



T  
62 L. 902  
ROMd.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad De Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**"Diseño de una Maquina LLenadora Lineal para Botellas  
Tipo Pet"**

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentada por:

Alvaro Benigno | Romero Chaglia

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**AÑO: 2005**

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en el Ing. Ernesto Martínez Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

**DEDICATORIA**

MIS PADRES

MI HERMANO



## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Dr. Alfredo Barriga Rivera.  
DELEGADO DEL DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martinez L.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Manuel Helguero G.  
VOCAL



## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Alvaro B. Romero Chaglia



## RESUMEN.

En el Ecuador, como en los demás países de Latino América ha aumentado el consumo de agua embotellada, esto debido a la inseguridad que produce al consumidor beber agua hervida, en la actualidad, el negocio de la venta de bebidas embotelladas no retornables como el agua de mesa, jugos, té, limonada y bebidas energizantes, ha logrado un gran auge. Pues debido a lo económico y práctico de llevar una botella de estos productos han desembocado en un negocio rentable. Razón por la cual, ahora es muy común ver en el mercado un gran número de marcas de estas bebidas con presentaciones variadas: 250, 350 y 500 cc, litro, litro y medio, garrafón, etc. Esto ha hecho imprescindible un control de calidad por parte de las autoridades competentes, llegando a resultados poco satisfactorios, es decir un gran porcentaje de bebidas no cumple con las normas sanitarias.

La mayoría de los pequeños empresarios llenan las botellas de forma manual, por no tener suficiente capital para invertir en maquinarias, lo que atenta contra la salud de los consumidores y a la vez limita su producción,



por lo cual al tener un aumento de la demanda por parte del consumidor, no pueden abastecer el mercado u opta por soluciones no asépticas.

El objetivo principal de este trabajo es diseñar una válvula de llenado eficiente y rápida que pueda operar en cualquier tipo de llenadora lineal, logrando un llenado eficiente, sin tener pérdidas de producto y que cumpla con las normas sanitarias vigentes.

Para lograr este objetivo se partirá de un modelo existente de válvula de llenado por gravedad y se seleccionarán los elementos que componen la llenadora en función de los materiales más apropiados y económicos que se encuentran en el mercado local. La capacidad de llenado se espera que esté entre 50 a 80 botellas por minuto, esto depende mucho del número de válvulas a utilizar, llegando a una producción máxima de 38000 botellas diarias, lo que cumple con demasía las expectativas de demanda diaria del pequeño empresario.

La metodología a seguir para dicho fin, va encaminada a solucionar el problema del llenado de las botellas pet (Teraftalato de Polietileno) para volúmenes que van desde 250cc a 2000cc., aunque el diseño másico se lo realizara en base a botellas de 500cc. Por lo tanto se procederá a desarrollar una solución adecuada que cumpla con una demanda moderada de botellas



por minuto, todo esto usando los conocimientos adquiridos en la ESPOL y la experiencia de haber trabajado en plantas donde se emplea este tipo de maquinaria.

Como resultado se espera diseñar una maquina de llenado lineal de baja producción y de bajo costo, para que pueda ser adquirida por el empresario y luego a medida que aumente su producción, simplemente pueda acceder a otra maquina similar, sin necesidad de cambiar toda una línea de producción y simultáneamente garantizar la salud del consumidor.



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	..II
ÍNDICE GENERAL.....	..III
ABREVIATURAS.....	..IV
SIMBOLOGÍA.....	..V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	..VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	..VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	..VII
ANTECEDENTES.....	..1
CAPITULO 1	
1. EL NEGOCIO DE LAS BEBIDAS.....	..3
1.1. Tipos de bebidas .....	..4
1.2. Análisis de rentabilidad.....	..9
1.3. Marcas Famosas de Bebidas Vs Agua de mesa "sin gas".....	..10
CAPITULO 2	
2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAS BEBIDAS NO GASIFICADAS.....	..12

2.1. Propiedades Generales de la Botella PET .....	13
2.2. Fabricación de la botella PET .....	21
2.3. Purificación del agua.....	29
2.4. Llenado de la botella.....	35
2.5. Embalaje.....	38

### CAPITULO 3

3. TIPOS DE LLENADORAS.....	40
3.1 LLenadoras Automáticas y Semiautomáticas.....	42
3.2 LLenadoras Rotativas .....	42
3.3 LLenadoras Lineales .....	43

### CAPITULO 4.

4. DISEÑO DE LA MAQUINA DE LLENADO.....	46
4.1 Parámetros de diseño.....	47
4.2 Diseño de forma.....	51
4.3 Diseño y selección de elementos.....	56
4.3.1Válvula de llenado del líquido.....	56
4.3.2 Tanque de almacenamiento de liquido.....	75
4.3.3 Banda transportadora de botellas.....	83
4.3.4 Sistema neumático.....	87
4.3.5 Sistema motriz.....	90

CAPITULO 5

5. SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.....108

CAPITULO 6

6. ANÁLISIS DE COSTOS.....113

CAPITULO 7

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....119

ANEXOS.

BIBLIOGRAFÍA.



## ABREVIATURAS

PET	Polietileno teraftalato
VS	Versus
PPM	Partes por millón
mm	Milímetros
mm <sup>2</sup>	Milímetros cuadrados
cc	centímetros cúbicos
PVC	Polivinil cloruro
LDPE	Polietileno de baja densidad
HDPE	Polietileno de alta densidad
PP	Polipropileno
UV	Ultra Violeta
Psi	Libras por pulgada cuadrada
FDA	Administración para drogas y comida (Food and Drug Administration)
Pa	Pascal
Mpa	Mega Pascal
Kg	Kilogramo
cc	Centímetros Cúbicos
Lt	litro
BPM	Botellas por minuto
lbs	Libras

## SIMBOLOGÍA

$\text{CO}_2$	Dióxido de Carbono
Lt	Litros
$^{\circ}\text{C}$	Grados Centígrados
E	Modulo de Elasticidad
G	Modulo de Rigidez
P	Presión
$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$	Densidad del agua
g	Gravedad
h	Altura
$h_{\text{min}}$	Altura mínima
$h_{\text{max}}$	Altura máxima
$P_{\text{min}}$	Presión mínima
$P_{\text{max}}$	Presión máxima
F	Fuerza ejercida por la válvula sobre la botella
A	Área del pico de la botella
$F_t$	Fuerza $F_y$ con factor de seguridad de 4
$S_{\text{ut}}$	Resistencia mínima a la tensión
$d_j$	Diámetro del alambre
C	Índice del resorte
$K_s$	Factor de corrección de esfuerzo cortante
$F_s$	Carga estática correspondiente a la fluencia
$N_a$	Número de espiras
K	Constante del resorte
$N_e$	Espiras de extremo
$N_t$	Espiras totales
$L_s$	Longitud cerrada
$L_o$	Longitud libre
P	Paso
$\mu$	Micra
$\mu_s$	Coefficiente de fricción estático
$\mu_c$	Coefficiente de fricción cinético
$A_{O1}$	Área de contacto entre o-ring 1 y acero inoxidable
$A_{O2}$	Área de contacto entre o-ring 2 y acero inoxidable

$A_{O3}$	Área de contacto entre o-ring 3 y acero inoxidable
$N$	Fuerza Normal
$F_1$	Fuerza ajuste de o-ring 1
$F_2$	Fuerza ajuste de o-ring 1
$F_{fs1}$	Fuerza de fricción en el o-ring 1
$F_{fs2}$	Fuerza de fricción en el o-ring 2
$F_y$	Suma de fuerzas para la pre-carga del resorte
$\Delta X_i$	Deformación inicial del resorte
$n$	Factor de seguridad
$F_R$	Fuerza resultante del resorte
$\Delta X_t$	Deformación total del resorte
$Y_s$	Longitud a la cual el resorte falla por fluencia
$T_{aire}$	Tiempo de salida del aire contenido en el interior de la botella.
$N_a$	Cantidad de agujeros a la salida del liquido
$\phi$	Diámetro de los agujeros
$A_{equi-in}$	Área transversal equivalente entrada de liquido
$A_{out}$	Área transversal salida de aire
$\phi_1$	Diámetro tubería exterior
$\phi_2$	Diámetro tubería interior
$V_T$	Volumen total de aire
$V_{bot}$	Volumen de la botella
$h_s$	Longitud por donde sale el aire desplazado por el liquido
$Q_{aire}$	Caudal de aire
$P_2$	Presión en el punto 2
$Z_2$	Posición del punto 2
$Z_3$	Posición del punto 3
$\rho_{H2O}$	Densidad del agua
$h_C$	Cabezal de agua
$F_p$	Fuerza del pistón
$N_v$	Cantidad de válvulas
$D_c$	Diámetro interior de la camisa del cilindro
$Q_c$	Consumo de aire del cilindro
$V_L$	Velocidad lineal del transportador
$w_m$	Velocidad angular del motor
$D_p$	Diámetro de Pitch
$\phi_b$	Diámetro de la botella pet 500cc
$T_p$	Tiempo de posicionamiento
$TA$	Tensión ajustada de la cadena.
$TR$	Tensión de la sección de retorno.
$TC$	Tensión de acarreo.
$TS$	Tensión de patinaje.
$L_c$	Distancia entre el eje loco y el eje de mando.
$W$	Peso de la cadena por pie.
$M$	Peso del producto por pie de transportador.

$f_w$	Coeficiente de fricción entre la guía y la cadena.
$f_m$	Coeficiente de fricción entre el envase y la cadena.
$L_s$	Longitud de transportador sobre la que puede ocurrir patinaje
PLF	Frecuencias de arranques.
FLM	Porcentaje de patinaje.
$T_{A_z}$	Tensión admisible por carril
$Z$	Numero de carriles
HP	Potencia del Motor
$F_p$	Fuerza producida por el peso de las válvulas más la estructura que sostienen a las válvulas
$d_m$	Diámetro mayor
$d_c$	Diámetro del collarín
$l$	Avance del tornillo
$T_1$	Momento requerido para que el tornillo gire contra la carga
$T_2$	Momento requerido para hacer descender la carga
$L_{na}$	Vida ajustada en millones de revoluciones.
$a_1$	Factor de ajuste por confiabilidad
$a_2$	Factor de ajuste por material
$a_3$	Factor de ajuste por condiciones de operación
C	Capacidad de Carga Estática

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1.1	Flujo grama del proceso de elaboración de bebidas.....	4
Figura 1.2	Agua carbonatada .....	5
Figura 1.3	Bebidas Gaseosas.....	6
Figura 1.4	Agua de mesa, garrafas de 20.000 cm <sup>3</sup> (20 Litros).....	7
Figura 1.5	Jugos Embotellados.....	8
Figura 1.6	Diferentes presentaciones de agua de mesa.....	10
Figura 2.1	Preformas de botellas pet.....	13
Figura 2.2	Materia Prima PET (tereftalato de polietileno ).....	14
Figura 2.3	Saco de PET "AMCOR".....	22
Figura 2.4	Tolva alimentadora de PET.....	23
Figura 2.5	Transportador de PET (Tornillo sin fin-vista superior).....	25
Figura 2.6	Diferentes tipos y tamaños de preformas PET.....	26
Figura 2.7	Proceso de purificación del agua.....	31
Figura 2.8	Filtro de carbón.....	33
Figura 2.9	Generador de Ozono en Operación.....	35
Figura 2.10	Esquema de llenado por gravedad.....	36
Figura 2.11	Esquema de llenado por gas carbónico.....	37
Figura 2.12	Esquema de llenado volumétrico.....	38
Figura 2.13	Proceso de embalaje , paletizado y transporte.....	39
Figura 3.1	Maquina llenadora vertical.....	40
Figura 3.2	Clasificación de las llenadoras de líquidos.....	41
Figura 3.3	Esquema de maquina llenadora rotativa.....	43
Figura 3.4	Maquina llenadora Lineal.....	44
Figura 4.1	Esquema de soporte en cuello para botella de 500cc.....	48
Figura 4.2	Llenadora lineal para botellas de 500cc.....	55
Figura 4.3	Distancia del tanque principal a la botella pet 500cc.....	57
Figura 4.4	Vista superior del pico de la botella PET 500cc.....	58
Figura 4.5	Resistencias últimas a la tensión; B Acero inox.....	62
Figura 4.6	Sustitución del esfuerzo torsional máximo.....	63
Figura 4.7	Bosquejo de sistema de llenado.....	69
Figura 4.8	Área ingreso y de salida del fluido .....	71
Figura 4.9	Nodos y puntos de apoyo en Tanque principal de agua.....	77
Figura 4.10	Deformación debido al propio peso de la estructura.....	79
Figura 4.11	Deformación debido al agua en el interior.....	79
Figura 4.12	Deformación Total del tanque.....	80
Figura 4.13	Análisis de esfuerzos.....	82
Figura 4.14	Disposición de la cinta transportadora.....	84

TO

Figura 4.15	Cadena Inoxidable Rexnord 815.....	86
Figura 4.16	Rueda dentada del transportador.....	91
Figura 4.17	Motoreductor Leroy-Somer.....	99
Figura 4.18	Tornillo nivelador.....	101
Figura 4.19	Esquema acople tornillo-cilindro neumático.....	105
Figura 5.1	Sensor detector de objetos Allen-Bradley.....	108
Figura 5.2	Switch de nivel vertical tipo 316SS.....	111



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 2.1 Dimensiones generales de los envases.....	17
Tabla 2.2 Optimización tecnológica del peso en algunos envases.....	19
Tabla 2.3 Evolución de los mercados del PET.....	20
Tabla 4.1 Densidad y viscosidad del agua a 25°C .....	49
Tabla 4.2 Tipos de productos que se pueden llenar .....	50
Tabla 4.3 Tiempos requeridos para el funcionamiento de la llenadora.....	52
Tabla 4.4 Datos para el calculo de orificios.....	69
Tabla 4.5 Tiempos requeridos para el llenado de la botella.....	74
Tabla 4.6 Altura de la columna de agua Vs. Presión.....	78

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano A1	Envase 500cc
Plano A2	Tanque colector
Plano A3	Válvula llenadora
Plano A4	Control de nivel
Plano A6	Disposición de Algunos Elementos
Plano B1	Cinta Transportadora
Plano D1	Actuador neumático



## ANTECEDENTES

El mercado de la venta de agua purificada del Ecuador ha tenido mucho éxito, tal es el caso que muchas marcas de refrescos gaseosos y bebidas alcohólicas han optado por poner a disposición del público nuevos productos que cumplan con las exigencias del consumidor.

