja utilizar teflón en el acoplamiento.

Un método más sencillo consiste en lo siguiente: antes de realizar las conexiones se remueve de la manguera la conexión aflojando para ello la abrazadera y luego se tira de la manguera hasta zafarla, luego se enrosca en la toma de agua el conector asegurándose que quede bien ajustado y se procede después a colocarle la manguera y a ajustar la abrazadera que sujeta la manguera. Se recomienda utilizar mangueras sin imperfecciones.

*NOTA: La rosca de la manguera posee un filtro interno el cual recoge las impurezas físicas que habitualmente contiene el agua de la fuente utilizada. Bajo la condición de uso continuo de la máquina, se aconseja limpiar este filtro una vez al mes.*

##### **6.2.4.2.- Manguera de desagüe.**

Se debe introducir la manguera junto con el conector del tubo de desagüe dentro del tubo de drenaje cercano y luego debe asegurarse la conexión utilizando un *tirrá* o una cinta aislante. No se requiere de un ajuste hermético, el agua saldrá con poca presión y circulará sin problemas.

#### **6.2.4.3.- Conexión con la toma de corriente.**

Se debe asegurar de que la máquina esté apagada al conectar el enchufe al tomacorriente, **NO** debe activarse ningún switch mientras se conecta el enchufe.

*NOTA: La máquina no requiere conexión a tierra.*

#### **6.2.4.4.- Verificación de la instalación.**

Se debe constatar que la nivelación la máquina se encuentre firmemente apoyada y nivelada. **NO** debe utilizarse la máquina si presenta algún desnivel. Luego debe abrirse la llave de agua, después se enciende la máquina, luego se llena un poco la olla y después se extrae esa agua de la olla por medio del desagüe usando los switches correspondientes. Debe verificarse que no existan fugas en las mangueras.

Posteriormente se activa el proceso de centrifugado utilizando de preferencia la velocidad más alta con el fin de observar si las vibraciones de la máquina ocasionan ruidos molestos o extraños (debe asegurarse que la tapa este cerrada, para lo cual se disponen de los broches). Se debe constatar que las puertillas de la máquina están cerradas utilizando para ello el cerrojo.

*NOTA: Si no se va a utilizar la máquina por 2 semanas o más se recomienda desconectarla de la toma de corriente y además de desconectarla de la toma de agua si la misma fue realizada.*

#### **6.3.- Uso de la máquina.**

Se colocan los alimentos tratando de mantener entre ellos un espaciamento suficiente para permitir que el agua ozonizada tenga contacto con toda la superficie de cada uno. Una vez colocados los alimentos, se cierra la tapa utilizando los 2 broches que posee la máquina en su parte frontal.

### **6.3.1.- Lista de alimentos probados en la máquina.**

En la fase de evaluación de la misma fueron probados de manera satisfactoria los siguientes alimentos: pera, manzana, guayaba, mango, pimentón, tomate, zanahoria, durazno, berro, perejil, espinaca, céleri, cebolla, lechuga, repollo, moras, uvas. La máquina fue diseñada para lavar frutas y verduras a consumirse crudas. Se puede lavar lechosa y melón pero sin aplicar el centrifugado y retirándole sus respectivas semillas antes de ingresarlas a la máquina. No se diseño para lavar tubérculos como la papa o similares. No se conoce el efecto del lavado en otros alimentos.

### **6.3.2.- Cantidad a ingresar.**

Se recomienda ingresar una cantidad suficiente de forma que el agua de lavado tenga contacto con toda la superficie del alimento y que los alimentos no rebasen la capacidad del colador. Se recomienda lavar frutas y verduras por separado para evitar posibles mezclas de sabores y olores.

### **6.3.3.- Encendido de la máquina.**

Para ello se debe deslizar el switch principal a la posición ON, cuando esa acción se ejecute, inmediatamente se encenderá en el mismo la luz roja indicando que la máquina está lista para operar.

### **6.3.4.- Llenado de agua.**

Según se decida por el método manual o el método de conexión para llenar la olla se debe asegurar que la cantidad de agua necesaria solo debe cubrir completamente a los alimentos. **NO** debe llenarse toda la olla de agua **sólo** hasta cubrir la cesta movable. **NO** se recomienda utilizar el agua de lavado en más de una ocasión. **NO** se aconseja beber el agua utilizada en el lavado.

### **6.3.5.- Llenado automático.**

Se pasa el switch de llenado a la posición ON y se espera que el nivel de agua cubra los alimentos y entonces se pasa el switch a la posición OFF para finalizar el llenado. Si se detiene el llenado de agua antes que el agua cubra

totalmente los alimentos, se repite el proceso anterior hasta que el agua llegue al nivel deseado. Si la cantidad de agua que entró a la olla es demasiada, use la función de desagüe y deténgalo cuando el nivel de agua disminuya al que sea necesario. Si el llenado se hace de forma manual no es necesario usar el panel de control, con un recipiente se agrega agua dentro de la olla hasta cubrir completamente los alimentos a lavar.

#### **6.3.6.- Ozonizado.**

Se pasa el switch de ozonizado a la posición ON, luego se verá a través de la tapa como los alimentos son ozonizados dentro del agua que sale con burbujas las cuales entran en contacto con los alimentos. El tiempo de contacto de los alimentos con el agua ozonizada es de por lo menos 5 minutos. Para finalizar el ozonizado se debe pasar el switch a OFF.

#### **6.3.7.- Desagüe.**

Para ello se pasa el switch de desagüe a la posición ON y se observará como el agua es expulsada de la máquina a través de la manguera de desagüe, cuando aprecie que se ha evacuado el agua de la olla se procede a pasar el Switch a la posición OFF para detener la operación.

#### **6.3.8.- Proceso de Centrifugado.**

El proceso de centrifugado se emplea para separar partículas extrañas que se encuentren adheridas a los alimentos y para reducir al mínimo el agua de lavado que quede en su superficie una vez desalojada ésta de la olla. Para lograr eso se debe proceder de la siguiente manera:

- 1) Se pasa el switch de la fuente de poder a la posición ON, hecho esto se encenderá la luz verde indicando que la máquina está lista para usar la centrifuga.
- 2) Se gira en sentido horario el selector de velocidad deteniéndose cuando se posicione en la primera velocidad, si se juzga que se requiere mayor velocidad para el proceso, entonces se coloca la perilla en la segunda o tercera velocidad.

- 3) Para detener el proceso de centrifugado se pasa el switch de la fuente de poder a la posición OFF o si se prefiere se gira el selector de velocidad a cualquiera de sus extremos y de esa forma el proceso se detendrá instantáneamente.
- 4) Se recomienda para verduras de hojas como la lechuga utilizar sólo la primera velocidad de centrifugado y no introducirlos con su tallo.
- 5) Se recomienda un tiempo de centrifugado de entre 30 segundos a 1 minuto.

*NOTA: Si el centrifugado no se aplica hay que asegurarse de tener bien cerrada la tapa con el uso de los broches de seguridad.*

#### **6.3.9.- Apagado de la máquina.**

Debe pasarse el switch principal a la posición OFF, con lo cual se apagarán las luces piloto. Luego se devuelven el resto de los Switches a la posición OFF y se gira el selector de velocidad a la izquierda hasta que calce en su tope.

#### **6.3.10.- Extracción de los alimentos.**

Para ello se procede a abrir la tapa quitando los 2 broches de seguridad, luego haciendo uso de las agarraderas que posee en los costados se levanta hacia arriba la cesta, basta para ello utilizar 2 de las 4 asas que posee la cesta, para un mejor agarre se debe procurar de que ambas asas sean opuestas entre ellas.

*NOTA: **NO** se recomienda dejar los alimentos dentro de la máquina un tiempo prolongado después de culminar los procesos anteriores para prevenir que el alimento se vuelva a contaminar ya que el mismo debe ser consumido a la brevedad posible luego de ser lavado.*

## **6.4.- Limpieza y mantenimiento de la máquina.**

### **6.4.1.- Limpieza.**

#### **6.4.1.1.- Limpieza de la canasta.**

Se puede lavar la cesta con agua y jabón, luego se debe secar y volver a colocar dentro de la máquina. Se recomienda no introducir la canasta mojada.

#### **6.4.1.2.- Limpieza de la olla.**

Basta pasar por su superficie un paño humedecido sólo con agua. Se recomienda no utilizar detergente.

#### **6.4.1.3.- Limpieza de la cubierta externa de acrílico.**

Basta pasar por su superficie un paño humedecido con un detergente neutro.

### **6.4.2.- Mantenimiento.**

#### **6.4.2.1.- Mangueras**

Deben ser reemplazadas cuando se advierta la presencia de suciedades como moho u otras partículas extrañas o cuando se observe agrietamiento, desgaste o fugas.

#### **6.4.2.2.- Filtro de carbón activado.**

Debe ser reemplazado cada 6 meses, suponiendo un uso diario de la máquina. Para ello se debe desconectar el filtro de sus conexiones y se procede a sustituirlo.

#### **6.4.2.3.- Campo de ozono.**

Debe ser sustituido cada 3 años suponiendo uso diario de la máquina. Para ello se debe sacar la cubierta superior externa de la máquina quitando los tornillos, luego se utiliza el espacio que queda entre la olla y la esquina donde está el sistema de ozono para extraer por allí todo el sistema de ozono que consta de un circuito y el campo de ozono, se desajusta la abrazadera que sujeta al campo de ozono y se sustituye por otro de la marca *Ozono Salud*, para las 2 terminales

eléctricas se sugiere utilizar un cautín y estaño. El circuito de ozono tiene una duración aproximada de 80 000 horas.

*NOTA: Si no se cuenta con experiencia en la reparación de artefactos eléctricos, no se recomienda realizar la anterior operación.*

#### **6.4.2.4.- Rodamientos.**

Los rodamientos de la máquina que soportan el eje tienen una vida útil de alrededor de 3100 horas, cuando se note algún sonido o goteo en el área donde están ubicados se recomienda reemplazarlos. Para ello se deben desconectar todas las partes eléctricas, sacar la olla por la parte superior de la máquina, desarmar las partes acopladas a la olla desajustando las tuercas y tornillos, quitar la correa, y ejercer presión sobre el eje para extraer los rodamientos los cuales están instalados por apriete.

#### **6.4.2.5.- Correa.**

La correa se debe cambiar cuando se observen roturas, deshilachamientos ó desgaste. Tiene una vida útil de cerca de 40 000 horas. Para colocar una nueva correa se deben aflojar los tornillos que sujetan el motor y una vez colocada la nueva correa los tornillos se deben apretar hasta tener suficiente tensión entre la correa y las 2 poleas para evitar deslizamientos.

#### **6.4.2.6.- Fuente de poder.**

Tiene una vida útil de cerca de 100 000 horas. Se debe sustituir cuando no se encienda o se denote la presencia de un olor a algún circuito quemado que provenga dentro del aparato. La nueva fuente a instalar debe tener una salida de 12 voltios en corriente directa y una corriente al menos superior a los 5 amperios. Para su reemplazo se deben extraer ambas tapas superiores de la máquina incluida la que contiene los switches de control. Luego se instala la nueva fuente respetando la polaridad de los cables, la cesta debe girar en sentido horario visto desde la parte superior de la cesta.

**6.4.2.7.- Bombas.**

Tienen una garantía de fabricación de 6 meses. Si dejan de funcionar o si se escucha algún ruido extraño cuando el agua circula por ellas, deben sustituirse lo cual se puede realizar a través de las puertillas de las cuales dispone la máquina. La acción de sustitución de las bombas es adecuada para personas con conocimientos en instalación de aparatos similares.

**6.4.2.8.- Switches, selector de velocidades y luces piloto.**

El selector de velocidades tiene una duración aproximada de 500 000 maniobras. Las luces piloto tienen una duración de alrededor de 30 000 horas. Los switches tienen una duración aproximada de 1 500 000 maniobras. Si se cuenta con conocimientos en instalación de equipos similares, deben de sustituirse cuando se aprecien fallas en su funcionamiento o sencillamente cuando se constate que no operen.

**6.4.2.9.- Motor del centrifugado.**

El mismo tiene una garantía de fábrica de funcionamiento óptimo de 6 a 12 meses.

**6.4.2.10.- Cableado eléctrico.**

Tienen una duración de fábrica de al menos 20 años en condiciones normales. Soportan una temperatura máxima de 90 °C y un voltaje máximo de 600 V.

## CONCLUSIONES.

- Se diseñó, construyó y evaluó satisfaciendo el objetivo general planteado una máquina doméstica lavadora de ciertas frutas y verduras a consumirse crudas.
- Las metodologías de diseño aplicadas demostraron ser eficaces para permitir una solución acorde a los objetivos y criterios establecidos.
- Se pudo lograr el objetivo específico de la desinfección según los análisis de laboratorio. Sin embargo, se considera que deben hacerse más análisis para obtener resultados más concluyentes.
- El costo de construcción fue de alrededor de 3500 bs. sin contar los costos de los análisis microbiológicos. En vista de que no existe una máquina similar en el país no se puede argumentar si ese costo resulta excesivo o no ya que no se pueden hacer comparaciones.
- No se aplicó el criterio de adaptarle ruedas a la máquina para facilitar su desplazamiento ya que se consideraron varias cosas: Debido a sus características la máquina debe estar en un lugar fijo, su peso no resultó ser excesivo por lo cual no resulta complicado movilizarla, las ruedas podrían afectar el proceso de llenado y centrifugado causando fugas de agua o alimentos según algunas pruebas preliminares.
- Las partes funcionales instaladas determinaron el tamaño final de la máquina. Tiene un tamaño similar a un horno microondas doméstico como sugirieron algunos estudiantes. Se considera que adaptándole una bomba de succión más pequeña (la instalada es apta para mayores exigencias), eliminando la bomba de desagüe y colocándole un recipiente de lavado con mayor altura y menor diámetro, colocándole un motor más pequeño que no necesite la fuente de poder, colocando en el exterior el filtro de

carbón activado y construyendo un generador de ozono más pequeño se disminuirán sus dimensiones y costo. Se trabajó en función de limitantes técnicas y económicas.

- Se construyó la máquina utilizando la tecnología nacional disponible.
- Se cumplieron los objetivos de un fácil y cómodo uso por parte del usuario ya que el mismo sólo debe accionar de manera sencilla pocos interruptores en el panel de control.
- Las dimensiones de la máquina son similares a las de una de las máquinas comerciales analizadas en el capítulo 3. Con el peso si hay diferencias debido a componentes como las bombas y el filtro de carbón activado.
- Se pensó en principio en utilizar un motor de exprimidor de jugos pero se descartó su uso porque usa corriente alterna y no se pueden regular sus velocidades porque usa polos y no le sirven resistencias.

## **RECOMENDACIONES.**

- Rediseñar la máquina para implementarle dispositivos automatizados como podría ser un controlador PLC, que controle las funciones como el llenado del agua, el tiempo de lavado, el desagüe y otros similares.
- Verificar la factibilidad de construir un generador de ozono con una eficiencia mayor al acoplado en la máquina.
- Verificar la posibilidad de colocar en el panel de control una pantalla que le indique al operador que función se está ejecutando y cuánto tiempo se demora.
- Colocar un timbre u otro aparato emisor de sonido que le indique al operador que la máquina ha terminado su trabajo
- Mejorar el sistema de desagüe del agua de lavado de forma de que no queden residuos de la misma.
- Realizar un estudio de mercado en búsqueda de determinar una medida más realista de la aceptación en el público de la máquina.
- Rediseñar la máquina con el fin de reducir sus dimensiones, peso y costo.
- Realizar las pruebas y estudios necesarios para modificar la máquina para poder lavar en la misma otros alimentos como pescados, quesos, carnes, jamón y tubérculos.
- En alguna asignatura, asignar la construcción de elementos de máquinas sencillos que permitan al estudiante obtener el aprendizaje práctico del procedimiento ajuste por apriete de elementos como rodamientos y similares a otros como ejes y similares.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- [1] Jay, J. (2005). *Modern Food Microbiology*. Estados Unidos de América (USA): Food Science Text Series.
- [2] Food and Drugs Administration (FDA). (2010). *Foodborne illness causing organism in the E.E.U.U.* USA.
- [3] Wikipedia. (2011). [On-line]. Disponible en: <http://www.wikipedia.org>.
- [4] Doyle, M. (2007). *Food Microbiology, fundamentals and frontiers*. USA: ASM Press.
- [5] Instituto Nacional de Nutrición. (2006). *Buenos hábitos de consumo de vegetales*. Caracas, Venezuela: Moreno, N.
- [6] Frazier W. (1988). *Food Microbiology* (3<sup>a</sup> ed.). USA: Mc Graw-Hill.
- [7] Ray, B. (2004). *Fundamental Food Microbiology*. USA: CRC Press Editorial.
- [8] Narang, S. (2004). *Food Microbiology*. USA: A.P.H. Publishing Corporation.
- [9] Ministerio del Poder Popular Para la Salud. (2009). *Estadísticas de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA)*. Caracas, Venezuela.
- [10] Universidad de la República Oriental del Uruguay. (2005). *Métodos para desinfección de frutas y hortalizas*. Uruguay: Garmendia, G.
- [11] Instituto Nacional de Estadística. (2010). *Consumo de alimentos*. Caracas, Venezuela.

- [12] Milani, R. (1997). *Diseño para nuestra realidad*. Caracas, Venezuela: Limusa.
- [13] Cross, N. (2001). *Estrategias para el diseño de productos*. México: Limusa.
- [14] Tablante, O. (1988). *El proceso de investigación y desarrollo en el diseño de equipos, productos y máquinas*. Trabajo de Ascenso no publicado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [15] Rojas, M. y Vera, R. (2011). *Aplicación de las técnicas del Diseño Conceptual para el desarrollo de un bien de consumo*. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- [16] Amazon. (2011). [On-line]. Disponible en: <http://www.amazon.com>.
- [17] Freepatentsonline. (2011). [On-line]. <http://www.freepatentsonline.com>.
- [18] Centro de Enseñanza Técnica Industrial. (2009). *Mejora de un generador de ozono para purificación de agua potable*. México: Beutelspacher, E.
- [19] Norton, R. (2005). *Diseño de Máquinas*, (4<sup>a</sup> ed.). México: Prentice-Hall.
- [20] Tabó, M. y Tonini, M. (2001). *Correas planas y en V*. Serie de monografías de Elementos de Máquinas. Universidad de Salamanca. España.
- [21] Shigley, J. y Mischke, C. (2002). *Diseño en Ingeniería Mecánica*, (6<sup>a</sup> ed.). México: Mc Graw-Hill.
- [22] Serway, R. (1997). *Electricidad y magnetismo*, (3<sup>a</sup> ed.). México: Mc Graw-Hill.
- [23] Catálogo SKF. (2012). [On-line]. Disponible en: <http://www.skf.com>.

[24] Beer, F. y Johnston, E. (2004). *Mecánica de Materiales*, (3<sup>a</sup> ed.). México: McGraw-Hill.

[25] Spotts, M. (2003). *Proyecto de elementos de máquinas*, (2<sup>a</sup> ed.). España: Reverté.

[26] Centro de Enseñanza Técnica Industrial (2009). *Mejora de un generador de ozono para purificación de agua potable*. México.

[27] Shames, I. (1995). *Mecánica de Fluidos*, (2<sup>a</sup> ed.). México: Mc Graw-Hill.

[28] Fondonorma. (2004). *Código eléctrico nacional*. Caracas.

## ANEXOS.

### ANEXO 1. Glosario de términos.

**Bacterias [3]:** microorganismos unicelulares que presentan un tamaño muy reducido y diversas. No poseen núcleo celular definido. Son los organismos más abundantes del planeta.

**Coliformes [3]:** Especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

**Espora [3]:** Célula reproductora que transporta materiales genéticos de los hongos.

**Fusible [3]:** Dispositivo que se coloca en una instalación una instalación eléctrica cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación.

**Fruta [3]:** Frutos comestibles obtenidos de plantas cultivadas o silvestres como las herbáceas o las leñosas (árboles) que poseen un sabor generalmente dulce-acidulado, y un aroma intenso.

**Hongos [3]:** Los hongos son un reino de seres vivos unicelulares o pluricelulares que no forman tejidos y cuyas células se agrupan formando un cuerpo filamentosos muy ramificado.

**Hortaliza [3]:** Conjunto de plantas cultivadas generalmente en huertas o regadíos, que se consumen como alimento, ya sea de forma cruda o cocida, y que incluye a las verduras y a las legumbres verdes.

**Legumbre [3]:** Es un tipo de fruto seco, también llamado comúnmente vaina. Constituyen un grupo de alimentos muy homogéneo, formado por los frutos secos de las leguminosas.

**Leguminosa [3]:** Incluye plantas caracterizadas por producir frutos en forma de vainas dentro de las cuales se encuentran las semillas.

**Levaduras [3]:** Hongos microscópicos unicelulares importantes por su capacidad para realizar la descomposición mediante fermentación de diversos cuerpos orgánicos.

**Microbio, microorganismo [3]:** Ser vivo que sólo puede visualizarse con el microscopio.

**Microbiología de los alimentos [3]:** Ciencia que estudia los microorganismos que deterioran los alimentos.

**Mohos [3]:** Hongo que se encuentra tanto al aire libre como en interiores. Crecen mejor en condiciones cálidas y húmedas; se reproducen y propagan mediante esporas.

**Patógeno [3]:** Entidad biológica capaz de producir enfermedades o daños a la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predispuesto.

**pH [3]:** Medida de la acidez o alcalinidad de una solución.

**Propiedades organolépticas [3]:** Conjunto de descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir nuestros sentidos, por ejemplo su sabor, textura, olor, color.

**Polietileno [3]:** Es uno de los plásticos más comunes, debido a su alta producción mundial y a su bajo precio. Es químicamente inerte.

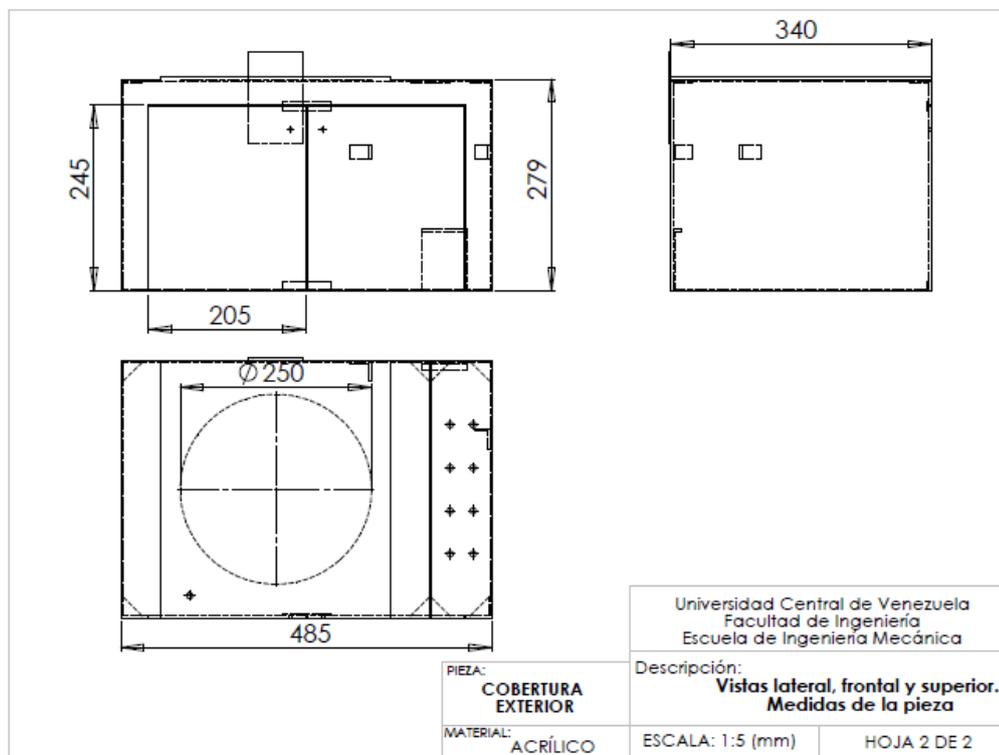
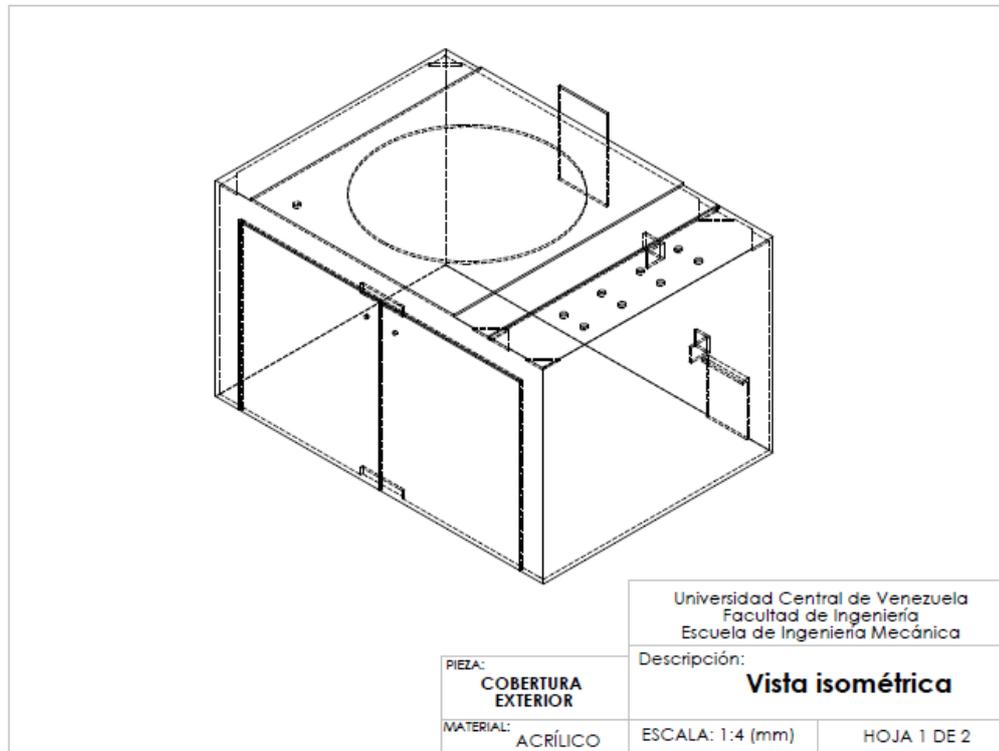
**Vegetales [3]:** Alimentos que proceden de seres vivos que crecen pero no mudan de lugar por impulso voluntario.

**Verduras [3]:** Hortalizas en las que la parte comestible está constituida por sus órganos verdes (hojas, tallos), así como por sus frutos.

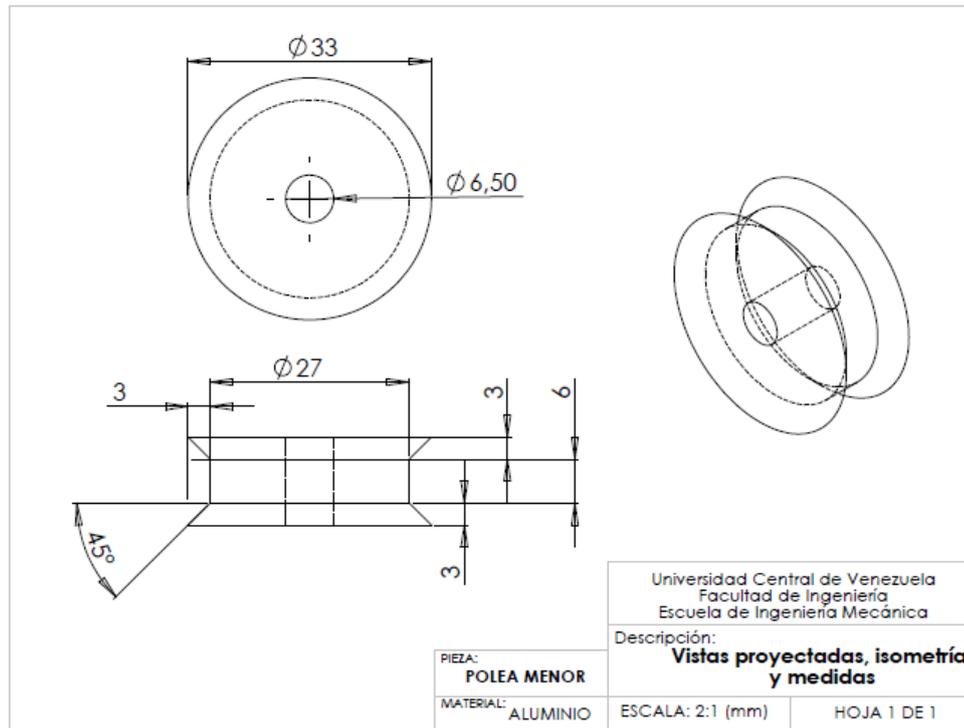
**Virus [3]:** Entidad infecciosa microscópica que sólo puede multiplicarse dentro de las células de otros organismos pluricelulares o unicelulares.