Se han realizado muchos estudios de mercado en nuestro país y la tendencia es hacia las bebidas naturales y light, ahora las gaseosas tienen que realizar un mayor esfuerzo publicitario para poder mantener el volumen de venta.

El agua embotellada tuvo su auge a medida que las personas se percataron de la calidad de agua que llegaba a sus hogares, pues si bien es cierto que el agua es tratada antes de inyectarla al sistema de distribución, la red que transporta el agua no garantiza que el producto llegue en condiciones óptimas para el consumo humano.

En Guayaquil en lo que va del presente año se han encontrado muchos casos en los cuales el agua que llega a ciertas partes de la ciudad contiene alcalígenos fecales, pues al parecer en algunos sectores de la urbe se mezclan las agua servidas con el agua potable.

Debido a todo lo expuesto anteriormente la población encontró en la venta de agua purificada una solución a sus problemas y los productores de este tipo de bebidas una oportunidad de aumentar sus ingresos.

Pero debido a este "buen negocio", también surgen otros problemas como el llenado de botellas sin cumplir con las normas sanitarias vigentes, llenando las botellas de forma artesanal y anti-técnica, lo que atenta de nuevo contra la salud de los consumidores y ha obligado a las autoridades competentes a realizar un control más estricto de estas bebidas.

Por tal razón el presente trabajo va encaminado a ofrecer una maquina de llenado vertical por gravedad de baja producción y de bajo costo, para que pueda ser adquirida por el empresario y luego a medida que aumente su producción, simplemente pueda acceder a otra maquina similar, sin necesidad de cambiar toda una línea de producción y simultáneamente garantizar la salud del consumidor.

Para ello se usarán los conocimientos adquiridos en la ESPOL y la experiencia de haber trabajado en plantas donde se emplea este tipo de maquinarias.

# CAPITULO 1

## 1. EL NEGOCIO DE LAS BEBIDAS

El mercado ecuatoriano en el área de las bebidas "no gasificadas" ha tenido un gran crecimiento, podemos observar que en un supermercado se venden más de 20 marcas de este tipo de bebidas, ya sean, con saborizantes, naturales, concentrados, jugos de frutas ó las populares bebidas energizantes.

Debido a esto, las marcas famosas de bebidas gasificadas, han optado por elaborar un producto sin gas, el cual le resulta más económico en cuanto a costos de producción se trata y dejando un mayor margen de utilidad al empresario. Además ha dado paso al desarrollo de una pequeña industria de bebidas no gasificadas.

Por tal motivo se dividió éste capítulo en 3 partes:

- a).- Tipos de bebidas
- b).- Análisis de rentabilidad
- c).- Marcas famosas VS Agua de mesa "sin gas"

### 1.1 Tipos de bebidas no gasificadas

Para poder clasificar las bebidas es necesario conocer como se producen estas bebidas.

A continuación se detalla el proceso:

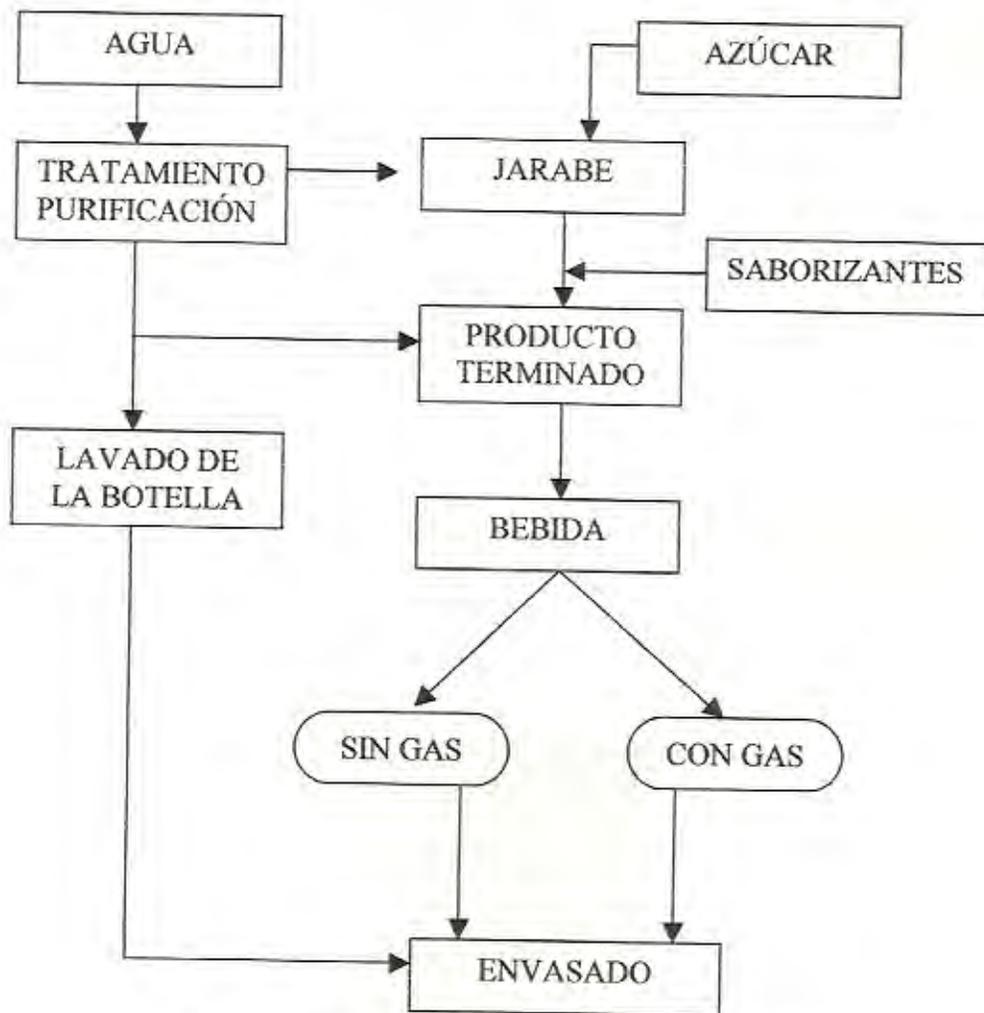


FIGURA 1.1 Flujograma del proceso de elaboración de bebidas



Luego de clasificar las bebidas tenemos:

Bebidas con gas: Agua mineral

Agua carbonatada

Gaseosas

### Agua mineral

Son aquellas provenientes de fuentes naturales o de fuentes artificiales las que poseen propiedades físico-químicas distintas al agua de mesa.

### Agua carbonatada

El agua carbonatada, conocida también como soda, es agua que contiene dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que burbujea cuando la bebida se despresuriza.



FIGURA 1.2 Agua carbonatada



### Agua de mesa

Este producto es por el que la mayoría de pequeños empresarios optan, debido a que su producción es la más fácil en comparación con los otros. Se lo encuentra en diferentes presentaciones, desde las botellas de 500cc hasta los "botellones o garrafas" de  $20.000\text{cm}^3$ .



FIGURA 1.4 Agua de mesa, garrafas de  $20.000\text{cm}^3$  (20 litros)

### Bebidas energizantes

Este tipo de bebidas se ha popularizado, debido a que ofrecen una "hidratación adecuada" para el deportista. Es la mezcla de agua con sales minerales y vitaminas como el complejo vitamínico B.

### Bebidas vitaminizadas

Estas a más de ofrecer calmar la sed, poseen vitaminas A, B, D, etc. lo que las hace competitivas en el mercado, pues existe un mercado que no es deportista pero que busca una bebida que cuide su salud.

### Concentrados:

Muchas personas prefieren lo natural, es decir bebidas de frutas concentradas sin presentantes o aditivos.

### Jugos

Al igual que los concentrados, son elaborados a base de frutas pero con la diferencia que se les agrega agua para diluir su concentración.



FIGURA 1.5 Jugos embotellados

### Té y bebidas artificiales

Estas se elaboran a base de agua, el sabor y color que se le adiciona es artificial. Actualmente podemos encontrar sabores que van desde la conocida manzanilla hasta una gran variedad de sabores de frutas.



## 1.2 Análisis de rentabilidad

En el Ecuador, como en los demás países de Latino América ha aumentado el consumo de agua embotellada, llegando a tal escala que México se ha convertido en el principal país latinoamericano en consumir este tipo de bebidas per capital, y segundo lugar en el mundo; esto según la Asociación Nacional de Productores y Distribuidores de Agua Purificada en México. En Europa el sector de las bebidas sin gas lleva creciendo cerca del 9% anual desde 1999 y en el 2002 facturó 458 millones de euros.

Los empresarios embotelladores de agua vieron una oportunidad de mercado debido a la inseguridad que producía al consumidor beber agua hervida.

Por ello surgió la empresa del agua embotellada con presentaciones variadas: 250cc, 350cc y 500 cc, 1.500cc (litro y medio), garrafón, etc. pero la más redituable es la presentación individual de 500cc.

En nuestro país actualmente se comercializan también los tamaños de 650cc y 750cc con el fin de ofrecer mas producto por el mismo precio de la botella de 500cc el cual es de 25 centavos. Esto reduce el margen de ganancia por botella pero se gana mercado y se vende más producto, aumentando los ingresos totales de las ventas.



FIGURA 1.6 Diferentes presentaciones de agua de mesa

### 1.3 Marcas famosas VS Agua de mesa "sin gas"

La venta de agua embotellada ha crecido llegando a tal punto de competir con los refrescos, pero las empresas "refresqueras", han aprovechado sus equipos para embotellar agua purificada, la cual ofrece gran ventaja puesto que no requieren insumos extras como azúcar y colorante. Las empresas cerveceras no se quedan atrás y también han escogido esta opción. El agua embotellada saborizada surge debido a que los consumidores se "aburrían" de tomar agua natural, sin sabor; así pues, otra opción es el agua con sabor.

La sociedad recientemente ha reflexionado por comer y beber sano y hacer ejercicio, esto ha beneficiado muy directamente a la industria de bebidas embotelladas sin gas del país. Muchas de las campañas publicitarias para dichos productos van encaminadas a cuidar la salud.

Este mercado ha crecido mucho en los últimos años y lo más probable es que se mantenga esta tendencia durante los próximos años. El segmento de botellas PET (Polietileno teraftalato) de 250cc y 300cc es el que más creció.

La entrada en este mercado, hace ya algunos años, de las grandes multinacionales de bebidas refrescantes, como Coca-Cola, no sólo ha generado un aumento de las ventas de agua envasada, sino una guerra de precios para llegar a todo tipo de clientes, principalmente a los jóvenes con edades comprendidas entre los 14 y los 25 años.



## CAPITULO 2

### 2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAS BEBIDAS NO GASIFICADAS

La producción de bebidas no gasificadas empieza desde que se fabrica el preformado PET por inyección para luego formar la botella por soplado de aire. La variedad de moldes permite producir preformas desde 17 grs. hasta 106 grs. en distintos colores.

Los empresarios para tener un ahorro y con esto obtener más ganancias buscan una botella económica que pese menos lo que se traduce en botellas cada vez más delgadas, las que poseen menos resistencia a la compresión.





**FIGURA 2.1** Preformas de botellas pet

El proceso de purificación a usar debe de garantizar una calidad de agua libre de bacterias, olores y con valores menores a  $1\mu$  de PPM. esto se consigue por medio de filtros de  $10\mu$ ,  $5\mu$  y  $1\mu$ . Obteniendo un agua cristalina, sin olores y sobre todo apta para el consumo humano.

### **2.1 Propiedades generales de la botella PET.**

El PET (polietileno tereftalato) es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol.

Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado

mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado.



FIGURA 2.2 Materia prima PET (tereftalato de polietileno)

Presenta como características más relevantes:

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Alta resistencia al desgaste
- Muy buen coeficiente de deslizamiento
- Buena resistencia química
- Buenas propiedades térmicas
- Muy buena barrera a  $\text{CO}_2$ , aceptable barrera a  $\text{O}_2$  y humedad.

- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Totalmente reciclable
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material haya alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas.

El proceso más común es aquel en que las moléculas del polímero se orientan en dos direcciones distintas. En el caso de los envases la orientación tiene lugar según una dirección longitudinal, paralela al eje del envase, y según una dirección transversal al mismo. Es precisamente esta propiedad, conocida como biorientación, la que confiere al PET una elevada resistencia mecánica, lo que unido a su transparencia, hace que resulte un material idóneo para el envasado de

productos líquidos. En el caso de los envases obtenidos por termoformado la lámina presenta una estructura reticular casi perfecta que además de su resistencia y baja permeabilidad dota al envase de una gran transparencia.

### **Envases.**

Es el recipiente que contendrá y mantendrá el producto a envasar, por lo cual es importante su adecuada selección. Para ello se han definido las siguientes variables:

- a) Tamaño
- b) Materiales
- c) Forma
- d) Peso
- e) Usos

#### **a) Tamaño.**

En nuestro país los tamaños de envase más usuales y comerciales son las botellas de: 350 cc; 500cc; 1000cc; 1500cc; 2000cc; y 4000cc. La TABLA 2.1 nos muestra las dimensiones generales de alguna de ellas.

TAMAÑO DEL ENVASE cc.	DIMENSIONES GENERALES		
	DIÁMETRO mm	ALTURA mm	SECC. TRANSV. mm <sup>2</sup>
350	58	183	2642.08
<b>500</b>	<b>67</b>	<b>210</b>	<b>3525.65</b>
1000	77	252	4656.78
1500	94	287	6939.78

TABLA 2.1 Dimensiones generales de los envases

#### b) Materiales.

Existen muchos materiales que se usan en la fabricación de los envases de productos líquidos, entre los que nombraremos los siguientes:

**Plásticos.** Es un nombre genérico que se le da a los polímeros artificiales los cuales se amoldan fácilmente para formar envases. Entre los plásticos más comunes que se usan para la fabricación de envases están:

- PVC. (Polivinil cloruro).
- PET (Polietileno tereftalato)
- POLICARBONATO.