**ANEXO 2. Planos de piezas manufacturadas o adaptadas.**

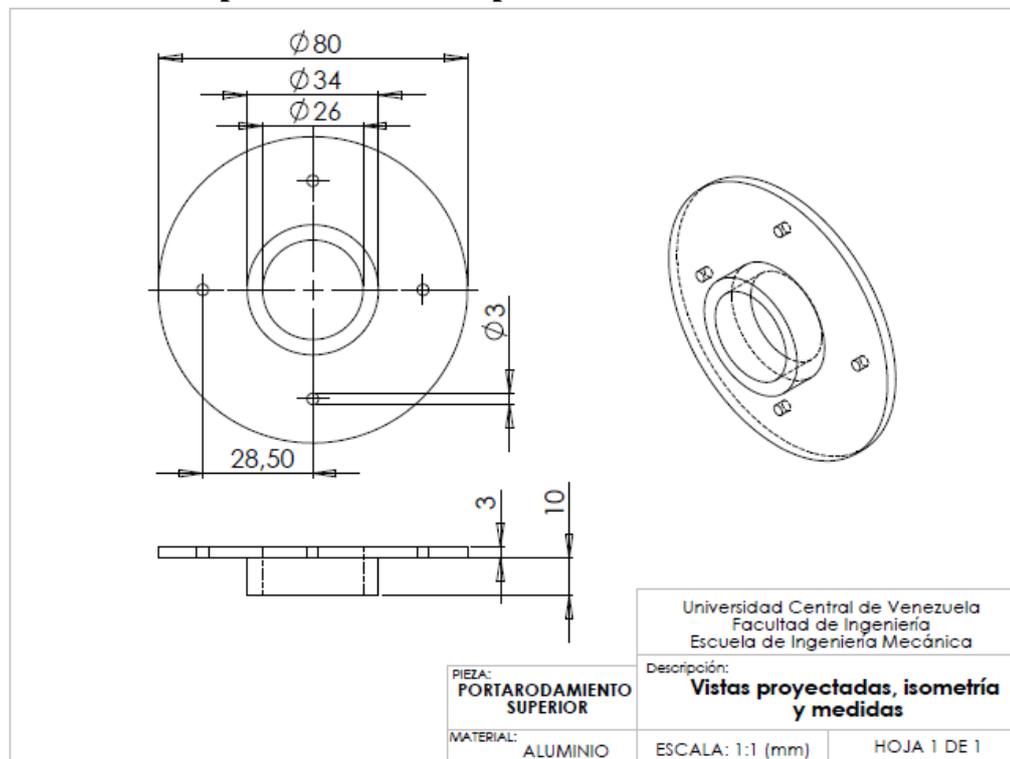
**Anexo 2.1. Planos cobertura exterior.**



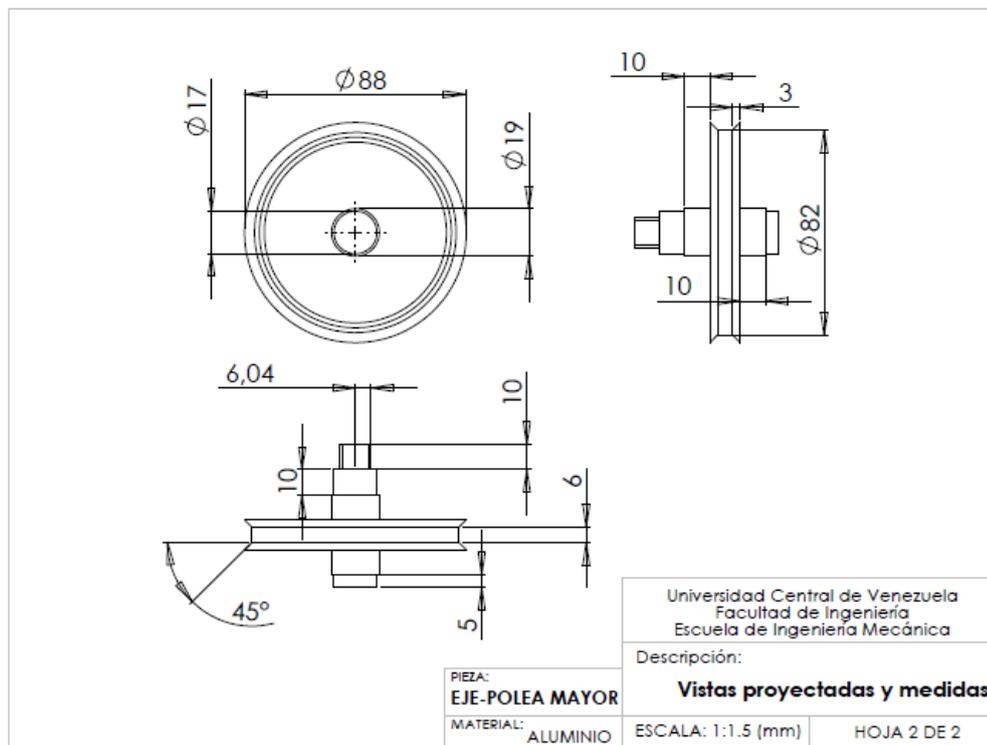
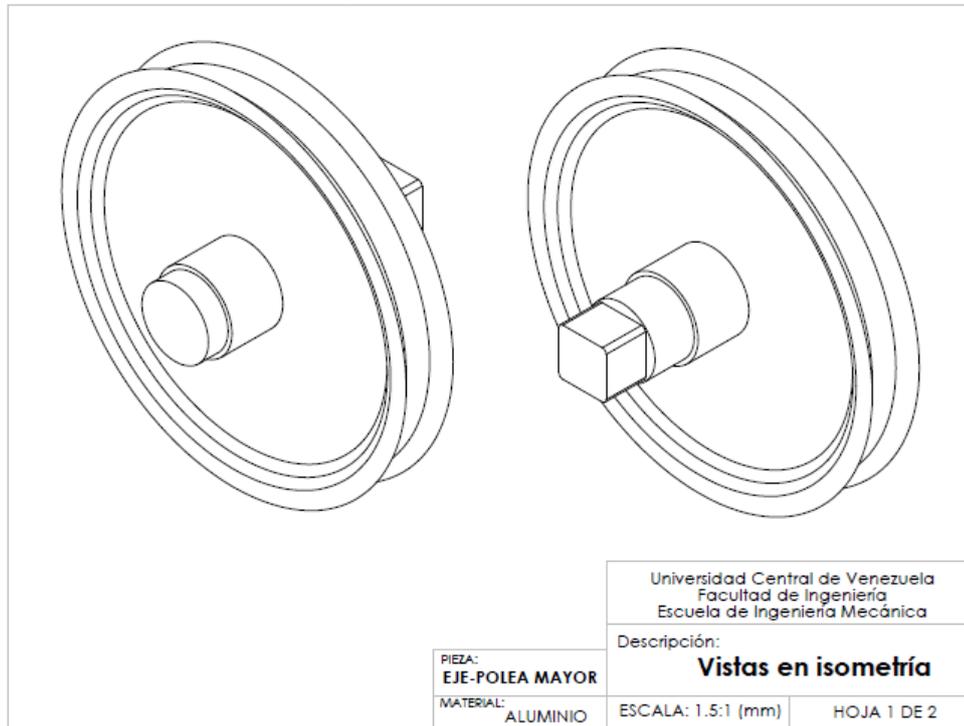
## Anexo 2.2. Plano polea menor.



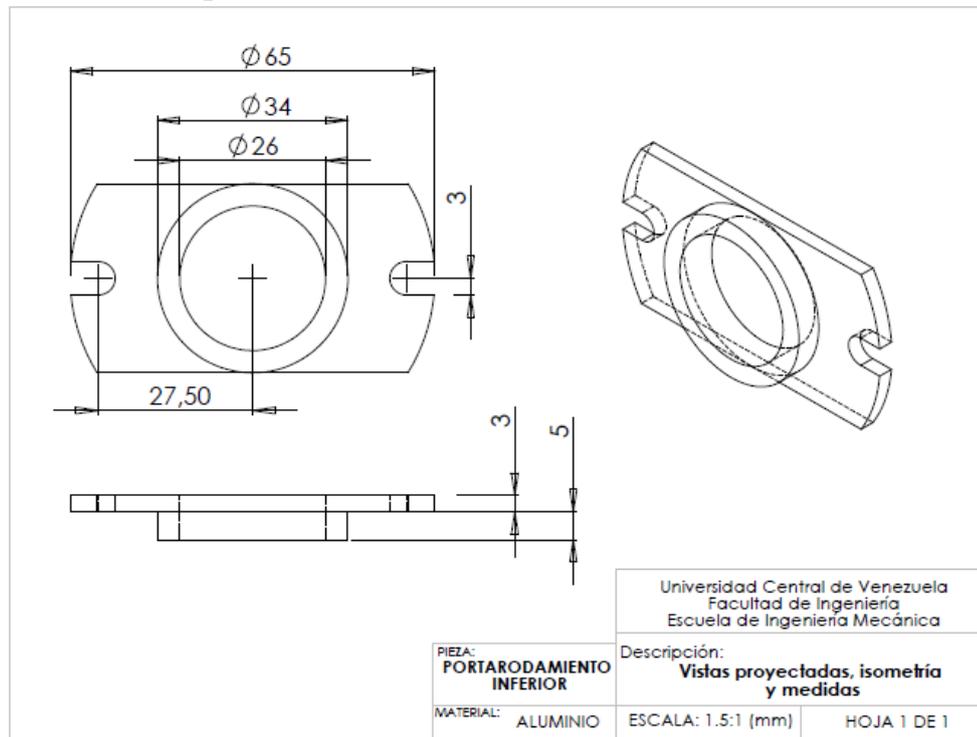
## Anexo 2.3. Plano portarodamiento superior.



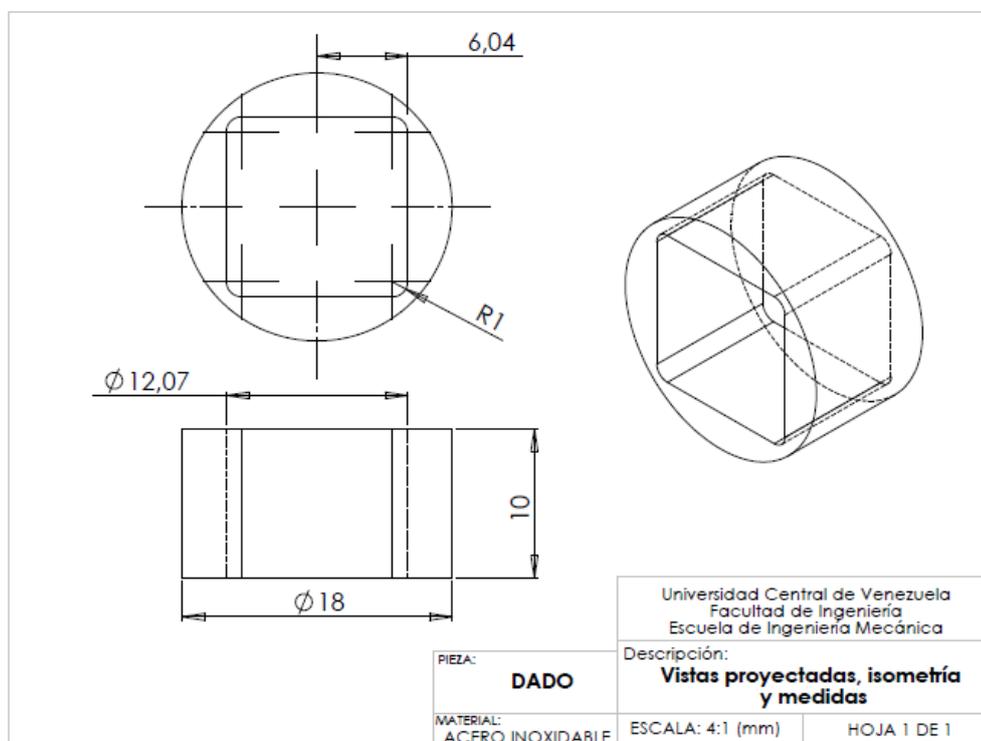
## Anexo 2.4. Planos pieza eje-polea mayor.



## Anexo 2.5. Plano portarodamiento inferior.



## Anexo 2.6. Plano del dado.



## ANEXO 3: Encuestas.

## Anexo 3.1. Primer patrón de encuestas realizadas a las amas de casa.

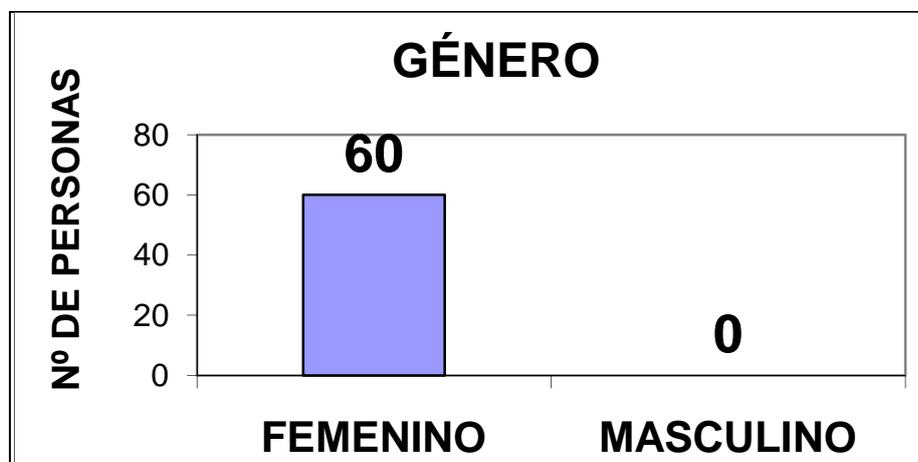
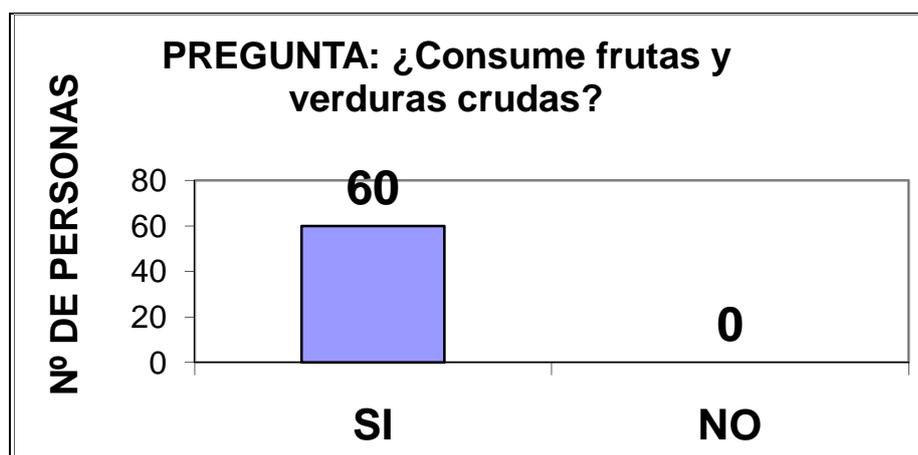
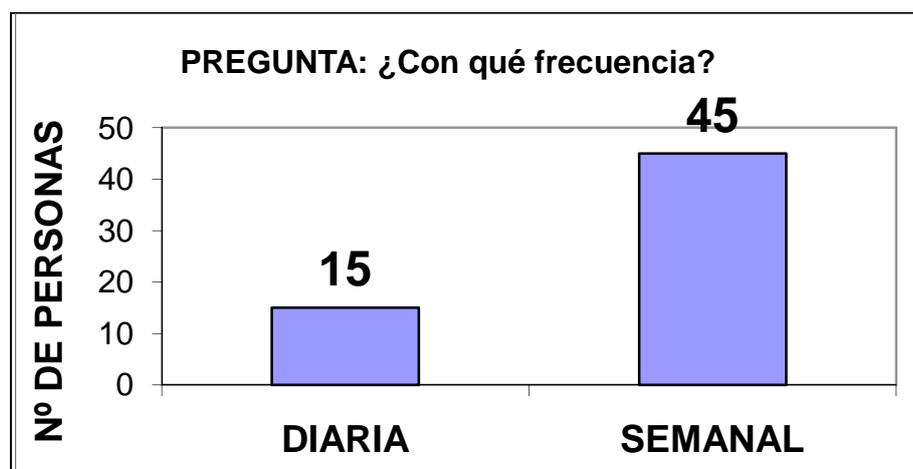
Sexo	M		F				
¿Consume frutas y vegetales crudos?			¿Con qué frecuencia?				
SI		NO		Diaria		Semanal	
¿En qué forma suele consumir crudas las frutas y verduras que consume regularmente?							
Ensalada		Jugo		Individual			
¿Cómo lava las frutas y verduras que consume crudas?							
A mano		Con una máquina		Con desinfectantes			
¿Considera necesaria una máquina que lave y desinfecte frutas y verduras?							
		SI		NO			
¿Cuáles características le gustaría que tuviera ese aparato?							
¿Cuál desinfectante utiliza?							
Cloro		Vinagre		Limón		Ninguno	
¿Prepara los alimentos que consume en su hogar?							
		SI		NO			