**Vidrio.**- Es un nombre común que se le da a los envases de borosilicato. Estos envases han salido prácticamente del negocio del agua embotellada por su fragilidad y por su elevado costo.

**c) Forma.**

Esta varía mucho, dependiendo de las peticiones del mercado y a una estrategia de marketing de las empresas, las mismas que pueden ser de dos tipos:

**Genérica:** Es la botella común y corriente con un diseño estándar y que se adapta a una sección redonda.

**Particular:** Es la botella que se ajusta al capricho y diseño de los dueños de la marca y el molde.

**d) Peso.**

La tecnología de producción de envases ha permitido la optimización en el peso de los envases y poner en el mercado una amplia colección de diseños atractivamente comerciales.



MERCADO	Vol. (lt.)	Evolución del peso (gr.)			comentario
		1980-1990	1990-2000	2000-2010	
Refrescos	2,0	69-64	57-52	48-44	en el límite tecnológico de la mejora
	1,5	57-50	48-44	44-42	
	1,0		42-36	36-34	
	0,5		26-23	23-22	
Agua Mineral	2,0		51-48	46-44	en el límite tecnológico de la mejora
	1,5	36-32	32-31		
	0,5		25-23	22-21	
	0,3		17-15	14-13	
Aceite Comestible	5,0	110-105	100-95		en el límite tecnológico de la mejora
	1,0	34-31	29-26	26-24	

TABLA 2.2 Optimización Tecnológica del peso en algunos envases

### e) Usos.

En la tabla siguiente se relacionan los sectores, el tamaño más estándar, el material alternativo que coexiste con el PET o que ha sido sustituido por éste y algunos comentarios sobre la situación actual y las perspectivas de futuro.

Evolución de los Mercados del PET				
Sector	Tamaño (Lt)	Aplicación	Material Sustituido	Comentarios
Bebidas Refrescantes	0,2-2,0	alimentación	Vidrio, lata	consolidado
Ag.Minerales	0,2-2,0	alimentación	Vidrio, PVC, HDPE	consolidado
Aceite Comes.	0,5-5,0	alimentación	PVC, HDPE, vidrio	consolidado
Vinagres	1L	alimentación	PVC, HDPE, vidrio	consolidado
Salsas	0,3-0,5	mostaza, mayonesa	Vidrio, HDPE	implantándose
Cosmética	0,3-1,0	cremas	HDPE, PVC	implantándose
Farmacia	0,3-0,5	bucales, jarabes	Vidrio	implantándose
Licores	0,1-0,5	petacas licores	vidrio	consolidado
Detergentes	1,0-1,5	Frega suelos, vajillas	PVC, HDPE	consolidado
Químicos	1,0-5,0	Insecticidas, disolventes	Vidrio, aluminio	consolidado
Frutos Secos	0,3-1,0	cacahuetes, almendras	Vidrio	implantándose
Pre-cocinados		bandejas microondas	cerámica	implantándose
Preparados		ensaladas	PS	implantándose
Frutas		bandejas frutas	LDPE,PS,PVC	implantándose
Cerveza	0,5-1,5	distribución, bar	vidrio	en desarrollo
Zumos	0,5-1,5	distribución, bar	vidrio, cartón para bebidas	en desarrollo
Deportivos	0-5-1,5	Energéticos, esfuerzo	vidrio	en desarrollo
Lácteos	0,3-1,5	Leches, yogures	cartón para bebida	en desarrollo

TABLA 2.3 Evolución de los mercados del PET



Esta diversificación tan importante ha originado que el PET haya experimentado un gran crecimiento en su consumo y que siga siendo el material de embalaje que actualmente presenta muchas expectativas de crecimiento.

## **2.2 Fabricación de la botella PET.**

El plástico es el material que más se usa para embalaje, es ligero y puede moldearse en complicadas formas de muchos colores diferentes, aparte, de que se le puede apretar para hacer salir el contenido.

El polietileno de baja y alta densidad (LDPE y HDPE), polipropileno (PP) y el tereftalato de polietileno (PET) son plásticos relativamente baratos para el embalaje y se moldean fácilmente siendo muy atractivos, con un acabado brillante de alta calidad. El PVC se usa para bandejas, botellas, y también para aceite, jarabes y jugos de frutas entre otros, pero tienen el inconveniente de que se puede agrietar o partir cuando se cae.

El presente sección se centrará en el estudio del PET. Todo el proceso de la elaboración de este tipo de botella se lo puede dividir en 8 etapas:

- a) Llenado de la tolva
- b) Secado del Pet
- c) Inyección del Pet
- d) Transporte de la preforma
- e) Soplado de la preforma
- f) Transporte de la botella

El proceso comienza con la compra de la materia prima llamada Pet. El cual es un polímero plástico que es empacada usualmente en sacos de 900 kilogramos, el cual es comprado usualmente en Colombia, Venezuela o Brasil. Siendo su principal contaminante la humedad.



FIGURA 2.3 Saco de PET "AMCOR"



### A) Llenado de la tolva.

Para comenzar se coloca el Pet en una plataforma donde se introduce un tubo que esta conectado a una manguera flexible, la cual está acoplada a una sistema de vacío que succiona el aire existente en el sistema. Sobre la tolva en la entrada hay un sistema compuesto por un cilindro, el cual al abrirse cierra el circuito entonces el aire succionado por la bomba de vacío hace subir el PET desde la plataforma hasta la tolva.



FIGURA 2.4 Tolva alimentadora de PET



**B) Secado del PET.**

Con la carga completa el proceso de secado se inicia aproximadamente 4 horas antes del proceso de inyección para garantizar que el Pet este bien seco. Se eleva la temperatura del aire aproximadamente a 120°C (Esta temperatura depende del grado de humedad que tenga la materia prima).

El PET es secado inyectándole aire caliente y libre de humedad, el aire se toma del ambiente pasando por un secador de aire el cual calienta el aire y por un cilindro donde unos granos de silica absorben la humedad. Este aire ya tratado e inyectado por la parte inferior de la tolva, sube y sale por un conducto el cual lo conduce al secador para ser tratado de nuevo. De esta manera el aire recircula constantemente, ahorrando energía ya que el aire llega con una temperatura superior a la del ambiente.

**C) Inyección del PET**

El Pet después de ser secado es conducido por un tornillo hasta la entrada de material del cañón de inyección, donde el tornillo transportador accionado por un motor hidráulico lo mueve; este cañón en su parte externa esta cubierto por resistencias eléctricas

la cual empuja las preformas desde la boca hasta que se caen por gravedad.



FIGURA 2.6 Diferentes tipos y tamaños de preformas PET

Entonces el macho del molde comienza su avance hasta cerrar con la hembra y se inicia el ciclo de nuevo.

#### D) Transporte de la preforma.

Al caer la preforma la recibe una transportadora la cual mueve las preformas por medio de una corriente de aire la cual hace subir las preformas hasta un mesón donde se le sopla aire a temperatura ambiente para terminar.

Al final de este mesón hay un bajante el cual conduce las preformas hasta los sacos de pre-embalaje.





**D) Transporte de la preforma.**

Al caer la preforma la recibe una transportadora la cual mueve las preformas por medio de una corriente de aire la cual hacer subir las preformas hasta un mesón donde se le sopla aire a temperatura ambiente para terminar.

Al final de este mesón hay un bajante el cual conduce las preformas hasta los sacos de pre-embalaje.

**E) Soplado de la preforma.**

EL saco de pre-embalaje es coloca sobre un embudo, por el cual entran las preformas. Pasan a una transportadora de correas escalonadas las cuales la llevan a una perfiladora que las coloca en fila y con la boca hacia arriba.

Las preformas son tomadas por unos mandriles que las llevan por un horno tipo canal, este tiene aproximadamente 40 lámparas UV, estas son las responsables de elevar la temperatura de las preformas.

Posteriormente la preforma se introduce (todavía la preforma esta montada en el mandril que la toma al principio del proceso) en el molde de soplado el cual se abre en dos partes como las hojas de



una ventana, las cuales tienen en su parte interna la forma exterior de la botella.

Cuando el molde se cierra con la preforma en su interior, en la boca del mandril se introduce un inyector neumático, por este se desliza una barrilla que estira la preforma hasta el fondo del molde y se retira rápidamente, por el inyector se introduce aire a la preforma (la presión mínima es de 4MPa), la preforma por esta presión comienza a expandirse hasta llegar a las paredes del molde, donde esta por un momento para ser enfriada.

Posteriormente se abre el molde y un brazo mecánico toma la botella por el mandril y la coloca en la línea de transporte, este mismo brazo extrae el mandril de la botella.

#### **F) Transporte de la botella.**

La botella es colocada en la línea la cual es una transportadora tipo correa que lleva la botella hasta la etiquetadora, que prácticamente esta estación esta montada en la línea.

### 2.3 Purificación del agua.

Dependiendo del origen del agua tratar, serán los procesos que se deberán considerar para la planta purificadora de agua. Existen muchos procesos de purificación, estos dependen del tipo de agua que se tiene como materia prima, es decir si se desea purificar un agua de río que posee muchos sólidos en suspensión es necesario hacer un proceso previo para precipitar estos sólidos. Si en cambio tenemos un agua de pozo con abundantes cantidades de hierro, magnesio, manganeso, etc. es necesario primero usar resinas catódicas o aniónicas para luego continuar con el proceso de purificación.

Existen otros procesos para purificar el agua y depende del tipo de contaminante existente en ésta, el Anexo 1 (National Primary Drinking Water Standards – Environmental Protection Agency – United States) muestra una lista de agentes contaminantes como microorganismos, sustancias radiactivas y productos químicos orgánicos e inorgánicos. También se hallan los efectos en el hombre y las cantidades permitidas de los mismos para que el agua sea apta para el consumo humano.

Cabe mencionar un proceso muy comúnmente utilizado para la purificación del agua llamado osmosis inversa que es la separación de componentes orgánicos e inorgánicos del agua por el uso de presión



ejercida en una membrana semipermeable mayor a la presión osmótica de la solución. La presión forzara al agua pura a través de la membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. El resultado es un flujo de agua pura, esencialmente libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias.

En el Ecuador se purifica el agua proveniente de la red pública, ésta agua debería de llegar en condiciones idóneas para ser consumida por la población, pero debido a la deficiente red de distribución que existe en la ciudad de Guayaquil, la mayoría de los hogares obtienen un agua poco recomendable para el consumo humano. Por tal motivo para poder envasar agua se debe de hacer un proceso de purificación el cual se observa en la figura 2.8 mostrada a continuación.

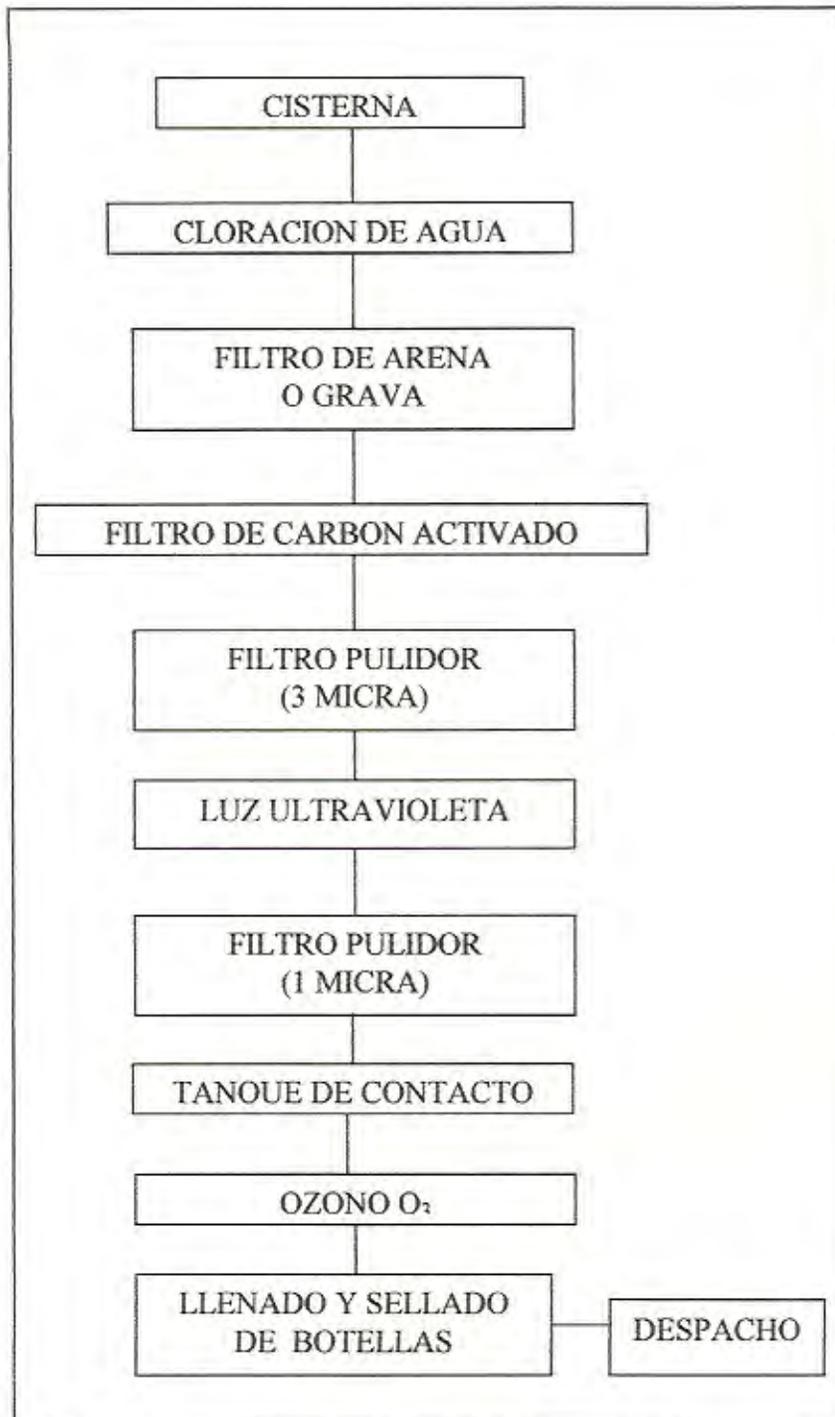


FIGURA 2.7 Proceso de purificación del agua

a) **Procesos de purificación por cloración.**

Antes de iniciar el proceso, el agua es almacenada en Tanques Plásticos y el agua es clorada con Hipoclorito de Sodio al 5%. El cloro elimina la mayor parte de las bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua. No se necesita añadir mucho cloro, una concentración de 0,5 ppm es suficiente para destruir bacterias e inactivar el virus, después de un tiempo de reacción mínimo de 30 minutos. La concentración de cloro es verificada por análisis por el método de Ortolidina.

b) **Filtro de grava.**

La función de este filtro es de detener las impurezas grandes (sólidos mayores de 10 micras) que trae el agua al momento de pasar por las camas de arena y quitarle lo turbio al agua, estos filtros se regeneran periódicamente. Dándoles un retro-lavado a presión, para ir desalojando las impurezas retenidas al momento de estar filtrando.

c) **Filtro de carbón.**

El agua pasa a columnas con Carbón Activado. El carbón activado ha sido seleccionado considerando las características fisicoquímicas del agua, obteniendo eficiencia en la eliminación de cloro, sabores y

olores, y una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos categorizados como productos químicos dañinos de origen "moderno" tales como: pesticidas, herbicidas, metilato de mercurio e hidrocarburos clorinados.

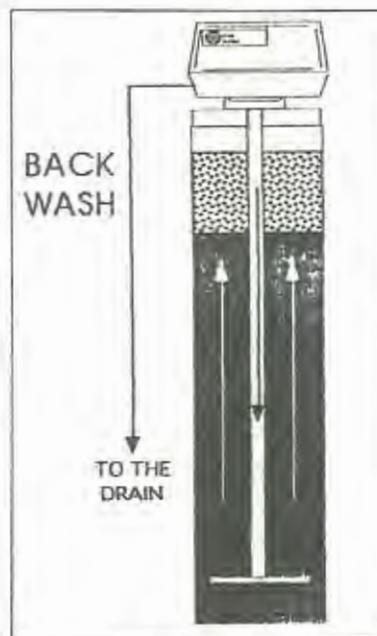


FIGURA 2.8 Filtro de carbón

d) **Filtro pulidor (3 micra).**

La función de este filtro es de detener las impurezas pequeñas (sólidos mayores de 3 micra). Los pulidores son fabricados en polipropileno grado alimenticio (FDA).



e) **Luz ultravioleta.**

Funciona como un germicida, ya que anula la vida de las bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas que vienen en el agua, mediante la luz ultravioleta, los microorganismos no pueden proliferar ya que mueren al contacto con la luz. Y el agua al salir del equipo de luz ultravioleta va libre de gérmenes vivos.

f) **Filtro pulidor (1 micra).**

Un agua de calidad no debe de tener más de 1 micra de tamaño de las partículas sólidas. La función de este filtro es de detener las impurezas pequeñas, es decir sólidos mayores o iguales a 1 micra. Después de este paso se puede tener un agua brillante y cristalina.

g) **Ozonificación.**

El Ozono destruye los microorganismos en unos cuantos segundos por un proceso denominado Destrucción de Celda. La ruptura molecular de la membrana celular provocada por el Ozono, dispersa el citoplasma celular en el agua y lo destruye, por lo que la reactivación es imposible.

Debido a que los microorganismos nunca generarán resistencia al Ozono, no será necesario cambiar periódicamente los germicidas. El

Ozono actúa sobre el agua potable eliminando por oxidación todos los elementos nocivos para la salud como son virus, bacterias, y hongos.

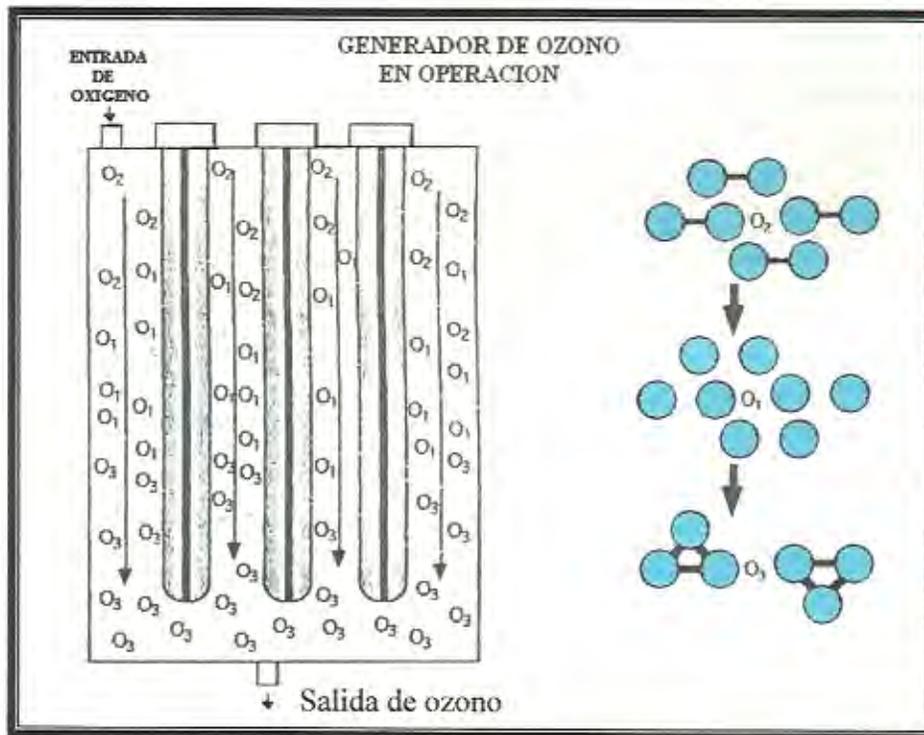


FIGURA 2.9 Generador de Ozono en Operación

#### 2.4 Llenado de la botella.

La forma del llenado depende mucho del tipo de producto que se desea sacar al mercado, de manera que la forma de llenado se puede dividir en los siguientes grupos:



- Llenado por gravedad : Éste se produce por la diferencia de presiones entre la tubería que va del tanque principal del liquido hasta la válvula de llenado, sin que exista empuje mecánico, ni gaseoso del liquido que escapa. En el presente trabajo se utilizará este tipo de llenado.

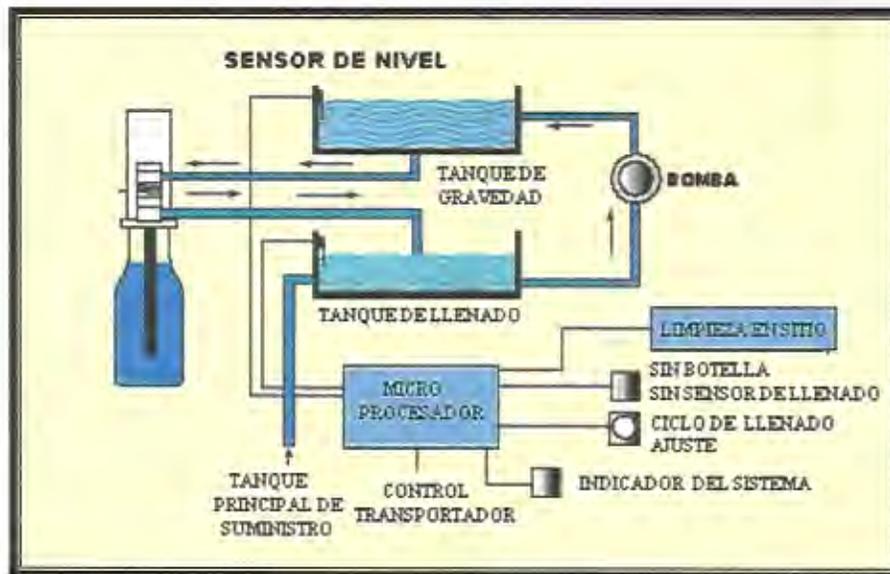


FIGURA 2.10 Esquema de llenado por gravedad

- Llenado por gas carbónico (  $CO_2$  ) : La utilización de  $CO_2$  en los líquidos produce efervescencia en los mismos y a estas bebidas se las conoce como bebidas carbonatadas. Las válvulas que operan en este tipo de llenado son muy elaboradas pues generalmente se busca que exista un equilibrio en el tanque de llenado.



- Llenado volumétrico : El llenado volumétrico se da cuando las válvulas de llenado están compuestas por un actuador neumático, el mismo que a través de una válvula de retención en una posición absorben la cantidad necesaria de líquido para llenar al botella y en otra posición del actuador expulsa el líquido a través de una válvula al envase o recipiente.

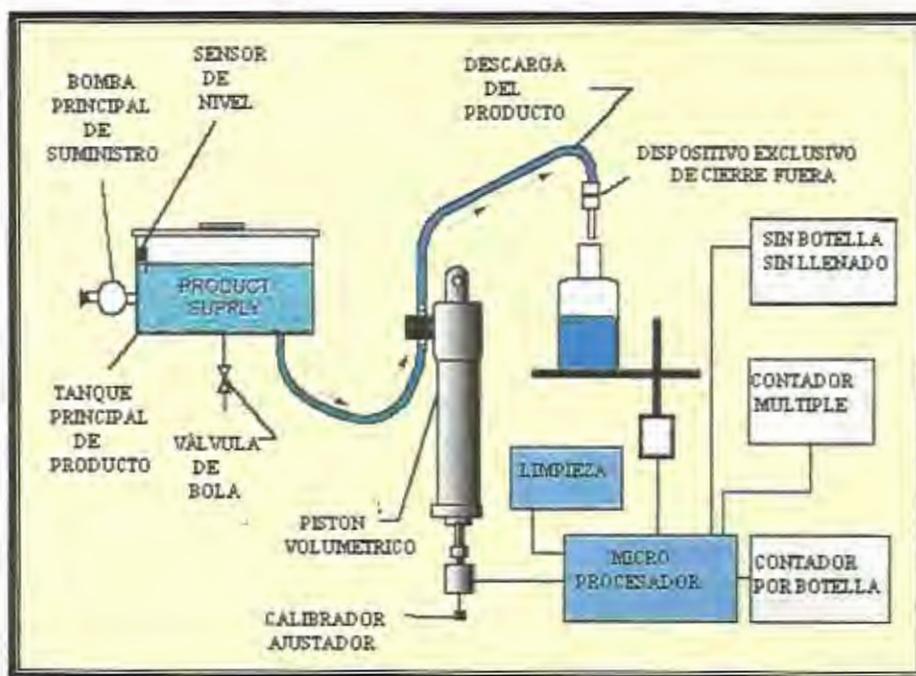


FIGURA 2.12 Esquema de llenado volumétrico

## 2.5 Embalaje.

En la paletizadora las botellas son organizadas por piso y en cuadros, esta maquina después de hacer cuadros con las botellas las mueve hasta unas pinzas las cuales bajan el cuadro y lo colocan sobre una

paleta, al dejar el cuadro las pinzas se retraen y suben de nuevo, así sucesivamente hasta completar la paleta.

Después se toma la paleta y se lleva hasta una plataforma giratoria, que a su lado está una columna la cual tiene un rollo de envoltura plástica; el cual se adhiere a la punta inferior de la paleta y se enciende la plataforma, el rollo sube progresivamente hasta quedar todos los lados de la paleta recubiertos de envoltura plástica, se corta el plástico y se lleva la paleta hasta el almacén.



FIGURA 2.13 Proceso de embalaje , paletizado y transporte

Debido a su ligereza, un camión puede transportar, en el caso de sustitución del vidrio, un "60% más de contenido y un 80% menos de envase", lo que supone un ahorro en combustible.

## CAPITULO 3

### 3. TIPOS DE LLENADORAS

Se llama llenadora al equipo que se utiliza para introducir un líquido, sólido o gas en un recipiente. En el caso particular de una llenadora de botellas para agua, se la puede clasificar de acuerdo al flujograma mostrado en la figura 3.2

Este trabajo va dirigido al pequeño empresario, por lo cual nos centraremos en la llenadora vertical mostrada en la figura 3.1. Pues la llenadora rotativa es usada para grandes volúmenes de producción y tiene un costo mucho mayor.