## Anexo 3.2. Segundo patrón de encuestas realizadas a las amas de casa.

Sexo	M		F				
¿Cuáles de las siguientes frutas y verduras consume crudas?							
Pera		Tomate		Repollo		Melocotón	
Guayaba		Zanahoria		Espinaca		Céleri	
Mango		Pepino		Durazno		Espinaca	
Cambur		Lechosa		Ají		Melón	
Kiwi		Alcachofa		Ajoporro		Piña	
Aguacate		Cebolla		Acelga		Habas	
Nabo		Hierbabuena		Berro		Colinabo	
Mora		Papa		Ocumo		Auyama	
Limón		Calabaza		Limón		Coliflor	
Naranja		Hinojo		Lechuga		Cebollín	
Pimentón		Jengibre		Berenjena		Ñame	
Patilla		Ajo		Brócoli		Plátano	
Chayota		Guanábana		Mandarina		Perejil	
Albahaca		Toronja		Calabacín		Remolacha	
Uva		Pachoy		Vainitas		Manzana	
Ciruela		Apio		Achicora		Parchita	
Coco				Yuca		Cilantro	

**Anexo 3.3: Patrón de tormenta de ideas realizada a estudiantes.**

<b>¿Cuáles características desde tu punto de vista como futuro Ingeniero Mecánico consideras que tuviera la máquina propuesta?</b>
<b>¿Podrías proponer (dibujar) haciendo uso de los conocimientos adquiridos hasta ahora un diseño tentativo del aparato identificando a 'grosso modo' sus partes?</b>

**ANEXO 4. Resultados de las encuestas.****Anexo 4.1. Resultados del primer grupo de preguntas hechas a amas de casa.***Figura A 4.1. Encuesta sobre género de los encuestados.**Figura A 4.2. Encuesta sobre consumo de frutas y verduras.**Figura A 4.3. Encuesta sobre frecuencia de consumo de frutas y verduras.*

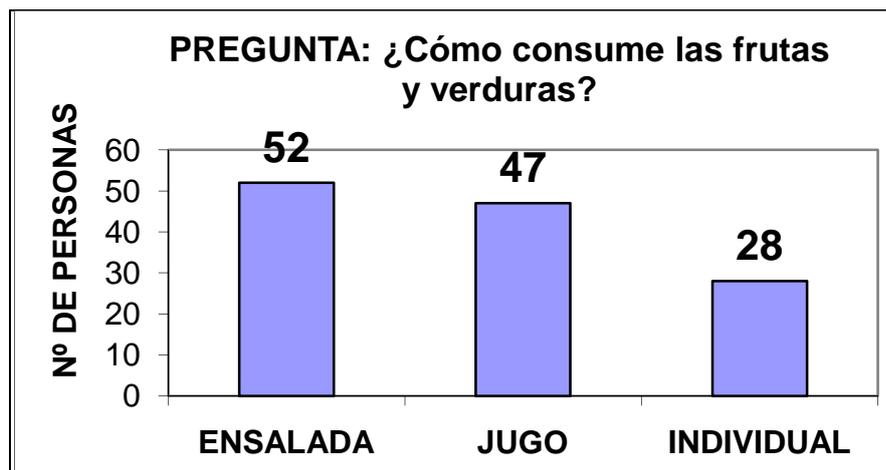


Figura A 4.4. Encuesta sobre forma de consumo de frutas y verduras.

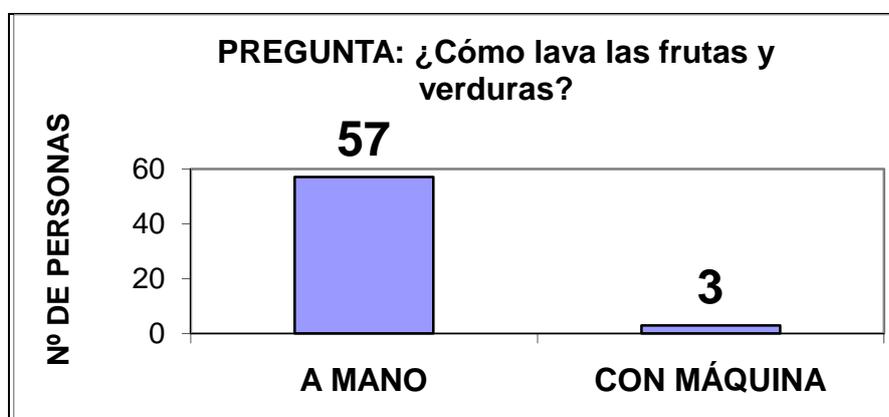


Figura A 4.5. Encuesta sobre forma de lavado de frutas y verduras.

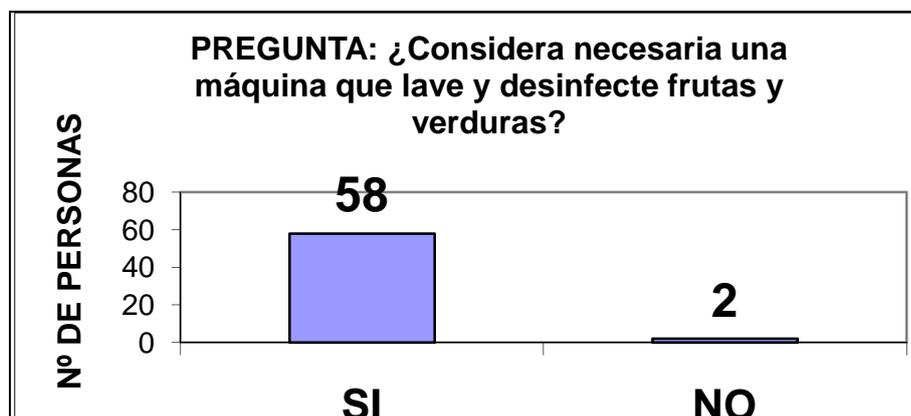


Figura A 4.6. Encuesta sobre necesidad de existencia de la máquina.

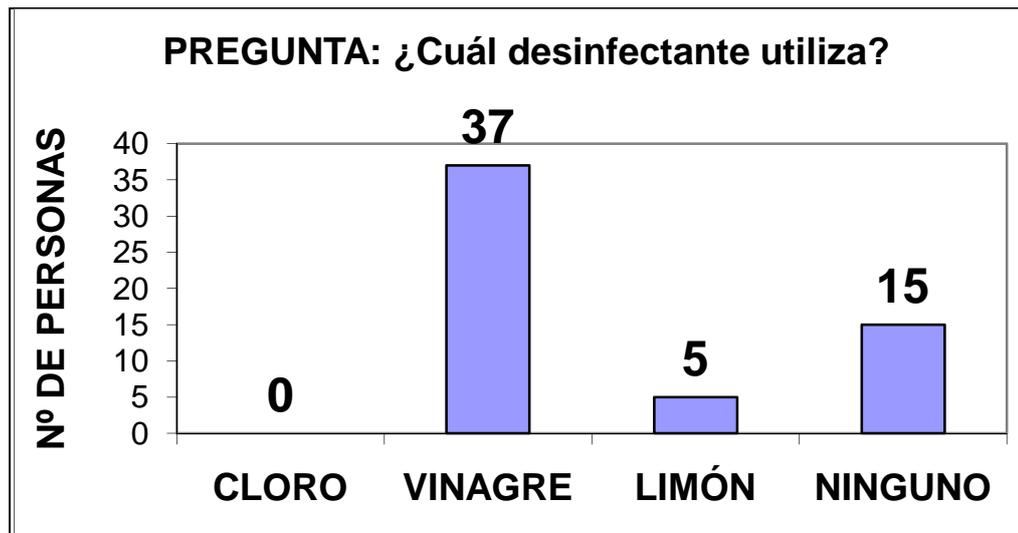


Figura A 4.7. Encuesta sobre desinfectante utilizado.

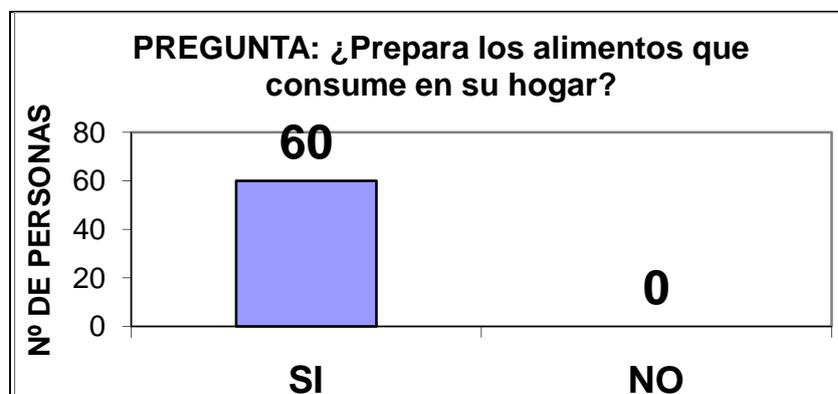


Figura A 4.8. Encuesta sobre preparación casera de los alimentos.

Anexo 4.2. Resultados del segundo grupo de preguntas hechas a amas de casa.

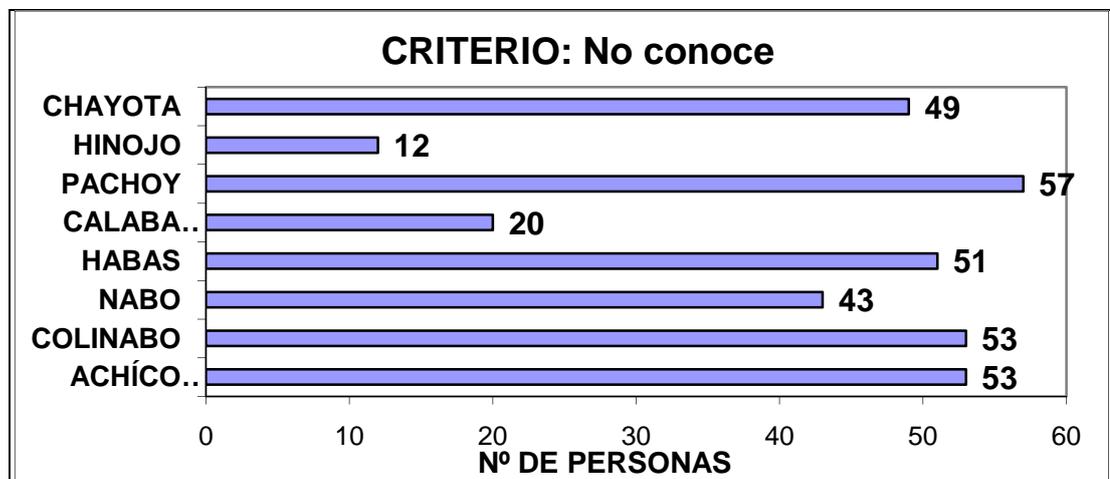


Figura A 4.9. Encuesta sobre frutas y verduras no conocidas.

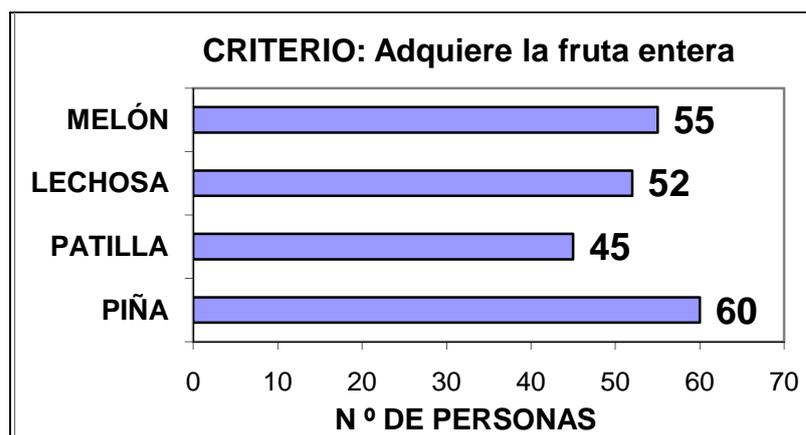


Figura A 4.10. Encuesta sobre frutas adquiridas enteras.

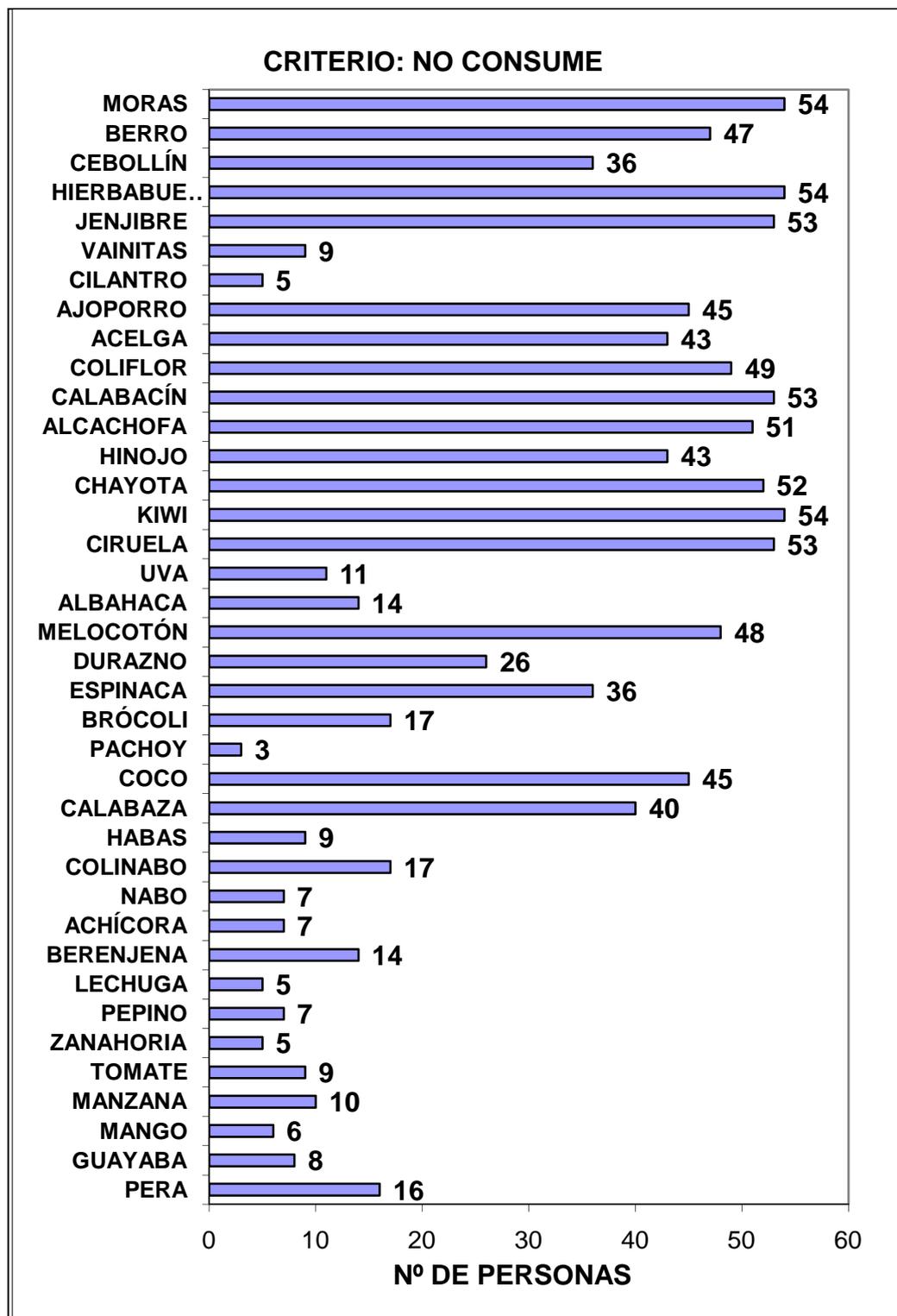


Figura A 4.11. Encuesta sobre frutas y verduras no consumidas.