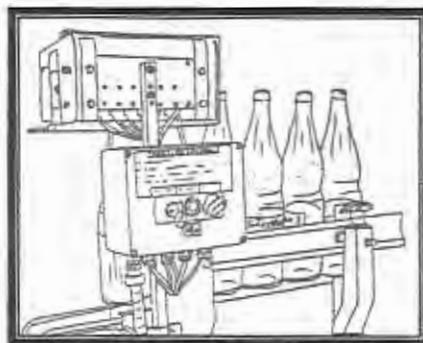


FIGURA 3.1 Máquina llenadora vertical

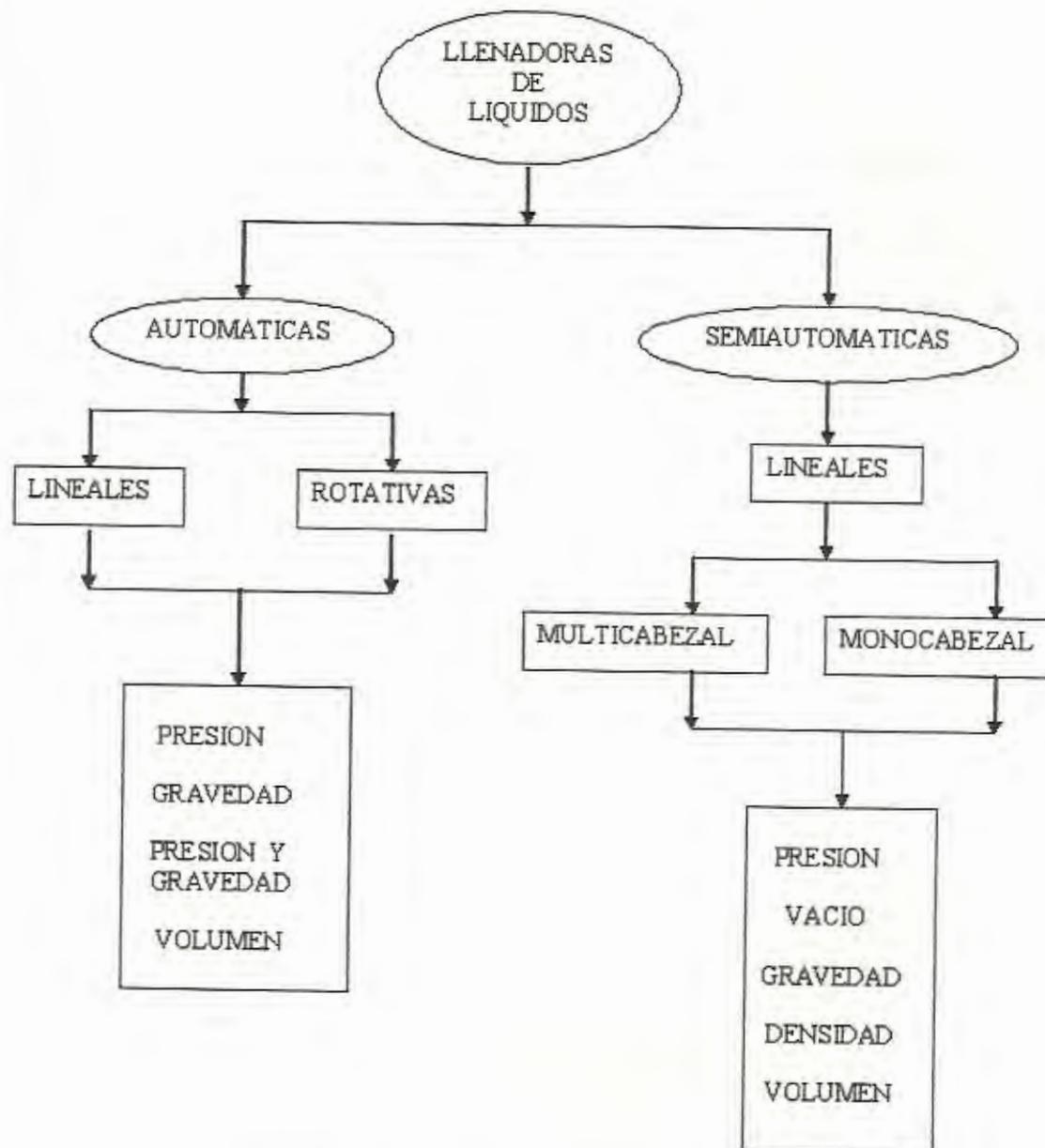


FIGURA 3.2 Clasificación de las llenadoras de líquidos <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Tesis de Grado, Richard Lavayen

### **3.1 LLENADORAS AUTOMÁTICAS Y SEMIAUTOMÁTICAS.**

**LLENADORAS AUTOMÁTICAS.-** Son aquellas que realizan el trabajo de llenado del producto sin que en su realización intervenga el operador, es decir controlan tiempo de posicionamiento de la botella, la cantidad del líquido utilizado, apertura o cierre de válvulas, etc. Estas llenadoras se subdividen en: llenadoras rotativas y llenadoras lineales. Ver Figura 3.2 y 3.3

**LLENADORAS SEMIAUTOMÁTICAS.-** Son aquellas en las que el accionamiento de algún elemento del trabajo de envasado se realiza manualmente por un operador. Estas llenadoras son por lo general del tipo lineal. Ver Figura 3.1

### **3.2 LLENADORAS ROTATIVAS.-**

Son aquellas en las que la alimentación de envases, las válvulas de llenado y la operación de envasado se lo realiza en un sistema tipo carrusel; para lo cual se utiliza un sistema de estrellas de alimentación y salida de envases las cuales van sincronizadas al tanque porta válvulas de llenado.

Estas llenadoras generalmente son automáticas en su operación. A su vez éstas llenadoras pueden ser:

- Por gravedad.
- Por presión y gravedad.
- Por volumen.

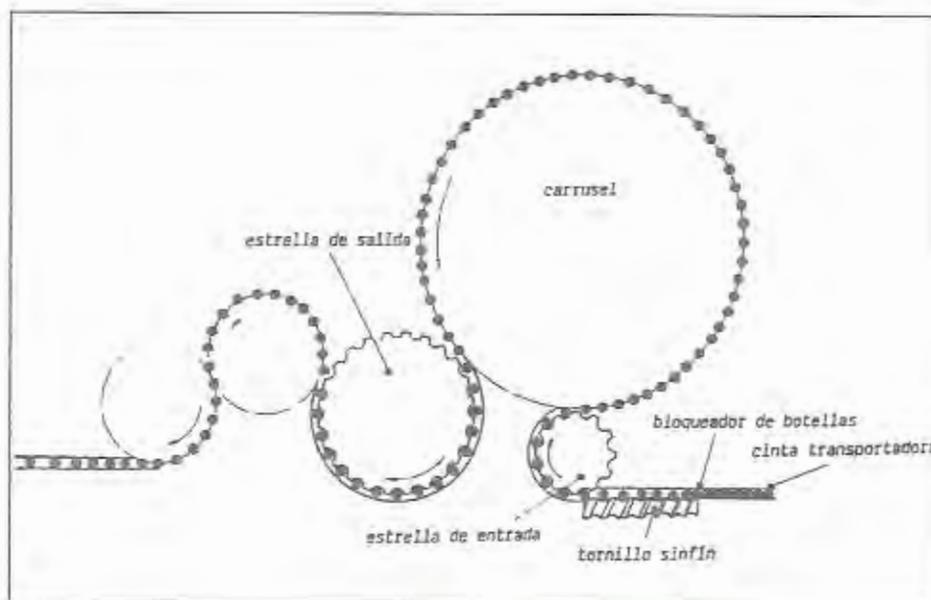


FIGURA 3.3 Esquema de maquina llenadora rotativa

### 3.3 LLENADORAS LINEALES.-

Son aquellas en las que la válvula de llenado se posiciona sobre la botella, generando una fuerza de compresión en la cabeza de la botella, es sistema se conoce como transportador posicionador el cual debe de estar perfectamente alineado.

La alimentación o el accionamiento del cabezal de llenado es manual en el caso de llenadoras semiautomáticas. Y la alimentación y operación del cabezal de llenado es automática cuando la operación es controlada por un PLC o por sistemas de control electroneumáticos o electromecánicos.

Las llenadoras Lineales pueden ser de dos tipos:

**MONOCABEZAL.-** Es aquella que posee una sola válvula de llenado.

**MULTICABEZAL.-** Son aquellas en las que el cabezal posee más de una válvula de llenado.



FIGURA 3.4 Maquina llenadora Lineal

Con relación al producto que se va a manejar en la operación de envasado, las llenadoras lineales pueden ser:

- LINEALES DE PRESIÓN.
- LINEALES DE VACÍO.
- LINEALES DE VOLUMEN.
- LINEALES POR GRAVEDAD.

Todas estas formas de llenado fueron desarrolladas en el capítulo previo sección 2.4 (llenado de la botella)



# CAPITULO 4

## 4. DISEÑO DE LA MAQUINA DE LLENADO

Los requerimientos de llenado abarcan la velocidad del flujo de líquido que se desea envasar, el número de válvulas de llenado, las propiedades físicas y químicas del fluido, el tiempo máximo de llenada de cada botella, la resistencia a la compresión de la botella PET y la producción diaria deseada.

Para poder establecer con mayor claridad estos parámetros se empezará con el diseño de forma que permite establecer dimensiones generales preliminares de cada uno de los elementos o mecanismos que componen la llenadora. Las dimensiones que se presentarán más adelante son preliminares y son basadas en la disposición de espacio físico que se requiere para el acomodo de cada elemento de los mecanismos que componen el sistema.

Una vez establecido el diseño de forma se procede a desarrollar el diseño mecánico. El mismo que determinara las dimensiones finales de los elementos de la llenadora.

#### 4.1 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño son las diferentes variables que van a modificar los cálculos respectivos para poder dimensionar éste equipo.

Entre los parámetros que influyen tenemos los siguientes:

- a.- Envases
- b.- Productos

##### a.- Envases.

El envase de 500 cc da una limitante en la carga que puede soportar la botella luego de ser ubicada linealmente debajo de la válvula llenadora, esta puede soportar una fuerza máxima de 15.5N, sobrepasando este valor se deforma, afectando el sello que debe de existir entre el la botella y la válvula, y el llenado se produciría de una forma ineficiente, originando perdidas del producto y en la mayoría de los casos se pierde el envase.

productos que se podría manejar en ésta llenadora están los siguientes:

- ALIMENTOS Y BEBIDAS
- COSMÉTICOS
- FARMACÉUTICOS
- QUÍMICOS
- OTROS.

El uso de cada uno de estos productos esta estrechamente ligado a su viscosidad, la cual varía con la temperatura. El presente trabajo se enfoca en el llenado de agua purificada la misma que posee las siguientes características a 25°C.

<b>TIPO DE FLUIDO</b>	<b>DENSIDAD (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>CEN TIPOISE (Cp)</b>	<b>CEN TISTOKES (cST )</b>
AGUA	999	1	1

TABLA 4.1 Densidad y viscosidad del agua a 25°C.

TIPOS DE PRODUCTOS				
ALIMENTOS & BEBIDAS	COSMÉTICOS	FARMACÉUTICOS	QUÍMICOS	OTROS
AGUA DE MESA	PERFUMES	ALCOHOL	ACEITE DE MOTOR	LÁCTEOS
JUGO DE FRUTAS	ACEITES	SOLUCIONES SALINAS	TINTAS	SHAMPOO MASCOTAS
TÉ	LOCIONES	JARABE MEDICO	PINTURA	FERTILIZANTES
BEBIDAS ENERGIZANTES	SHAMPOO	AGUA DESTILADA	INSECTICIDA	DESINFECTANTES

TABLA 4.2 Tipos de productos que se pueden llenar.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA  
 SUBSECRETARÍA DE FOMENTO Y  
 COMERCIO EXTERNO  
 F.M.C.F.



STO

#### 4.2 DISEÑO DE FORMA.

El diseño de forma se basa en la observación de maquinas similares que se encuentran en la industria de las bebidas. A continuación se describe el proceso de llenado:

- a. Uno de los objetivos de este trabajo es obtener una producción de 50 – 80BPM (botellas por minuto), para lo cual se debe de asumir un numero de adecuado de válvulas que cumplan con este requerimiento. El numero de válvulas escogido es de 12.
- b. Se transporta la botella vacía a través del transportador hasta posicionar cada una de las 12 botellas debajo de su respectiva válvula de llenado.
- c. El proceso es controlado mediante sensores de posicionamiento los cuales cuentan el numero de botellas deseadas y luego dan la orden de parada al transportador.
- d. Luego simultáneamente se aprisiona la botella desde el cuello y se acciona el cilindro neumático que produce el descenso de las válvulas de llenado.

- e. Después que transcurre un determinado tiempo en el que se garantice el llenado de la totalidad de los envases, se liberan las botellas y se elevan las válvulas, permitiendo así la salida de las botellas.
- f. Las botellas llenas de líquido son desalojadas por el accionamiento del transportador y simultáneamente las botellas vacías son colocadas en posición para ser llenadas.

De esta manera se completa el ciclo de llenado. Los tiempos que requieren cada una de las etapas del llenado, se muestran en la siguiente tabla.

TIEMPO	OPERACIÓN
2 seg	Entrada de la botella a la posición de llenado
1,5 seg	Posicionamiento de la válvula llenadora y aprisionamiento
5 seg	llenado
1,5 seg	Salida de la válvula llenadora
2 seg	Salida de la botella

TABLA 4.3 Tiempos requeridos para el funcionamiento de la llenadora



Con estos tiempos tenemos una producción aproximada de 72 BPM (botellas por minuto), si la maquina trabaja 8 horas diarias, tendremos una producción aproximada de 34560 botellas al día, lo que cumple con demasía la demanda de un mediano productor.

Para tener una mejor comprensión de los elementos principales, se los agrupó en sistemas, con sus diferentes partes; las cuales se muestran a continuación.

- SISTEMA DE LLENADO:

- Formado por:
- Tanque de llenado o tazón. (Plano A1)
  - Tanque colector. (Plano A2)
  - Válvula de llenado. (Plano A3)
  - Control de nivel. (Plano A4 )

- SISTEMA DE TRANSPORTE:

- Formado por:
- Cinta transportadora.

- SISTEMA NEUMATICO.

Formado por: - Pistón.

- Soportes y guías de pistón.

- SISTEMA ESTRUCTURAL

Formado por : - Mesa de la llenadora.

- Tornillos de nivelación.

La figura 4.2 muestra la llenadora dibujada en tres dimensiones en autoCAD 2004. Así se puede apreciar todos los sistemas juntos.



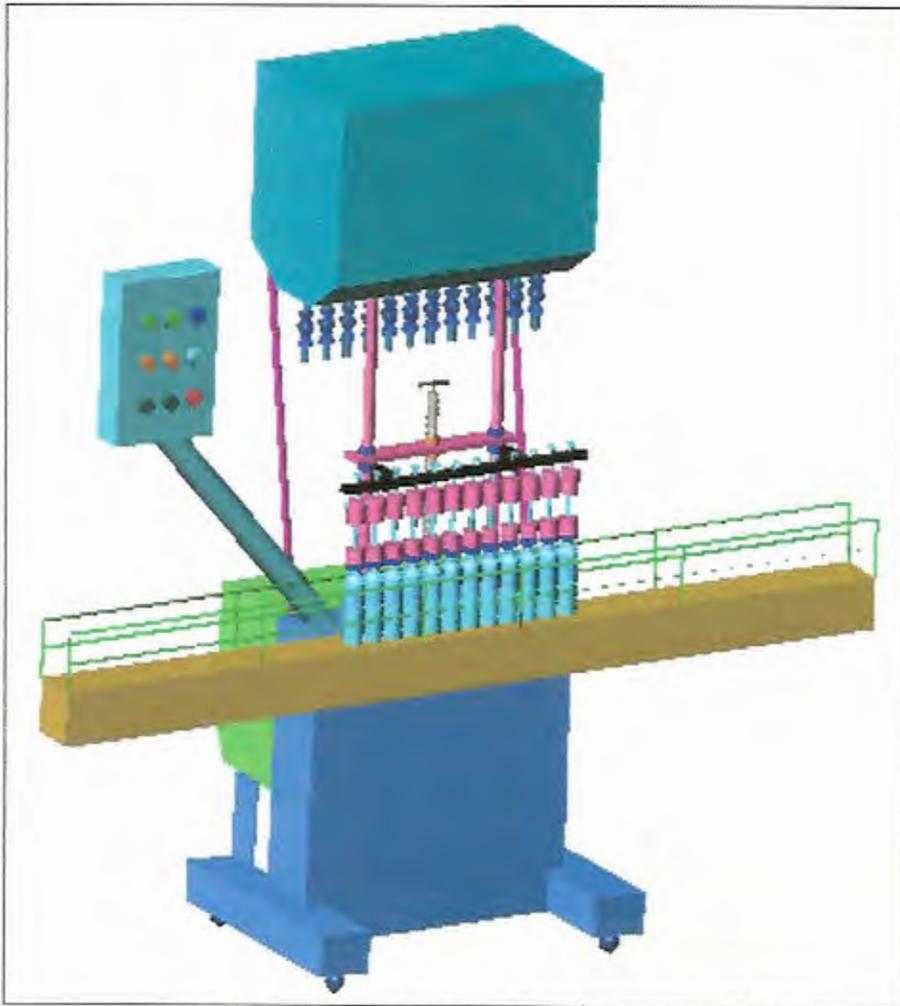


Figura 4.2 Llenadora lineal para botellas de 500cc

### 4.3 Diseño y selección de elementos.

Para el diseño y selección de los elementos mecánicos de esta llenadora se emplearan herramientas matemáticas, teorías, ecuaciones, métodos iterativos, etc. Todo esto para la realización física de maquinas, dispositivos y sistemas.

Luego de hacer el diseño de forma (sección 4.1) se procederá a justificar o modificar las dimensiones. Una vez determinados éstos valores se podrán precisar las dimensiones definitivas de los elementos de los diferentes mecanismos, así como la selección de los elementos adecuados.

#### 4.3.1 Válvula de llenado del líquido

Tomando como base el Plano A1 (tanque de llenado o tazón) se puede establecer la presión que ejerce la columna de agua. Para tal efecto se procede a usar las siguientes formulas:

$$P = \rho_{H_2O} * g * h \quad (1)$$

Donde:

P = Presión

$\rho_{H_2O}$  = Densidad del agua

$g =$  gravedad

$h =$  altura de la columna de agua

1.- Datos conocidos:

$$\rho_{H_2O} = 999 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$h_{\min} = 0.934 \text{ m (figura 4.3)}$$

$$h_{\max} = 1.034 \text{ m (figura 4.3)}$$

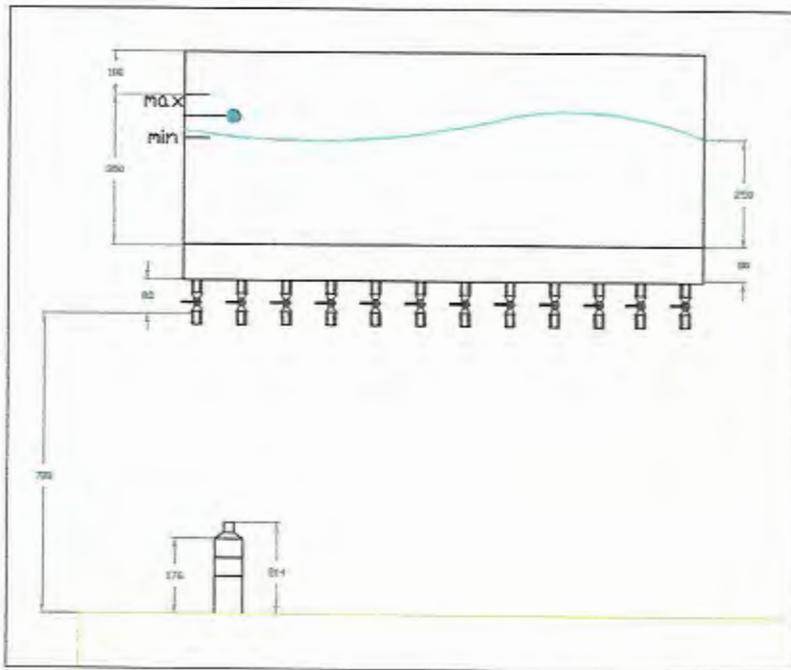


FIGURA 4.3 Distancia del tanque principal a la botella pet 500cc

2.- Usando la formula (1) se obtiene  $P_{\min}$  y  $P_{\max}$ :

$$P_{\min} = 999 * 9.81 * 0.934$$

$$P_{\min} = 9153.38 \text{ Pa}$$

$$P_{\max} = 999 * 9.81 * 1.034$$

$$P_{\max} = 10133.40 \text{ Pa}$$

3.- Para poder establecer la fuerza requerida entre la botella y el sello de la válvula se usa la siguiente formula:

$$F = P * A \quad (2)$$

Donde:

$P =$  Presión

$A =$  Área del pico de la botella (Figura 4.4)

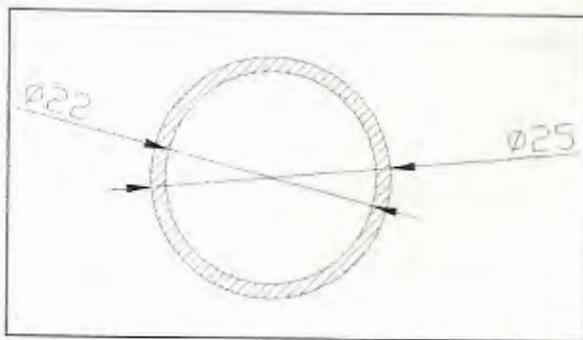


FIGURA 4.4 Vista superior del pico de la botella PET 500cc

Datos conocidos:

$$P = 10133.40 \text{ Pa}$$

$$A = 0.0001107 \text{ m}^2$$

- Usando la formula (2), encontramos la fuerza que debe de ejercer la válvula sobre la botella para que esta ultima evite un derrame del producto.

$$F = 10133.40 * 0.00011$$

$$F = 1.1146 \text{ N}$$

- La fuerza que ejercen los sellos de caucho (o-ring) se debe a la fricción entre el acero liso y el o-ring, esto para el caso del o-ring 1 y 2, éstas superficies tienen un coeficiente de fricción estático  $\mu_s = 0.7$  y usando el plano A3 se hallará el área de contacto del o-ring 1y 2. El o-ring 3 no tiene fuerza de fricción pues no se desliza sobre el acero.

$$A_{O1} = 0.013716 * \pi * 0.004 = 0.00017\text{m}$$

$$A_{O2} = 0.01712 * \pi * 0.004 = 0.000215\text{m}$$

$$A_{O3} = \pi * (0.02133^2 - 0.01712^2) / 4 = 0.000127\text{m}$$

Aplicando nuevamente la ecuación (2) se obtiene la fuerza necesaria para que el o-ring no permita derrame de producto.

$$F_1 = 10133.40 * 0.00017$$

$$F_1 = 1.7226 \text{ N}$$

$$F_2 = 10133.40 * 0.000215$$

$$F_2 = 2.1786 \text{ N}$$

$$F_3 = 10133.40 * 0.000127$$

$$F_3 = 1.2869 \text{ N}$$

Ahora se procederá a calcular la fuerza de fricción en el o-ring 1 y 2. Para esto usaremos la ecuación de fricción estática entre dos cuerpos.

$$F_{fs} = \mu_s * N \quad (3)$$

Donde:

$N =$  Fuerza Normal ( $F_1$  y  $F_2$ )

$\mu_s =$  coeficiente de fricción estático



$$F_{fs1} = 0.7 * 1.7226$$

$$F_{fs1} = 1.2058 \text{ N}$$

$$F_{fs2} = 0.7 * 2.1786$$

$$F_{fs2} = 1.5250 \text{ N}$$

Para determinar la fuerza de pre-carga que debe tener el resorte para evitar el derrame de producto se suman las fuerzas  $F_3$ ,  $F_{fs1}$ , y  $F_{fs2}$

$$F_y = F_3 + F_{fs1} + F_{fs2} \quad (4)$$

$$F_y = 1.2869 + 1.2058 + 1.5250$$

$$F_y = 4.0177 \text{ N}$$

Aplicando un factor de seguridad de  $n = 4$

$$F_t = n * F_y$$

$$F_t = 4 * 4.0177$$

$$F_t = 16.07 \text{ N}$$

- 4.- Para el calculo del resorte helicoidal que posee la válvula de llenado se usarán las formulas del capitulo 10 del libro de Diseño en Ingeniería Mecánica, 5<sup>ta</sup> edición de Joseph Edward Shigley.



- Para seleccionar el material adecuado para este uso, tenemos que tener en cuenta que la norma sanitaria nos indica acero inoxidable por lo cual el resorte se lo fabricará en este material (Ver Anexo 2). Este acero posee un modulo de elasticidad  $E = 192920\text{Mpa}$  (28Mpsi) y un modulo de rigidez  $G = 68900\text{Mpa}$  (10Mpsi)
- Asumimos el valor del diámetro del alambre del resorte  $d_i = 0.002\text{m}$  (78.74 mili pulgadas) y con ayuda de la Figura 4.5 (Resistencias últimas a la tensión) encontramos en el eje de las ordenadas la resistencia mínima a la tensión  $S_{ut} = 240\text{Kpsi}$  ó  $1653.6\text{Mpa}$ .

$$S_{ut} = 1653.6\text{Mpa}$$

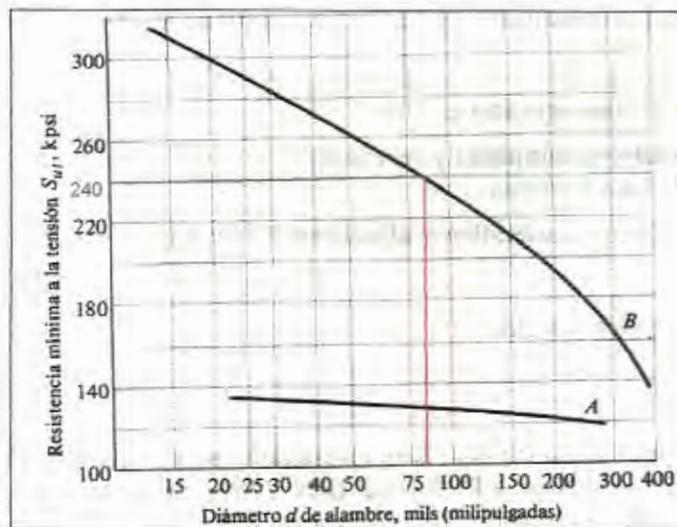


FIGURA 4.5 Resistencias últimas a la tensión; B Acero inox.



En vez de utilizar la resistencia de fluencia a la torsión  $S_{sy}$  se empleara como sustituto el esfuerzo torsional máximo permisible. La figura 4.6 nos muestra como hallar este valor.

$S_{sy} = \tau_{adm}$	}	0.45 $S_{ut}$	Acero al carbono estirado en frío
		0.50 $S_{ut}$	Acero al carbono templado y revenido
		0.35 $S_{ut}$	Acero Inoxidable austenítico y aleaciones no férreas

FIGURA 4.6 Sustitución del esfuerzo torsional máximo

$$S_{sy} = \tau_{adm} = 0.35 S_{ut} \quad (5)$$

$$S_{sy} = 0.35 * 1653.6$$

$$S_{sy} = 578.76 \text{Mpa}$$

- Ahora se asumirá el diámetro medio del la espira del resorte  $d_m = 18\text{mm}$ , para luego poder hallar el índice del resorte  $C$  usando la siguiente ecuación:

$$C = d_m / d_i \quad (6)$$

Donde:

$$C = 18 / 2$$

$$C = 9$$

El índice del resorte C varía aproximadamente de 6 a 12, entonces con un valor de 9 si estamos en el rango aceptable.