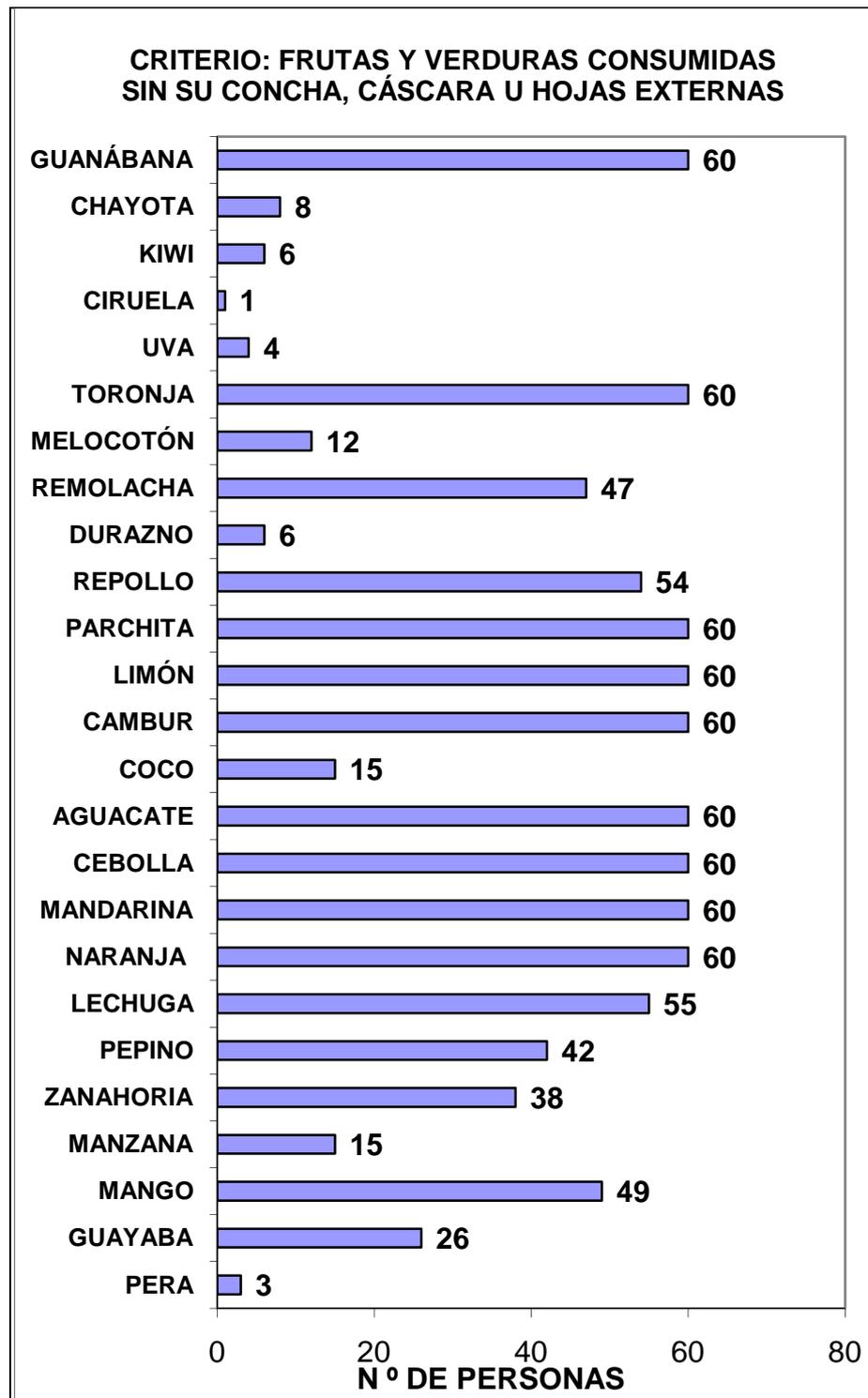


Figura A 4.12. Encuesta sobre frutas y verduras consumidas sin concha u hojas.

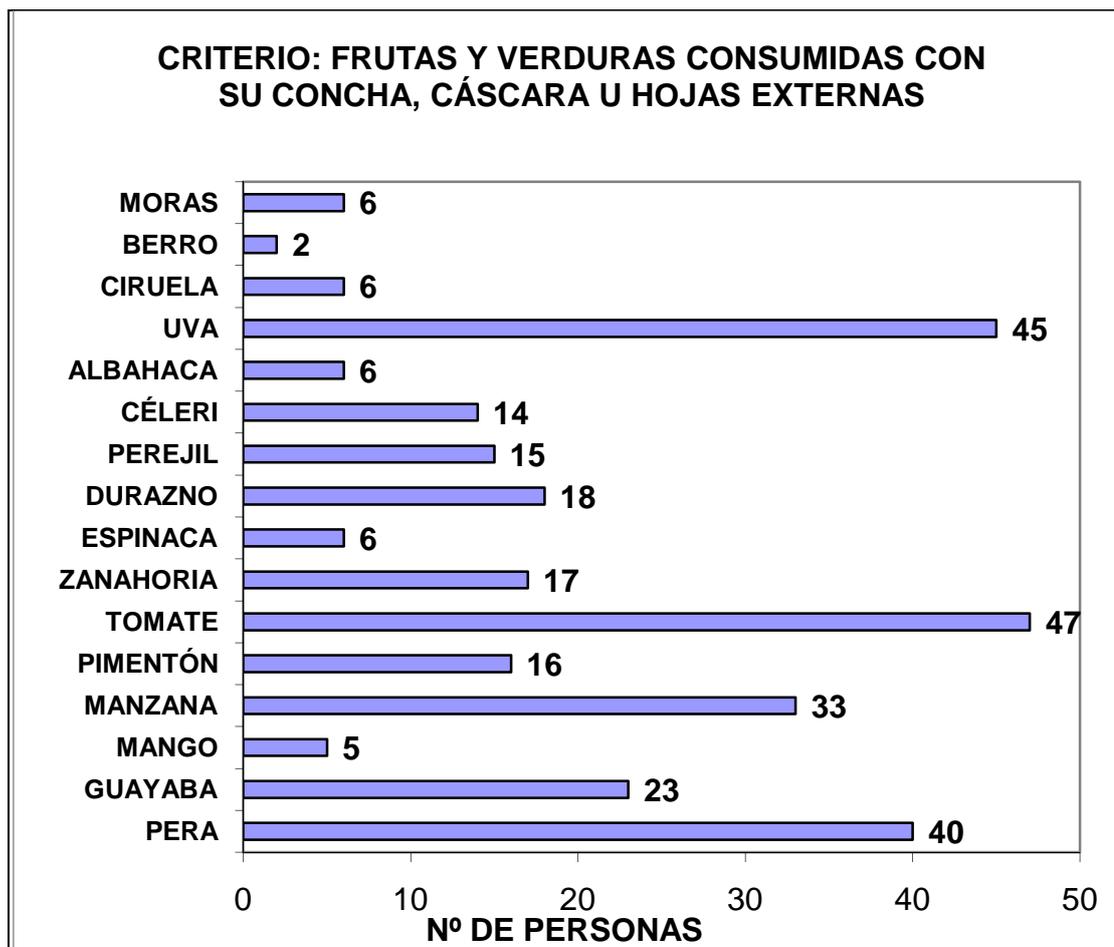


Figura A 4.13. Encuesta sobre frutas y verduras consumidas con concha u hojas.

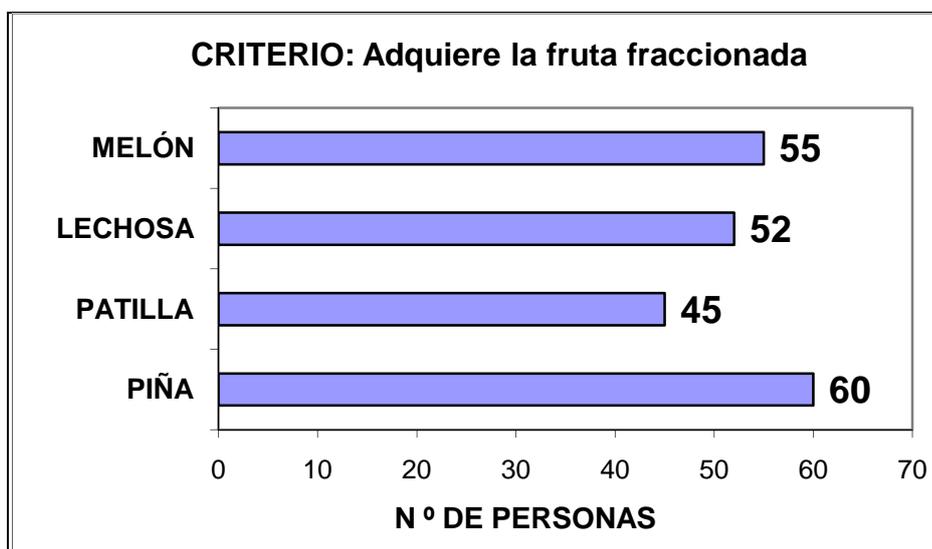


Figura A 4.14. Encuesta sobre frutas adquiridas fraccionadas.

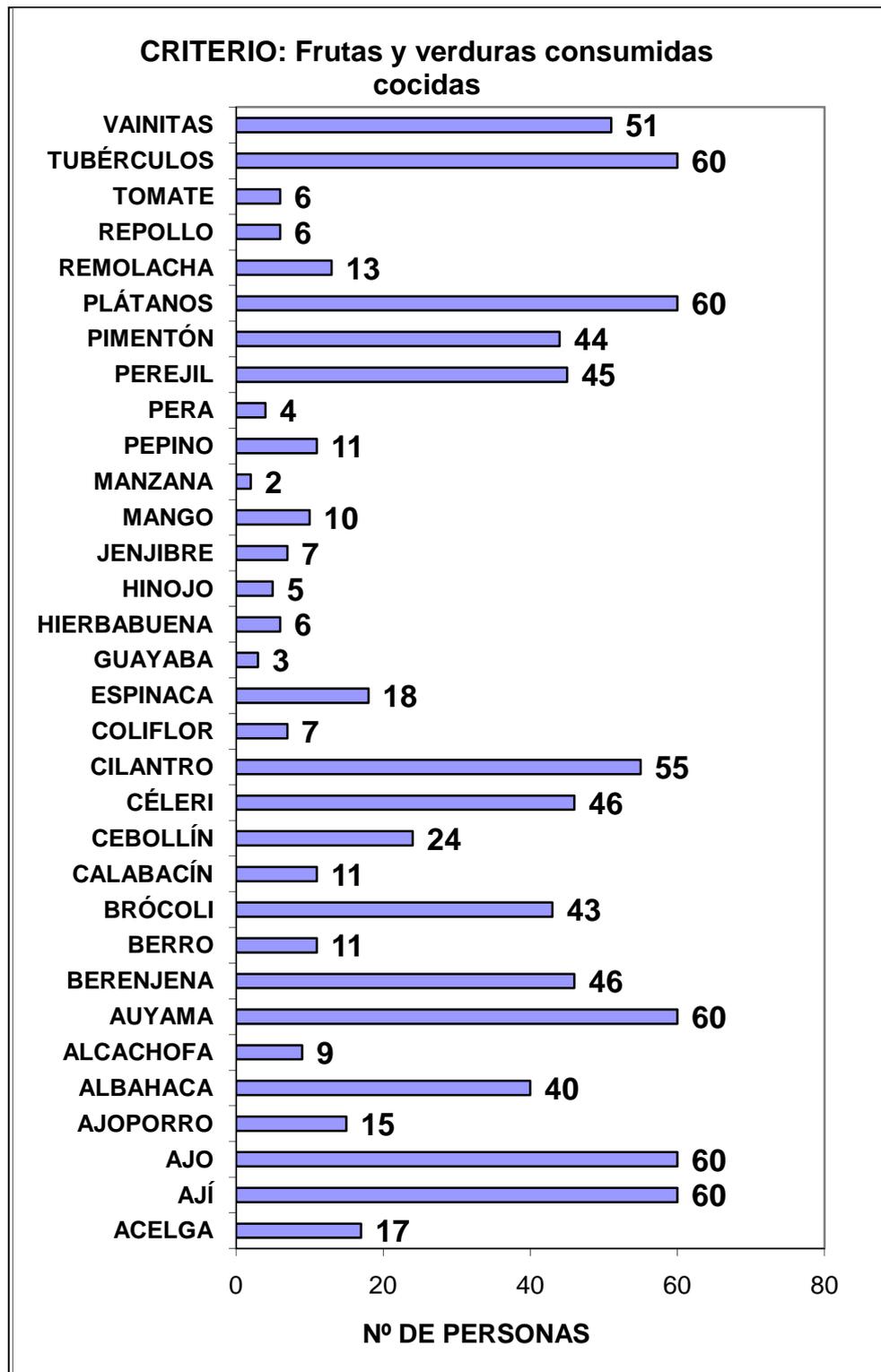


Figura A 4.15. Encuesta sobre frutas y verduras consumidas cocidas.

## ANEXO 5. Fichas de Análisis.

### Anexo 5.1. Fichas de Análisis de las máquinas de venta en el país.

**Marca:** Zyliss      **Modelo:** Easy Spin Salad Spinner      **Precio:** Bs. 241

**Características:** Consta de una cesta agujerada de color verde, donde se colocan los vegetales, esta cesta verde está contenida en una cesta plástica de mayor tamaño, ambas cestas se cubren con una tapa que tiene una especie de cuerda en su parte superior que al tirar de ella la cesta agujerada gira escurriendo el agua que quedó en los vegetales al lavarlos con el agua del grifo previamente. En esencia es un escurridor de agua residual que queda en el vegetal o fruta luego de ser lavado. Tiene capacidad de 2 a 3 porciones de vegetales según el vendedor. Tiene un botón para detener el giro de la cesta interior cuando el usuario considere. Es de funcionamiento totalmente manual.



**Marca:** Progressive      **Modelo:** Ratchet Salad Spinner      **Precio:** Bs. 89 y Bs. 85

**Características:** Tiene la misma función del aparato de la ficha anterior, se encontraron dos modelos: uno con capacidad de 2 a 3 porciones y el otro con capacidad de 4 a 6 porciones de vegetales, consta igualmente de una cesta agujerada acoplada internamente a otra cesta transparente plástica como cobertura externa cubiertas ambas con una tapa plástica con una especie de manija que al girarla hace girar la cesta agujerada. La cesta agujerada es de color verde mientras que la tapa es de color blanco. Es de funcionamiento manual igual que la anterior máquina.