- Para el cálculo del factor de corrección de esfuerzo cortante  $K_s$  se define la siguiente ecuación.

$$K_s = (2C+1) / (2C) \quad (7)$$

Donde:

$$K_s = (2 * 9 + 1) / (2 * 9)$$

$$K_s = 1.0555$$

- Para determinar la carga estática correspondiente a la resistencia de fluencia usamos la ecuación siguiente.

$$F_s = (S_{sy} * \pi * d_i^3) / (8 * K_s * d_m) \quad (8)$$

Donde:

$$F_s = (578.76 * 10^6 * \pi * 0.002^3) / (8 * 1.0555 * 0.018)$$

$$F_s = 95.70 \text{ N}$$

- Asumiendo el número de espiras  $N_a = 8$  y aplicando la ecuación (9), hallaremos la constante del resorte K.



$$K = (d_i^4 * G) / (8 * d_m^3 * N_a) \quad (9)$$

Donde:

$$K = (0.002^4 * 68.9 * 10^9) / (8 * 0.018^3 * 8)$$

$$K = 2953.53 \text{ N/m}$$

- Para poder establecer la longitud libre del resorte  $L_0$  la formula a continuación mostrada nos orienta y nos da un rango para el cual el valor asumido será valido. La tabla 10-3 del el Anexo 3 nos indica el valor de la constante  $\alpha$ , Asumiendo ambos extremos del resorte fijos  $\alpha = 0.5$

$$L_0 < 2.63 d_m / \alpha \quad (10)$$

Donde:

$$L_0 < 2.63 * 0.018 / 0.5$$

$$L_0 < 0.095\text{m}$$

$$\text{Se asumirá } L_0 = 0.065\text{m}$$

- Con ayuda de la Tabla 10-2 del Anexo 4 y asumiendo los extremos del resorte a escuadra y aplanados, se calculará la cantidad de espiras de extremo  $N_e$ , Espiras totales  $N_t$ , Longitud cerrada  $L_s$  y el paso  $p$ .

$$N_e = 2$$

$$N_t = N_a + 2 = 8 + 2 = 10$$

$$L_s = d_i * N_t = 0.002 * 10 = 0.02\text{m}$$

$$p = (L_o - 2 * d_i) / N_a = (0.065 - 2*0.002) / 8 = 0.0076\text{m}$$

$$p = 7.6\text{mm}$$

- Para garantizar el sellado de la válvula, antes de tener contacto con la botella debe de ser mayor a 16.07N y usando la ley de Hooke.

$$F_t = K * \Delta X \quad (11)$$

Donde:

$F_t$  = Fuerza  $F_y$  con factor de seguridad de 4

$K$  = Constante del resorte

$\Delta X_i$  = deformación inicial del resorte

$$\Delta X_i = F_t / K$$

$$\Delta X_i = 16.07 / 2953.53$$

$$\Delta X_i = 0.0054\text{m}$$

- Ahora para garantizar el sellado entre la válvula y la botella cuando entran en contacto se sumara a la fuerza  $F_y$  la fuerza  $F$ .

$$F_z = (F_y + F) * n \quad (12)$$

Donde:

$F_y$  = Suma de fuerzas para la pre-carga del resorte

$F$  = Fuerza ejercida por la válvula sobre la botella

$\Delta X_i$  = deformación inicial del resorte

$n$  = factor de seguridad

$$F_z = (4.0177 + 1.1146) * 4$$

$$F_z = 20.53\text{N}$$

- El resorte debe de comprimirse de tal forma que la tubería que transporta el líquido se introduzca 2cm en la botella. Usando la ecuación (11) encontramos la fuerza necesaria para causar ese efecto.

$$F_R = K * \Delta X_t$$

Donde:

$$\Delta X_t = 0.02\text{m} + 0.0054 = 0.0254\text{m}$$

Reemplazando los valores en (11).

$$F_R = 2953.53 * (0.02 + 0.0054)$$



$$F_R = 75.01N$$

- Con la carga correspondiente a la fluencia y con la constante del resorte se puede calcular la longitud comprimible del resorte antes de que falle por fluencia.

$$Y_s = F_s / K \quad (13)$$

$$Y_s = 95.70 / 2953.53$$

$$Y_s = 0.0324 \text{ m}$$

Para evitar la fluencia del resorte:

$$Y_s > \Delta X_t$$

$$0.0324 \text{ m} > 0.0254\text{m}$$

5.- El análisis ahora se centrará en la mecánica de los fluidos y para este fin usaremos las formulas mostradas en el Libro "Introducción a la mecánica de Fluidos" de Robert W. Fox y Alan T. McDonald, 4<sup>ta</sup> edición.

La siguiente figura nos ayudara en la resolución del las variables que involucran los tiempos de llenado y en la dimensión de los agujeros al final de la válvula de llenado.

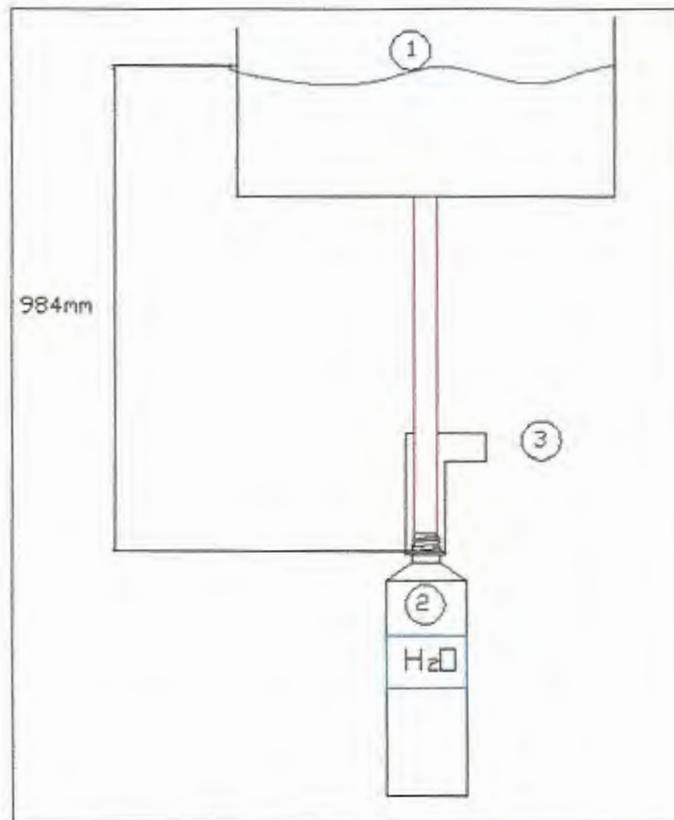


FIGURA 4.7 Bosquejo de sistema de llenado

La siguiente tabla muestra algunos datos conocidos:

DATOS	
Volumen de botella	500cc
Densidad del Agua	999Kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9,81 m/s <sup>2</sup>
Cabezal	0,984m

Tabla 4.4 Datos para el calculo de orificios

El procedimiento que se usará a continuación es iterativo, es decir que se asumirá un valor para luego cambiarlo sucesivamente hasta lograr igualar dos premisas que rigen el problema.

- Se asumirán las siguientes variables.

$T_{\text{aire}}$  = Tiempo de salida del aire contenido en el interior de la botella.

$N_a$  = Cantidad de agujeros a la salida del liquido.

$\phi$  = Diámetro de los agujeros

- Para el calculo del área transversal equivalente por donde entra el liquido a la botella se usara la siguiente formula.

$$A_{\text{equi-in}} = N_a * \pi * \phi^2 / 4 \quad (14)$$

- Otra área transversal que se requiere es el área por donde sale el aire desplazado por el fluido que entra a la botella. Tomando en como referencia el Plano A3 (Válvula de llenado).

$$A_{\text{out}} = \pi * (\phi_1^2 - \phi_2^2) / 4 \quad (15)$$

Donde:

$$\phi_1 = 0.0172\text{m}$$

$$\phi_2 = 0.01372\text{m}$$

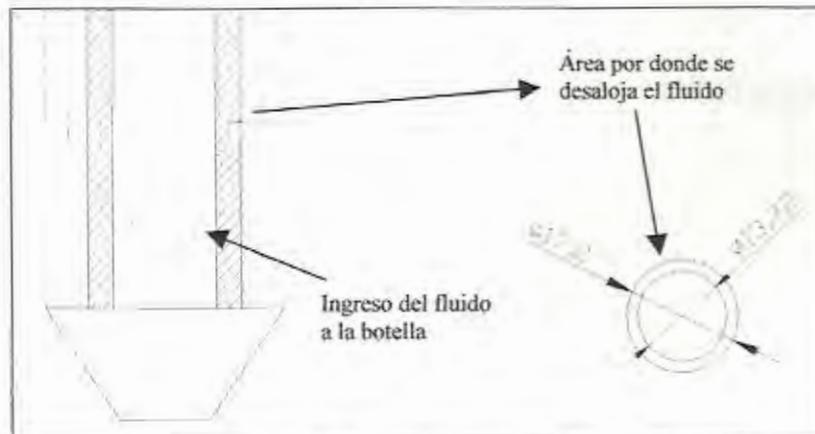


FIGURA 4.8 Área ingreso y de salida del fluido

Reemplazando en la ecuación (15)

$$A_{out} = \pi * (0.0172^2 - 0.01372^2) / 4$$

$$A_{out} = 0.00008 \text{ m}^2$$

- Para encontrar el volumen total de aire que va a ser desplazado se debe tener en cuenta el volumen total de la botella (500cc) y el aire contenido entre las tuberías (Ver Plano A3). Para este fin se usará la siguiente fórmula.

$$V_T = V_{bot} + (h_s * A_{out}) \quad (16)$$

Donde:

$V_{bot}$  = volumen de la botella

$h_s$  = longitud por donde sale el aire desplazado por el líquido

$A_{out}$  = área transversal por donde sale el aire desplazado por el líquido

Reemplazando en la ecuación (16)

$$V_T = 0.0005 + (0.05 * 8.2429 \times 10^{-5})$$

$$V_T = 0,000504121 \text{m}^3$$

- El caudal volumétrico de aire se lo halla multiplicando el volumen total de aire por el tiempo de llenado. La fórmula queda de la siguiente manera.

$$Q_{aire} = V_T * T_{aire} \quad (16)$$

El caudal volumétrico de agua es igual al caudal volumétrico del aire.

$$Q_{aire} = Q_{agua} \quad (17)$$

- Para poder utilizar la ecuación de Bernoulli entre los puntos 2 y 3 (Ver Figura 4.7) es necesario encontrar la



velocidad de salida del aire y la velocidad de entrada del agua.

$$V_{\text{aire}} = Q_{\text{aire}} / A_{\text{out}} \quad (18)$$

$$V_{\text{agua}} = Q_{\text{agua}} / A_{\text{equi-in}} \quad (19)$$

La ecuación de Bernoulli queda de la siguiente manera:

$$\frac{P_2}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{V_{\text{agua}}^2}{2} + g \cdot Z_2 = \frac{P_3}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{V_{\text{aire}}^2}{2} + g \cdot Z_3 \quad (20)$$

Suposiciones:

- a) No hay fricción
- b) Flujo estable
- c) Flujo incompresible
- d) Flujo a lo largo de una línea de corriente.
- e) El deposito es grande comparado con la tubería.
- f)  $Z_2$  y  $Z_3$  son despreciables

Luego de aplicar todas estas suposiciones en la ecuación (20) esta queda de la siguiente forma.

$$P_2 = \rho_{\text{H}_2\text{O}} * \left\{ \frac{V_{\text{aire}}^2}{2} - \frac{V_{\text{agua}}^2}{2} \right\}$$



La presión en (2) también se la puede hallar aplicando la ecuación siguiente:

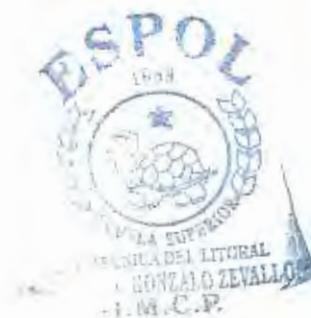
$$P_2 = \rho_{H_2O} * \left\{ g * h_c - (V_{\text{agua}}^2 / 2) \right\} \quad (22)$$

En el Anexo 5 podemos ver las diferentes iteraciones (Hojas dinámicas de Excel) con variaciones en el diámetro y la cantidad de agujeros.

A continuación se muestra una tabla con los resultados más representativos.

Diámetro m	Cantidad de agujeros	Tiempo s
0,006	2	2,51
0,005	3	2,38
0,005	2	3,89
0,004	3	4,07
0,004	2	6,30

Tabla 4.5 Tiempos requeridos para el llenado de la botella



Volumen = nivel x Ancho x Largo

$$6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.02 \text{ m} \times \text{Ancho} \times 1.22 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 0.006 / (0.015 \times 1.22)$$

$$\text{Ancho} = 0.3278 \text{ m}$$

El cual se redondeará a 0.40m

2. Con las dimensiones pre establecidas y con ayuda del diseño de forma (Plano A1) se dibuja el tanque en tres dimensiones en AUTOCAD2004 (Archivo DXF), las dimensiones generales son 1220mm en el eje Y 400mm en el eje X y 500mm en el eje Z, luego se importa el objeto al programa SAP2000.
3. Se asigna un valor al espesor de las paredes del tanque, para éste tanque se asumió 2mm.
4. Para el uso del SAP2000 es necesario dividir las áreas en secciones, mientras más secciones tenga, más se aproxima el análisis al valor real. Para este caso en particular se dividió en 8 secciones en el eje X, en 24 el eje Y y en 11 secciones el eje Z.



5. Las cargas que soporta el tanque son el propio peso (Acero inoxidable AISI 316L) y el agua que debe de contener, la siguiente figura nos lo muestra.

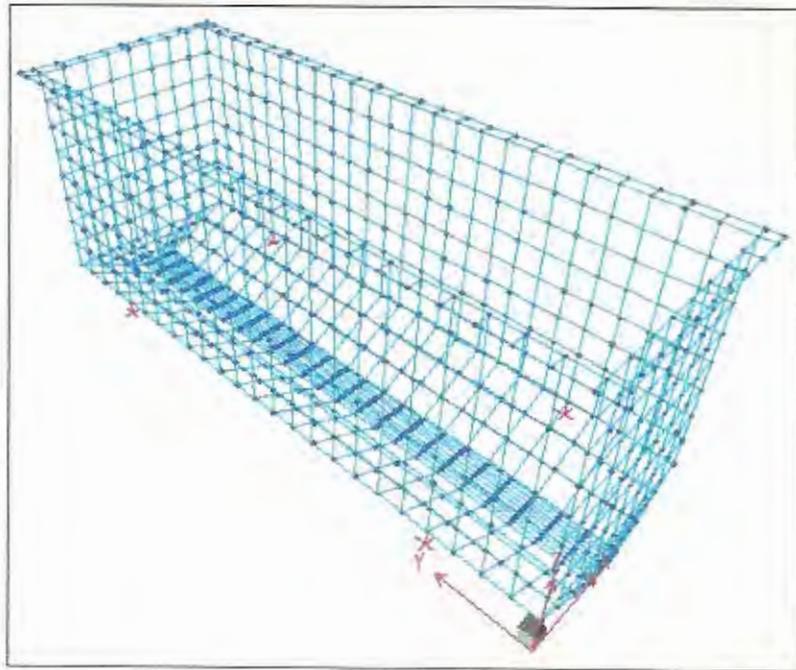


FIGURA 4.9 Nodos y puntos de apoyo en Tanque principal de agua

6. Ahora se procede con la aplicación de la carga en cada una de las divisiones hechas en las paredes del tanque, puesto que la carga que soporta es la debida a la presión, la formula (1) nos da la siguiente tabla.