### Anexo 5.2. Fichas de Análisis de las máquinas de venta en Estados Unidos.

**Marca:** Cuisine Clean      **Modelo:** Fruit and Vegetable Washer      **Precio:** 160 \$

**Características:** Consiste en una cesta agujerada blanca donde se coloca la fruta o vegetal, contenida dentro de un “armazón” de plástico también de color blanco que tiene en su parte superior un panel de control de color azul con un botón de encendido/apagado con un temporizador que va de 5 luego a 10 y luego a 15 minutos de tiempo de lavado según estime el usuario. La cesta que contiene a los alimentos gira el tiempo comentado antes como lo hacen las lavadoras de ropa. El sitio donde va la cesta esta cubierto en su parte superior por una tapa plástica transparente. La máquina además de lavar (el agua se le debe colocar a través de un recipiente) desinfecta utilizando ozono disuelto en al agua (no especifica cuanto ozono utiliza) de lavado por medio de un sistema de tuberías y bombas interno. Ofrece eliminar microorganismos patógenos. Pesa 11.6 libras, mide 17 pulgadas de largo, 12 pulgadas de altura, tiene una potencia de 100 W y un voltaje de 110 A.



**Marca:** Tersano lotus      **Modelo:** LBU 100 Sanitizing System      **Precio:** 199 \$

**Características:** Utiliza ozono como desinfectante. Posee un spray el cual se llena con agua ozonizada de la cesta y se usa para limpiar utensilios de cocina. Dispone de una cesta plástica transparente con una tapa azul agujerada que está acoplada a una base de plástico temporizador que indica el tiempo necesario de lavado. La cesta se llena con el agua del grifo, se coloca en la base donde está el generador de ozono y demás partes funcionales de la máquina para luego ser ozonizada. No se especifica la cantidad de ozono utilizado. Pesa 16 onzas, tiene 14.8 pulgadas de largo, 13.4 pulgadas de ancho y 12.9 pulgadas de alto.

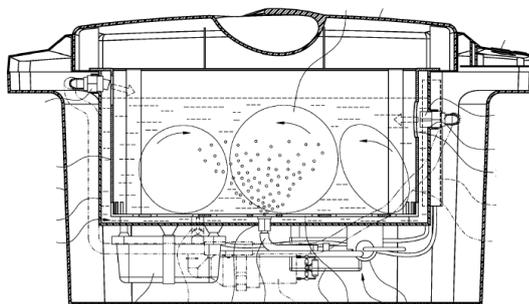


### Anexo 5.3. Fichas de Análisis de las patentes internacionales.

**Patente:** US 2010/0262869

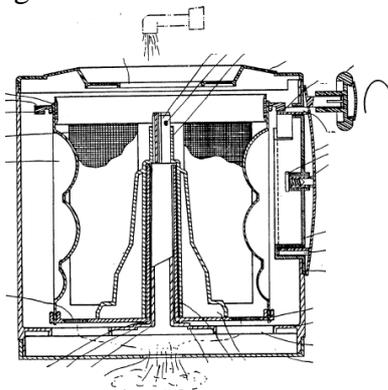
**Nombre:** Simple and Ozone Vegetable Washing Machine

**Características:** Consta de tres envases contenido uno en el otro, el más pequeño contiene a las frutas y vegetales, el de tamaño intermedio contiene en su parte inferior las bombas y tuberías así como el panel de control de encendido/apagado de la máquina y el más grande actúa como cobertura externa, los tres envases se cubren en su parte superior con una tapa plástica transparente del mismo material de los envases. Utiliza ozono disuelto en el agua de lavado para desinfectar a través de burbujas. No brinda detalles acerca de cómo se ozoniza concretamente el agua, ni detalles del peso, voltaje y potencia de la máquina. Patente del año 2010.



**Patente:** US 5184544 **Nombre:** Device for cleaning vegetable, rice and the like

**Características:** Es un aparato de funcionamiento manual que consta de múltiples partes, la mayoría de plástico. Posee una manija para hacer girar la cesta donde están los alimentos y así poder escurrir el agua de lavado. Se comenta que a 600 rpm en una máquina motorizada debe girar la cesta que contenga a los vegetales para escurrir el agua residual que contenga el alimento sin dañar el alimento según experimentos. Un valor experimental referencial de velocidad. Se asemeja en funcionamiento a los escurridores vistos anteriormente. Recomienda un tiempo de centrifugado de entre 30 seg. A 1 min. Patente del año 2006.



## ANEXO 6. Datos utilizados en los cálculos de los rodamientos.

### Anexo 6.1. Factores de cálculo para rodamientos rígidos de bolas de una hilera.

$f_0 F_a / C_0$	Juego Normal			Juego C3			Juego C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

valores para interpolar

### Anexo 6.2. Valores requeridos de vida nominal para diferentes máquinas.

Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico	300 ... 3.000
Máquinas usadas intermitentemente o durante cortos períodos de tiempo: máquinas-herramientas eléctricas portátiles, equipos elevadores para talleres, maquinaria para la construcción	3.000 ... 8.000

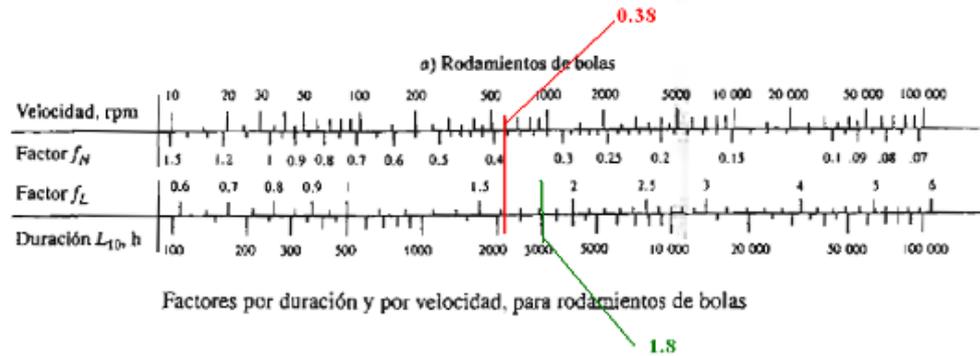
### Anexo 6.3. Valores de referencia del factor de contaminación.

Condición	Factor $\eta_c$ <sup>1)</sup> para rodamientos con un diámetro $d_m < 100$ $d_m \geq 100$ mm	
<b>Limpieza normal</b> Aceite filtrado a través de un filtro fino Condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y con placas de protección	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
<b>Contaminación ligera</b> Contaminación ligera del lubricante	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4

### Anexo 6.4. Datos técnicos del lubricante.

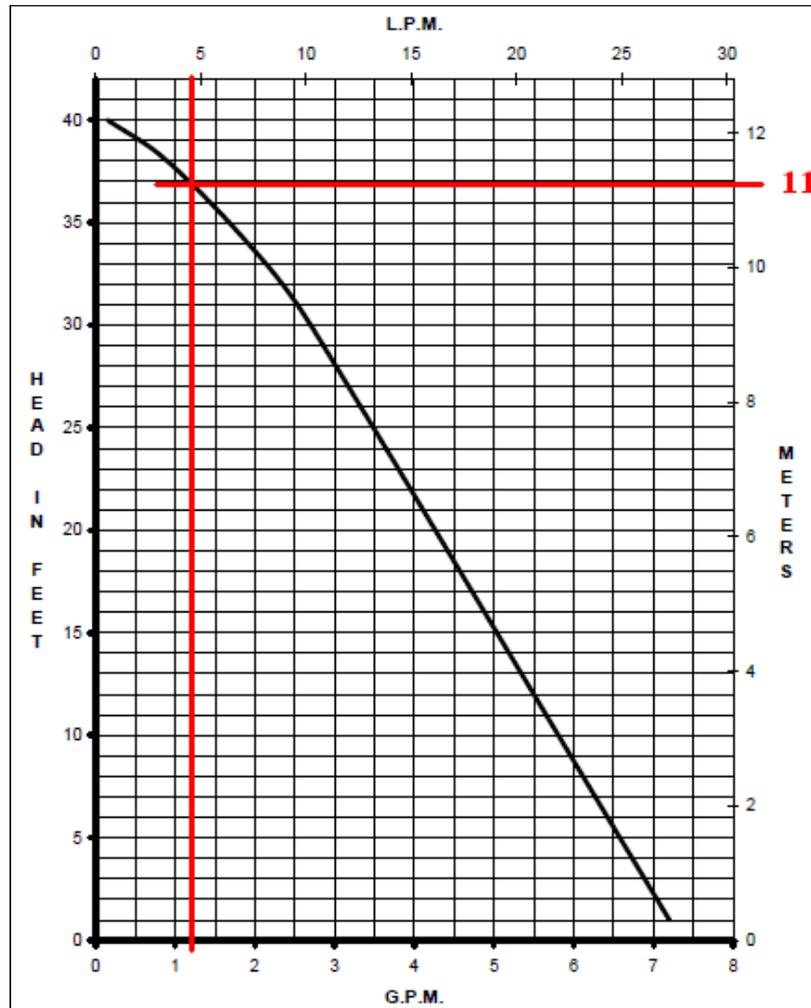
Referencia		Datos técnicos	
Código DIN 51825	LGFP 2/(tamaño envase)	Rango de temperaturas de funcionamiento	-20 a +110 °C (-5 a +230 °F)
Clase de consistencia NLGI	2	Punto de goteo DIN ISO 2176	>250 °C (>480 °F)
Tipo de jabón	complejo de aluminio	Viscosidad del aceite base	
Color	transparente	40 °C, mm <sup>2</sup> /s	130
Tipo de aceite base	blanco médico	100 °C, mm <sup>2</sup> /s	7,3
		Penetración DIN ISO 2137	
		60 golpes, 10 <sup>-1</sup> mm	265-295
		100 000 golpes, 10 <sup>-1</sup> mm	+30 máx.

### Anexo 6.5. Factores por duración y por velocidad para rodamientos de bolas.

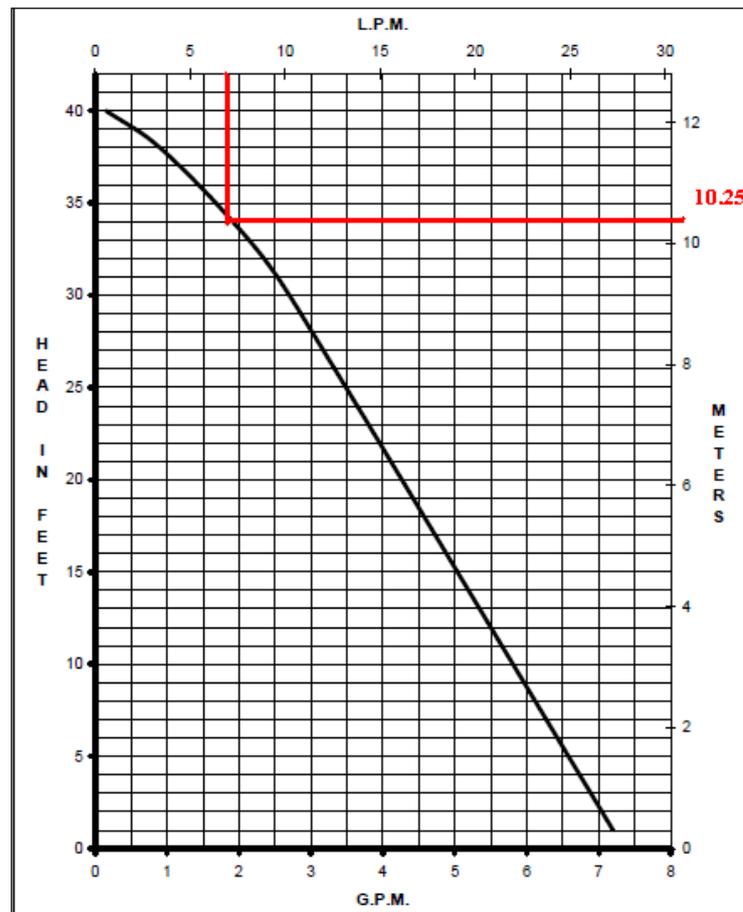


### Anexo 6.6. Par de rozamiento-pérdida de potencia.

Rodamiento	W61803-2Z				
d [mm]	17	v [mm <sup>2</sup> /s]	130	<b>Par de rozamiento rodante</b>	
D [mm]	26	F <sub>r</sub> [N]	0.01265798	Φ <sub>ish</sub> Φ <sub>rs</sub> M <sub>rr</sub> [Nmm]	0.417
d <sub>m</sub> [mm]	21.5	F <sub>a</sub> [N]	0.225	<b>Par de rozamiento deslizante</b>	
n [r/min]	600	μEHL	0.05	M <sub>sl</sub> [Nmm]	0.000325
v [mm <sup>2</sup> /s]	130			<b>Par de rozamiento de las obturaciones</b>	
				M <sub>seal</sub> [Nmm]	0
<b>Par de rozamiento de las pérdidas de energía debidas a la agitación del aceite</b>				<b>Pérdida de potencia</b>	
M <sub>drag</sub> [Nmm]	0			N <sub>R</sub> [W]	0.0262
<b>Par de rozamiento total</b>				<b>Par de arranque</b>	
M [Nmm]	0.417			M <sub>start</sub> [Nmm]	0.00094

**ANEXO 7. Curvas de rendimiento de las bombas.****Anexo 7.1. Curva Q vs. H de la bomba de succión.**

## Anexo 7.2. Curva Q vs. H de la bomba de succión.



**ANEXO 8. Descripción breve del proceso de electroerosión.**

**Electroerosión [3]:** El proceso de fabricación que consiste en la generación de un arco eléctrico entre una pieza y un electrodo en un medio dieléctrico para arrancar partículas de la pieza hasta conseguir reproducir en ella las formas del electrodo.

**Electroerosión por electrodo de forma [3]:** Durante el proceso de electroerosión la pieza y el electrodo se sitúan muy cercanos entre si, dejando un hueco que oscila entre 0,01 y 0,05 mm, por el que circula un líquido dieléctrico (normalmente aceite de baja conductividad). Al aplicar una diferencia de tensión continua y pulsante entre ambos, se crea un campo eléctrico intenso que provoca el paulatino aumento de la temperatura, hasta que el dieléctrico se vaporiza. Al desaparecer el aislamiento del dieléctrico salta la chispa, incrementándose la temperatura hasta los 20.000 °C, vaporizándose una pequeña cantidad de material de la pieza y el electrodo formando una burbuja que hace de puente entre ambas. Al anularse el pulso de la fuente eléctrica, el puente se rompe separando las partículas del metal en forma gaseosa de la superficie original. Estos residuos se solidifican al contacto con el dieléctrico y son finalmente arrastrados por la corriente junto con las partículas del electrodo. Dependiendo de la máquina y ajustes en el proceso, es posible que el ciclo completo se repita miles de veces por segundo. También es posible cambiar la polaridad entre el electrodo y la pieza. El resultado deseado del proceso es la erosión uniforme de la pieza, reproduciendo las formas del electrodo. En el proceso el electrodo se desgasta, por eso es necesario desplazarlo hacia la pieza para mantener el hueco constante.

**Electroerosión por hilos [3]:** Es un proceso mejorado del proceso de electroerosión por electrodo de forma por lo cual es más moderno que el anterior. En el proceso se sustituye el electrodo por un hilo conductor; además, este proceso tiene mejor movilidad. Las tasas de arranque de material con hilo rondan los 350 cm<sup>3</sup>/h.

## ANEXO 9. Resultados de las evaluaciones hechas con las frutas y verduras.

### Anexo 9.1. Evaluación de las frutas escogidas.

FRUTA	CANTIDAD COLOCADA	CANTIDAD COLOCADA DE AGUA	APRECIACIÓN DEL LAVADO	APRECIACIÓN DEL CENTRIFUGADO		
				A 520 rpm	A 580 rpm	A 620 rpm
Pera	4	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta
Manzana	4	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta
Mango	4	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta
Durazno	8	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta
Lechosa	Un trozo picado de tamaño inferior al colador con sus semillas	Hasta cubrirla	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor. Algunas semillas se desprenden pero no traspasan el colador.	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden
Melón	Un trozo picado de tamaño inferior al colador con sus semillas	Hasta cubrirla	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor. Algunas semillas se desprenden pero no traspasan el colador.	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden
Patilla	Un trozo picado de tamaño inferior al colador con sus semillas	Hasta cubrirla	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor. Algunas semillas se desprenden pero no traspasan el colador pero algunas se quedan	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden	Lesiona la parte carnosa y las semillas se desprenden

			incrustadas.			
Mora	6	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta
Uva	Racimo de 16	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta
Guayaba	5	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta	Escurre bien el agua y no lesiona la fruta

### Anexo 9.2. Evaluación de las verduras escogidas.

VERDURA	CANTIDAD COLOCADA	CANTIDAD COLOCADA DE AGUA	APRECIACIÓN DEL LAVADO	APRECIACIÓN DEL CENTRIFUGADO		
				A 520 rpm	A 580 rpm	A 620 rpm
Berro	8 plantas	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas
Perejil	8 plantas	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas
Espinaca	10 plantas	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas
Céleri	10 plantas	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No se altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas	Escurre bien el agua pero lesiona las plantas
Cebolla	4	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. Se percibe alteración de olores. No altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las cebollas	Escurre bien el agua y no lesiona las cebollas	Escurre bien el agua y no lesiona las cebollas

Lechuga	10 hojas	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las hojas	Escurre bien el agua pero lesiona las hojas	Escurre bien el agua pero lesiona las hojas
Tomate	4	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona los tomates	Escurre bien el agua y no lesiona los tomates	Escurre bien el agua y no lesiona los tomates
Zanahoria	4	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona las zanahorias	Escurre bien el agua y no lesiona las zanahorias	Escurre bien el agua y no lesiona las zanahorias
Repollo	La mitad	Hasta cubrirlas	No se aprecia alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona el repollo	Escurre bien el agua y no lesiona el repollo	Escurre bien el agua y no lesiona el repollo
Pimentón	1 grande	Hasta cubrirlas	No se aprecia e alteración del color original. No se percibe alteración de olores. No altera el sabor.	Escurre bien el agua y no lesiona la verdura	Escurre bien el agua y no lesiona la verdura	Escurre bien el agua y no lesiona la verdura

**ANEXO 10. Entrevistas realizadas a profesionales.****Anexo 10.1. Entrevista realizada a Lic. Nixa Moreno.**

<b>Nombre</b>	Nixa Moreno	<b>Profesión</b>	Lic. En Nutrición
<b>Fecha</b>	16/09/2011	<b>Lugar</b>	Colegio de Nutricionistas y Dietistas de Venezuela, Montalbán, C.C. Uslar, piso 9
<b>1) ¿Aconseja consumir frutas y vegetales con frecuencia?</b>			
Respuesta: Si, ya que su valor nutricional es insustituible.			
<b>2) ¿Frutas como la manzana aconseja consumirla con o sin su concha?</b>			
Respuesta: Con su concha, ya que en la misma están presentes la mayoría de los nutrientes de la fruta.			
<b>3) ¿Cuáles formas recomienda para consumir crudas las frutas y las verduras (jugo, ensalada)?</b>			
Respuesta: De preferencia se aconseja consumir las frutas y vegetales en su forma natural, es decir, con su concha o cáscara y en forma cruda ya que así no se desperdicia el contenido nutricional de estos alimentos. Las frutas se aconseja no licuarlas ya que en el proceso la fruta pierde valor nutricional. En algunos casos como en el brócoli se aconseja cocinarlo brevemente ya que así de cierta manera "libera" sus nutrientes.			
<b>4) ¿Cuál es el consumo promedio de frutas y vegetales que recomienda?</b>			
Respuesta: De preferencia que sea todos los días por lo menos tres veces, entre 100 a 150 gramos de cada uno por persona.			
<b>5) ¿Qué opinión le merece la máquina a construir?</b>			
Respuesta. Cualquier aporte que incentive el consumo de frutas y vegetales será bienvenido.			

**Anexo 10.2. Entrevista realizada a Dr. Francisco Larrea.**

<b>Nombre</b>	Dr. Francisco Larrea	<b>Profesión</b>	Especialista en Epidemiología
<b>Fecha</b>	18/10/2011	<b>Lugar</b>	Ministerio de Salud, piso 7 oficina 7-24. Dirección de Epidemiología y Alerta Temprana.
<b>1) ¿Son recurrentes las infecciones por consumo de frutas y vegetales contaminados?</b>			
Respuesta: Si, ya que el proceso que involucra su cosecha y venta implica que ellos (frutas y vegetales) están expuestos a múltiples fuentes de contaminación.			
<b>2) ¿Se pueden controlar esas fuentes de contaminación?</b>			
Respuesta: Es prácticamente imposible ya que los microorganismos implicados en las enfermedades se valen de una gran diversidad de fuentes para llegar alimento. Hoy en día no se conocen en su totalidad todas las formas en las cuales un determinado microorganismo puede contaminar un alimento.			
<b>3) ¿Cómo recomienda evitar las infecciones en el hogar?</b>			
Respuesta: Lavando bajo el agua del chorro quitando cualquier basura o cuerpo extraño que se le vea al alimento.			

<b>4) ¿Eso basta para evitar enfermarse si el alimento está contaminado?</b>
Respuesta: No, porque como ya dije antes, es muy difícil controlar todos los factores involucrados.
<b>5) ¿Es posible registrar todos los casos de ETA?</b>
Respuesta. No, porque la mayoría de casos no requiere de hospitalización además de que se puede tener una infección y no saberlo ya que la sintomatología en la mayoría de los casos es leve por lo cual el afectado no recurre a solicitar ayuda profesional. Por ese y otros motivos los casos registrados son como la punta de un iceberg, donde la mayoría de los casos son como la parte sumergida de ese bloque de hielo, inmensos.

### Anexo 10.3. Entrevista realizada a Dr. Paulino Betancourt.

<b>Nombre</b>	Prof. Paulino Betancourt		<b>Profesión</b>	Doctor en Química
<b>Fecha</b>	16/11/2011	<b>Lugar</b>	Escuela de Química, Facultad de Ciencias de la UCV, oficina del profesor.	
<b>1) ¿Qué alternativas de desinfectantes existen en el país para la máquina propuesta?</b>				
Respuesta: Cloro gas, hipoclorito de cloro en tabletas y ozono.				
<b>2) ¿Cuáles de ellas recomienda para la máquina?</b>				
Respuesta: El ozono por tecnología accesible económicamente y el hipoclorito también por accesibilidad económica a la materia prima.				
<b>3) ¿Por qué no recomienda el cloro gas?</b>				
Respuesta: Por que hay que tomar medidas especiales de seguridad en cuanto a su transporte y uso. Recuerda el accidente ocurrido en la vía a Oriente.				
<b>4) ¿Esas tabletas de hipoclorito son similares a las que se usan en las peceras?</b>				
Respuesta: Si, eso es correcto.				
<b>5) ¿Conoce una tecnología disponible para generar hipoclorito a nivel doméstico?</b>				
Respuesta: No tengo conocimiento de ello.				
<b>6) ¿Entonces el ozono sería la alternativa más viable?</b>				
Respuesta: Si, desde el punto de vista de tecnología disponible.				
<b>7) ¿Por qué se utiliza el ozono?</b>				
Respuesta: Porque es un oxidante muy fuerte del cual se necesita para actuar mucha menos cantidad en comparación al cloro.				
<b>8) ¿Conoce como funcionan los filtro de ozono?</b>				
Respuesta: No he trabajado con ellos. Ve a las fábricas.				

## Anexo 10.4. Entrevista realizada a Lic. Rosario Alberdi.

<b>Nombre</b>	Prof. Rosario Alberdi		<b>Profesión</b>	Licenciada en Química
<b>Fecha</b>	06/12/2011	<b>Lugar</b>	Planta Experimental de Tratamiento de Agua, Facultad Ingeniería UCV, oficina de la profesora.	
<b>1) ¿Qué alternativas de desinfectantes existen en el país para la máquina propuesta?</b>				
Respuesta: Cloro, hipoclorito de cloro y ozono.				
<b>2) ¿Cuáles de ellas recomienda para la máquina?</b>				
Respuesta: Para uso doméstico las tres alternativas son, en teoría, aplicables.				
<b>3) ¿Cómo se puede aplicar el cloro?</b>				
Respuesta: Se aplica construyendo un dispositivo generador de cloro que usa electrodos utilizando la sal de mesa como materia prima.				
<b>4) ¿Es factible construirlo técnica y económicamente para un tesista?</b>				
Respuesta: No, ya que construir un aparato así requiere disponer de un buen presupuesto ya que el mismo requiere partes muy costosas, algunas de ellas hechas con materiales como oro, platino y titanio. Adicionalmente, para un tesista sin conocimientos técnicos al respecto le sería muy complicado hacerlo aún teniendo asesoría técnica ya que requiere poseer conocimientos muy específicos.				
<b>5) ¿Conoce un aparato generador de cloro hecho en país como el que comenta?</b>				
Respuesta: Según mis conocimientos, no.				
<b>6) ¿Cómo se aplicaría el hipoclorito?</b>				
Respuesta: Construyendo un aparato que dosifique la cantidad que se desee agregar al agua para la desinfección.				
<b>7) ¿Cuál sería la materia prima?</b>				
Respuesta: Hipoclorito concentrado de cloro que se vende en cuñetes.				
<b>8) ¿Es factible construirlo para un tesista?</b>				
Respuesta: Es más económico que el de cloro pero igual requiere tener dinero y experiencia técnica al respecto.				
<b>9) ¿Conoce un aparato generador de hipoclorito hecho en país como el que comenta?</b>				
Respuesta: No que yo sepa.				
<b>10) ¿Un tesista puede construir un generador de ozono?</b>				
Respuesta: Igual que con el hipoclorito y el cloro si tienes el dinero y la pericia técnica puedes hacerlo.				
<b>11) ¿Entonces se concluye que lo más recomendable para la tesis es utilizar un generador de ozono de un filtro de agua doméstico?</b>				
Respuesta: Si, ya que por lo que dije antes es lo más factible y recomendable de hacer. Ahora, si tienes el dinero y la asesoría técnica, puedes optar por hacer alguno de los tres.				
<b>12) Si se pudiera construir el generador de ozono, ¿Este debe probarse varias veces hasta asegurarse que genera el ozono que uno espera?</b>				

<p>Respuesta: Si, dado que es un proceso netamente experimental. Por eso he insistido en lo de la experiencia técnica. Además la parte donde se genera el ozono hasta donde sé son hechas de plástico o cerámica de forma única para ser utilizados en el filtro, por lo tanto también necesitarías un laboratorio o una fábrica donde producir y probar esas piezas especiales.</p>
<p><b>13) ¿Conoce como funcionan los filtros de ozono?</b></p>
<p>Respuesta: No, no he trabajado con esos equipos. Lo que sé es lo que he leído sobre ellos, pero son conocimientos muy generales, nada que te pueda servir para construir uno.</p>

#### Anexo 10.5. Entrevista realizada a Prof. Rosa Raybaudi.

<b>Nombre</b>	Prof. Rosa Raybaudi	<b>Profesión</b>	Dr. en Biología
<b>Fecha</b>	29/11/2011	<b>Lugar</b>	ICTA, ubicado en Colinas de Bello Monte, oficina de la Profesora
<p><b>1) ¿Cuándo se puede considerar que una fruta o verdura está "limpia"?</b></p>			
<p>Respuesta: Lo ideal es que se analizara la fruta pero como eso no es posible en el hogar, se puede considerar limpia cuando su color, sabor, textura y apariencia son consideradas ideales.</p>			
<p><b>2) ¿Cuándo se puede considerar que una fruta o verdura está "sucia"?</b></p>			
<p>Respuesta: Al contrario que en el caso anterior, cuando su color, sabor, textura y apariencia no son los ideales.</p>			
<p><b>3) ¿Cuáles son los principales microorganismos presentes en las frutas y en las verduras?</b></p>			
<p>Respuesta: Es una pregunta muy general, en algunas verduras predominan hongos como el aspergillus y bacterias del tipo bacillus, en las frutas debido a su pH predominan bacteria ácido lácticas, mohos y levaduras.</p>			
<p><b>4) ¿Tiene conocimiento acerca de las enfermedades transmitidas por frutas y verduras contaminadas?</b></p>			
<p>Respuesta: Bueno, las que conozco por propia experiencia y de familiares cercanos, tendrían que consultar a un médico especialista en el área.</p>			
<p><b>5) En los análisis microbiológicos, ¿Cuáles pruebas suelen hacerse para verificar que un alimento es apto para su consumo?</b></p>			
<p>Respuesta: Generalmente el de coliformes totales que busca residuos de materia fecal, aerobios mesófilos, hongos y levaduras.</p>			
<p><b>6) ¿Cuál es la concentración de microorganismos en frutas y verduras que puede considerarse benigna?</b></p>			
<p>Respuesta: De nuevo es una pregunta muy general, depende del tipo de fruta o verdura, de las condiciones de almacenaje, de su limpieza, etc.</p>			
<p><b>7) ¿Cómo sugiere lavar la fruta o verdura antes de consumirla?</b></p>			
<p>Respuesta: Con agua limpia eliminando cualquier objeto o residuo extraño que</p>			

tenga siempre y cuando a la vista se vean bien.
<b>8) ¿Cuáles métodos físicos conoce que se apliquen en la desinfección de alimentos?</b>
Respuesta: Principalmente, el centrifugado y el filtrado, hay otros como el cortado pero esos dos son los principales.
<b>9) ¿Los considera efectivos?</b>
Respuesta: Si, en especial el centrifugado ya que a alta velocidad puede eliminar bastantes microorganismos de la superficie de la fruta.
<b>10) ¿El agua caliente se puede usar como desinfectante?</b>
Respuesta: Ciertamente puede matar varios microorganismos pero también altera las propiedades organolépticas que son las que les dije antes.
<b>11) ¿Cuándo a una fruta o verdura se le corta su concha queda expuesta a los microorganismos?</b>
Respuesta: Por supuesto, cualquiera fisura por pequeña que sea permitirá su entrada. Los que son como la lechuga son más vulnerables ya que no tienen concha.
<b>12) ¿Internamente los que tienen concha están libres de microorganismos?</b>
Respuesta: En el caso de los no porosos, si. Por ejemplo el durazno es muy poroso y algunos pesticidas pueden ingresar dentro de él. Ciertamente después de algún tiempo cuando empieza a degradarse si hay afectación interna.
<b>13) ¿Cuáles desinfectantes químicos conoce que se usen el país?</b>
Respuesta: El cloro es de uso generalizado en las industrias. Creo que es cloro gaseoso.
<b>14) ¿Por qué se usa el cloro?</b>
Respuesta: No conozco muchos detalles sobre eso pero si sé que es barato y de amplio espectro microbicida.
<b>15) ¿Conoce el ozono como desinfectante de alimentos?</b>
Respuesta: Sé que en el Norte y Europa se usa aunque desde hace poco tiempo, aquí en el país no conozco sitios donde se utilice.
<b>16) ¿Recomendaría su uso en la máquina?</b>
Respuesta: Si se usa en el Norte y en Europa es porque se ha comprobado su eficiencia. Tendrían que investigar sobre eso.
<b>17) ¿Dónde podemos conseguir más información sobre la microbiología de las frutas y verduras?</b>
Respuesta: En cualquier libro de microbiología de alimentos. En la biblioteca que está aquí hay varios textos. Hay pueden conseguir información más precisa y cifras relacionadas a las preguntas que me han hecho.
<b>18) ¿Cuáles son las fuentes más comunes de contaminación de las frutas y verduras?</b>
Respuesta: Son múltiples y es imposible tener control sobre todas. En el agua de riego puede haber contaminantes, los mismos agricultores, los camiones que los transportan, puede haber un cerdo al lado de la cesta defecando por ejemplo, el

consumidor los puede lavar mal, en el mercado puede pasar horas sin refrigerarse, sobre todos en los populares o los de calle, en fin son muchas formas que hay para que se contaminen.

**19) ¿Cómo recomendaría determinar el tiempo de lavado necesario con el desinfectante?**

Respuesta: Depende de muchos factores, como la temperatura, del agua, su pH, crecimiento microbiano en el alimento, etc. En fin, es algo que se determina experimentando en múltiples ocasiones. No es algo que se pueda establecer lavando y analizando una sola muestra. Tendrían que hacer al menos 50 análisis.

**20) ¿Eso aplicaría a cualquier desinfectante que se quiera usar?**

Respuesta: Si, como todo proceso científico requiere de mucha experimentación.

**21) Pero eso implica un gasto enorme de dinero si uno va a un laboratorio privado**

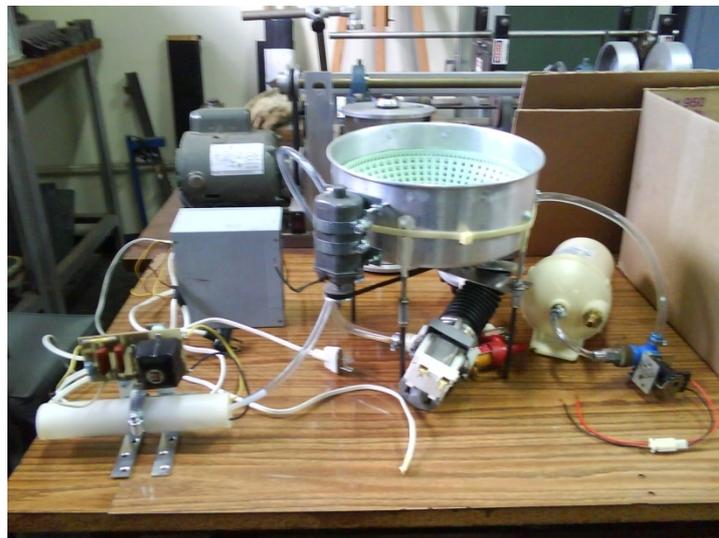
Respuesta: Si, pero aquí en el ICTA podrían hacer algunos análisis preliminares. Claro, les van a cobrar una tarifa por eso.

**ANEXO 11. Fotos de la máquina.**

*Figura A 11.1. Piezas hechas en el torno y la fresadora.*



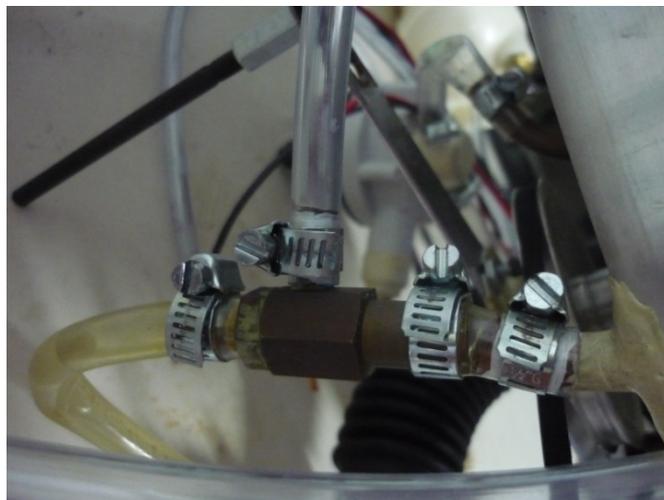
*Figura A 11.2. Dado acoplado al colador.*



*Figura A 11.3. Máquina sin su cubierta externa.*



*Figura A 11.4. Generador de ozono instalado.*



*Figura A 11.5. Difusor venturi instalado.*



*Figura A 11.6. Válvula solenoide de la bomba de desagüe.*



*Figura A 11.7. Filtro de carbón activado.*



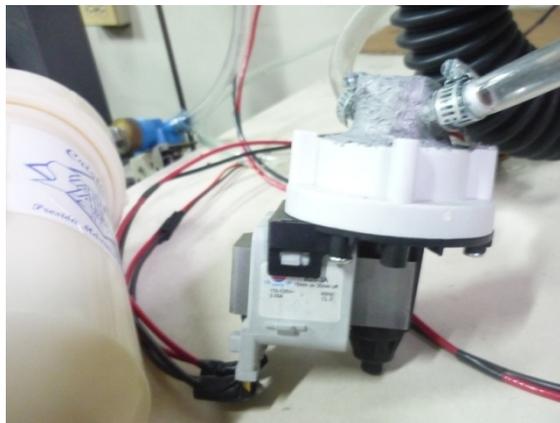
*Figura A 11.8. Motor acoplado a la olla.*



*Figura A 11.9. Válvula solenoide acoplada al filtro de carbón activado.*



*Figura A 11.10. Vista de la olla y los agujeros de entrada y salida del agua.*



*Figura A 11.11. Bomba de desagüe.*



*Figura A 11.12. Bomba de succión.*

## ANEXO 12. Costos totales.

OBJETO	CANTIDAD	COSTO TOTAL (Bs.)
Lámina de acrílico	1	510,72
Pega acrílica	1 litro	47,04
Correa plana	1	16,0048
Conector manguera	2	39,648
Manguera 3/8 "	2	4,6592
Anillo roscado 3/4"	1	3,2368
Estopera	1	10,1696
Abrazadera 1/2"	5	9,016
Bomba mabe amazona	1	210
Abrazadera 5/6"	12	21,6384
Abrazadera 2 1/4"	4	17,696
Tuercas hexagonales	6	2,8224
Tornillo estufa	6	8,3328
Manguera lavadora mabe	1	52,696
Bomba mabe	1	127,9376
Tornillos hexagonales grado 2	3	28,224
Tuercas hexagonales de unión de zinc	3	16,5984
Teipe eléctrico	1	7,8736
Cable THHN	6	26,9472
Unión de hierro	1	14,9856
Ángulo de hierro	1	48,4176
Rodamiento	1	22,4112
Fuente de poder	1	49,28
Cable de poder	1	9,856
Tornillo estufa cabeza redonda	2	1,0976
Tuercas hexagonales	2	1,0304
Tornillo para metales zinc cabeza plana	4	1,7024
Tuercas hexagonales MM	4	1,4336
Mecha dremel	1	2,0272
Tuercas hexagonales de zinc	3	16,0608
Tornillos hexagonales galvanizados	3	3,0912
olla de aluminio	1	55,0032
Switch triple palanca	1	28,0784
Correa fraccional PHP	1	124,432
Luz piloto verde	1	8,96
Luz piloto rojo	1	8,96
Alcayata tipo gancho	1	14,7168
Tornillo autoroscante	1	7,1232
Manilla 96 mm	1	31,9536
Bisagra 32x38	1	15,9376
Fieltro para deslizado	1	11,9952
Pasador	1	42,4256

Tirador	1	23,9456
Mueble 1PLG	1	19,8912
Goma de olla de presión	1	70
Rodamiento	1	13,552
S4FD	3	10,4832
Automotriz 16 rojo 1	1	8,1088
Cinta amarracable	1	4,7488
Mini latón antiguo	2	45,0016
Codo 90 grados 1/2"	1	3,9536
Adaptador 1/2"	1	1,3776
Armellas 1/2 abierta	1	5,992
Rodamiento con sellos de goma	1	49,0784
Artículos varios	1	10,0016
Filtro de carbón activado	1	80
Colador de pasta	1	18
Pega plasti-mix	1	44
Masilla epoxy	1	30
Filtro de ozono	1	530
Tocho de aluminio	1	280
Motor limpiaparabrisas	1	420
Tubería de cobre (metro)	1	20
Frutas y verduras de prueba	varias	140
Análisis de laboratorio	5	1200
Teflón	1	6
<b>TOTAL</b>		<b>4716,3744</b>

Nota: No se incluye el costo de mano de obra.

## ANEXO 13. Materiales y su reacción ante el ozono.

Material	Rating (Cole Parmer) [Ozone Concentrations not specified]		Material	Rating (Cole Parmer) [Ozone Concentrations not specified]
ABS plastic	B - Good		LDPE	B - Good
Acetal (Delrin®)	C - Fair		Magnesium	D - Poor
Aluminum	B - Good		Monel	C - Fair
Brass	B - Good		Natural rubber	D - Severe Effect
Bronze	B - Good		Neoprene	C - Fair
Buna-N (Nitrile)	D - Severe Effect		NORYL®	N/A
Butyl	A - Excellent		Nylon	D - Severe Effect
Cast iron	C - Fair		PEEK	A - Excellent
Chemraz	A - Excellent		Polyacrylate	B - Good
Copper	B - Good		Polycarbonate	A - Excellent
CPVC	A - Excellent		Polypropylene	C - Fair
Durachlor-51	A - Excellent		Polysulfide	B - Good
Durlon 9000	A - Excellent		Polyurethane, Milable	A - Excellent
EPDM	A - Excellent		PPS (Ryton®)	N/A
EPR	A - Excellent		PTFE (Teflon®)	A - Excellent
Epoxy	N/A		PVC	B - Good
Ethylene-Propylene	A - Excellent		PVDF (Kynar®)	A - Excellent
Fluorosilicone	A - Excellent		Santoprene	A - Excellent
Galvanized Steel	In Water (C - Fair), In Air (A - Excellent)		Silicone	A - Excellent
Glass	A - Excellent		Stainless steel - 304	B - Good/Excellent
Hastelloy-C®	A - Excellent		Stainless steel - 316	A - Excellent
Hypalon®	A - Excellent		Steel (Mild, HSLA)	D - Poor
Hytrel®	C - Fair		Titanium	A - Excellent
Inconel	A - Excellent		Tygon®	B - Good
Kalrez	A - Excellent		Vamac	A - Excellent
Kel-F® (PCTFE)	A - Excellent		Viton®	A - Excellent
			Zinc	D - Poor

**Reacción de diversos materiales ante el ozono.**

**Ratings -- Chemical Effect**

A. Excellent -- No effect  
 B. Good -- Minor Effect or discoloration.  
 C. Fair -- Moderate Effect, not recommended for continuous use. Softening, loss of strength, swelling may occur.  
 D. Sever Effect -- Not recommended for ANY use.

N/A = Information Not A vailable.

Figura A 13. Reacción de diversos materiales ante el ozono.

**ANEXO 14. Gráfico para estimar la resistencia a la fatiga en viga rotatoria de la pieza eje-polea mayor.**

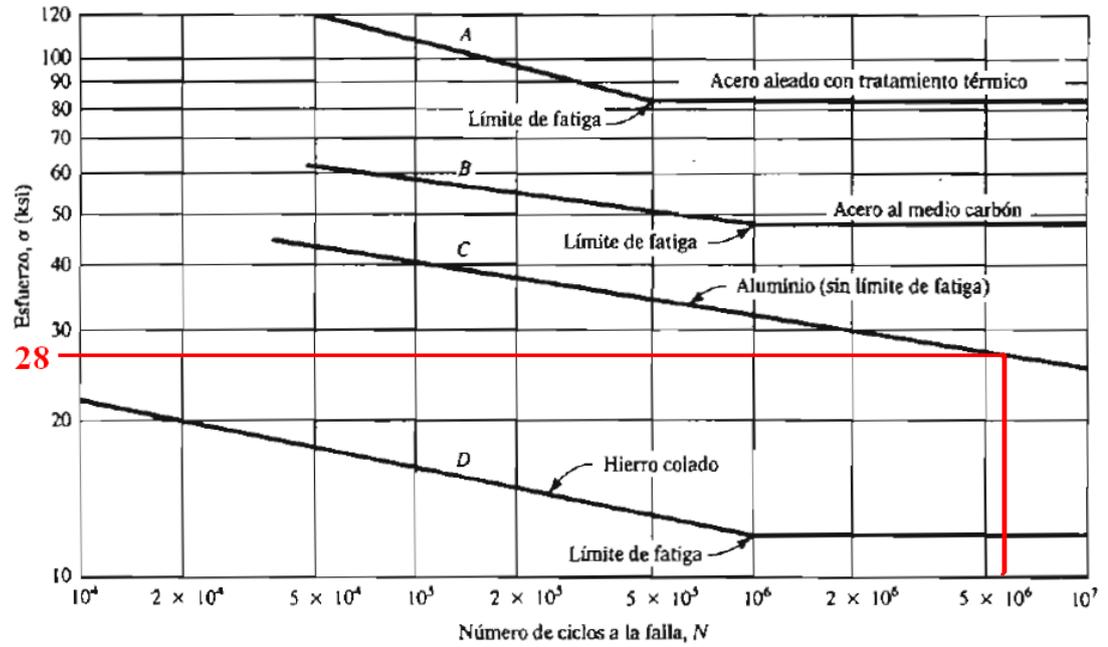


Figura A.14. Gráfico Número de ciclos- Esfuerzo de fatiga para pieza eje-polea mayor.

## ANEXO 15. Resultado del análisis microbiológico.



Análisis Químicos, Físicos químicos y Microbiológicos en:  
 - Aguas  
 - Alimentos  
 - Suelos  
 - Materias Primas

Informe N° : O – 12009

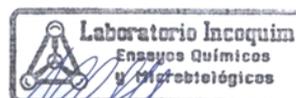
Solicitado por Br. Yojander CumanaFecha de recepción : 01 de Mayo del 2012 Fecha del Informe : 07 de Mayo del 2012Muestra : **Determinación microbiológica al agua proveniente del lavado de hojas de lechuga, antes y después de ozonificar\*.**

Microorganismos	Agua antes de ozonificar	Agua después de ozonificar	Unidades
<i>Coliformes totales</i>	59**	Negativo	N.M.P.

\* La muestra se trató con agua ozonificada durante 5 minutos.

\*\* La concentración encontrada indica una alta contaminación por coliformes.

Atentamente,



Lic. José G. Contreras V.

Reg. MARNR N° 01-004

## ANEXO 16. Resultado de la determinación de concentración de ozono.



Análisis Químicos, Físicos químicos y Microbiológicos en:  
 - Aguas  
 - Alimentos  
 - Suelos  
 - Materias Primas

Informe N° : O – 12009

Solicitado por Br. Yojander CumanaFecha de recepción : 01 de Mayo del 2012 Fecha del Informe : 07 de Mayo del 2012Muestra : Determinación del contenido de ozono.

## RESULTADOS

Tiempo (min)*	Ozono (mg/l)
1	0,75
2	1,25
4	1,35
8	2,10

Determinación yodimétrica del ozono.

\* 2 lts. de agua "del chorro", se colocaron en el equipo de ozonificación y se ozonifico a los intervalos de tiempo indicados en la tabla.

Atentamente,

  
 Laboratorio Incoquim  
 Ensayos Químicos  
 y Microbiológicos  
 Lic. José G. Contreras V.

Reg. MARNR N° 01-004