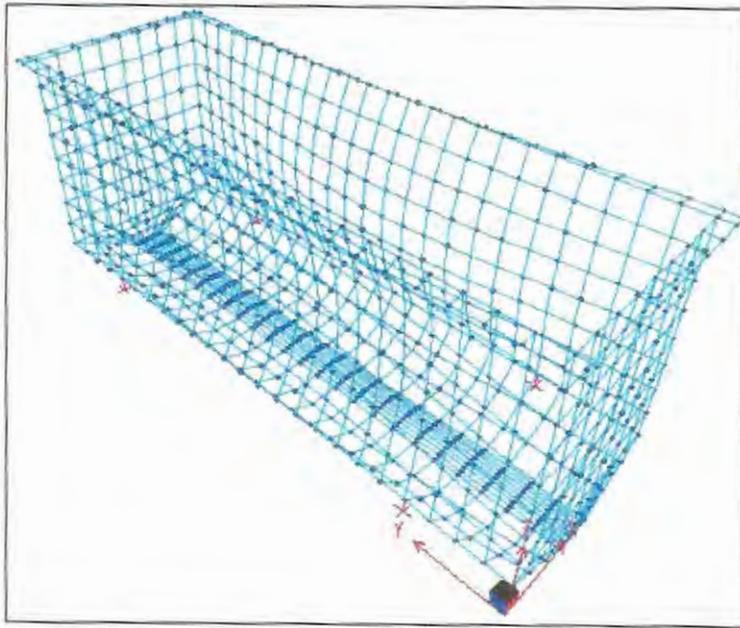


FIGURA 4.10 Deformación debido al propio peso de la estructura

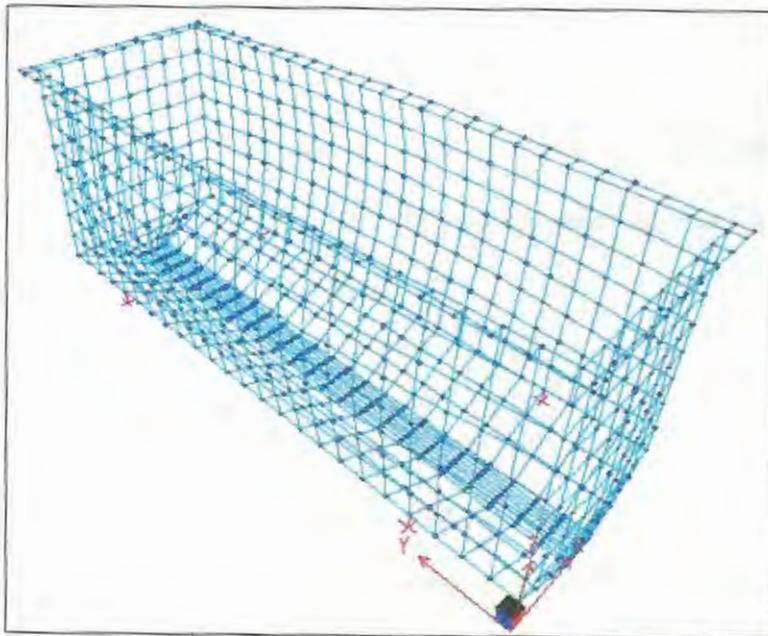


FIGURA 4.11 Deformación debido al agua en el interior

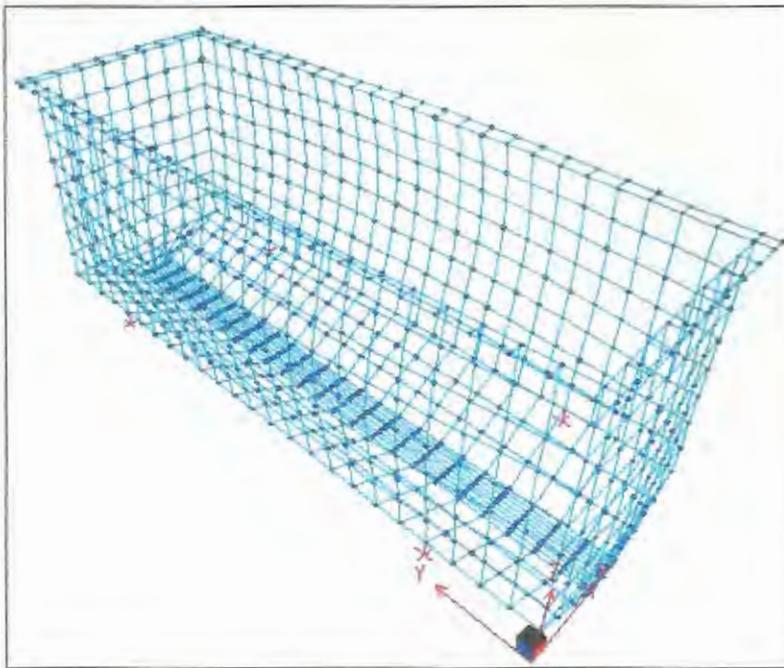


FIGURA 4.12 Deformación Total del tanque

8. Se puede observar el análisis de esfuerzos de Von Mises (figura 4.13). El programa entrega un informe detallado lo que sucede en cada nodo, así también el peso de la estructura, etc. Esta información resumida se la puede apreciar en el Anexo 6
  
9. Para garantizar que el tanque esta correctamente dimensionado se hace uso de la siguiente formula del Codigo ASME para tanques, Seccion VIII división 1 para la deflexión máxima en las paredes de un tanque.

$$\Delta = \frac{L}{500} \quad (23)$$

Donde:

$\Delta$  = Deflexión permisible

L = Lado más largo del tanque

Reemplazando:

$$\Delta = \frac{1220mm}{500}$$

$$\Delta = 2.44mm$$

El programa SAP2000 nos da la máxima deformación la que es de 1.95mm.

$$1.95 < 2.4$$

Esta deformación es aceptable pues es menor a 2.4mm



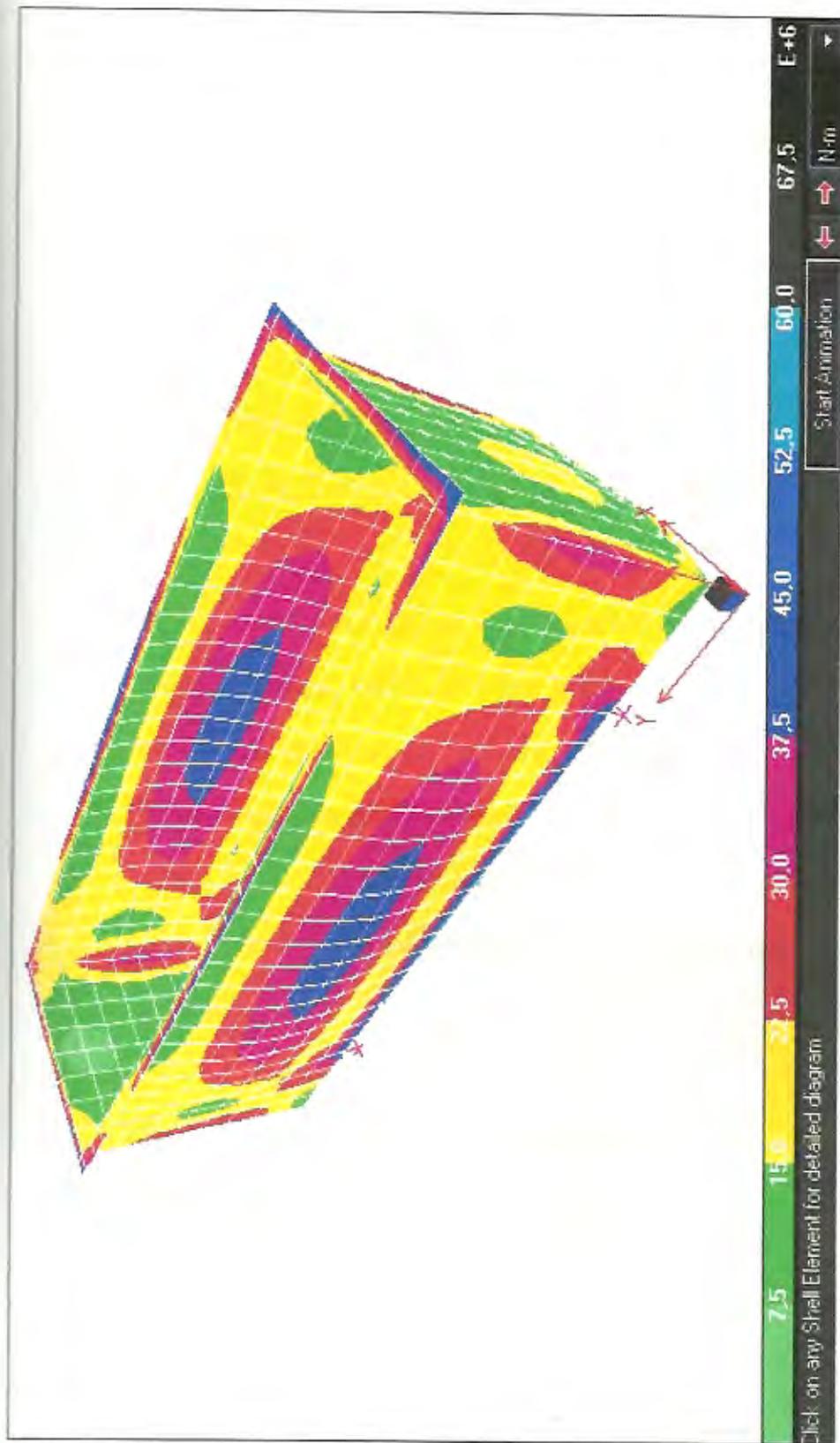


Figura 4.13 Análisis de esfuerzos

### 4.3.3 Banda transportadora de botellas.

Según la concepción de la línea en cuanto a la llenadora puede tratarse de:

- Una instalación lineal.
- Una instalación en ángulo.

La disposición de las cintas transportadoras corresponde al tipo de ejecución individual.

En una instalación lineal, el transportador es accionado por un motor eléctrico, figura 4.14 (A). Para distancias largas o si las cintas transportadoras son de diferentes alturas, las cintas transportadoras pueden ser divididas, figura 4.14 (B). En este caso, como en el caso de una instalación en ángulo, la cinta transportadora de es accionada por un motor eléctrico, figura 4.14 (C).

El accionamiento de la cinta transportadora es realizado por un motor eléctrico, las ruedas dentadas, los árboles, así como por un engranaje propio.

**Funcionamiento:**

Las botellas son transportadas a la llenadora, y a partir de ella, por las cintas transportadoras. Un motor acciona una rueda de cadena (catalina) que, por su parte, acciona una cadena unida por articulación, que gira en un circuito cerrado. La cadena pasa por encima de tiras de acero inoxidable, fijadas en el bastidor de las cintas transportadoras. Para reducir el ruido y el desgaste de las cintas transportadoras y de las botellas, se utiliza un lubricante para cadenas.

**Selección de elementos:**

En la industria de las bebidas se usa comúnmente cadenas de acero inoxidable aprobadas por la FDA. En el mercado existen muchas marcas, pero se utilizara la cadena marca Rexnord serie 815 (Ver anexo 7 y figura 4.15). Este anexo nos muestra las dimensiones la tensión máxima y el peso de la cadena seleccionada. En este caso se seleccionará una cadena que existe en el mercado y cumple con las necesidades del proceso.



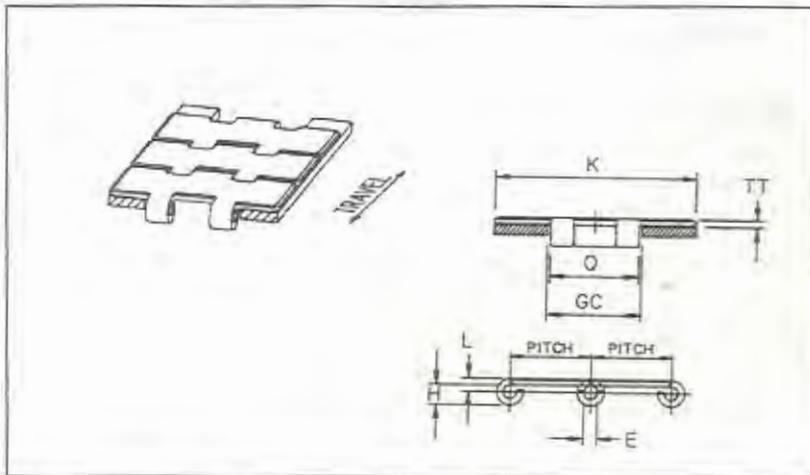


FIGURA 4.15 Cadena Inoxidable Rexnord 815

La cadena seleccionada tiene las siguientes propiedades:

Material : Acero inoxidable (Stainless Steel) SS815-K3

Ancho de banda: 82.6mm

Peso: 2.74ka/m

El diseño de forma (Ver plano B1) nos muestra la longitud del transportador la cual es de 2.5 metros. La selección de la catalina y el motor se detallan más adelante en la sección 4.3.5

#### 4.3.4 Sistema neumático

Los cilindros neumáticos transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consiste de un recipiente cilíndrico que al introducir un determinado caudal de aire comprimido éste se expande y provoca un desplazamiento lineal del embolo o pistón. La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón.

Existen diferentes tipos de cilindros entre los mas importantes mencionaremos los siguiente:

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.
- Cilindros con doble vástago.
- Cilindros con doble pistón, etc

En el Anexo 8 se puede observar todos los tipos de cilindros neumáticos que existen en el mercado con su respectivo esquema.

El cilindro neumático que se usará para esta maquina es un cilindro de simple efecto, pues solo se requiere que ejerza una

fuerza un determinado tiempo y luego regrese a su posición original.

**Cilindros de simple efecto.-** Uno de sus movimientos está gobernado por el aire comprimido, mientras que el otro se da por una acción antagonista generalmente un resorte ubicado en el interior del cilindro. Este resorte podría ubicarse opcionalmente entre el pistón y la tapa delantera (con resorte delantero) o entre el pistón y su tapa trasera (con resorte trasero). Realiza trabajo aprovechable solo en uno de los dos sentidos, y la fuerza obtenida es algo menor a la que da la expresión (  $F = P * A$  ), pues hay que descontar la fuerza de oposición que ejerce el resorte.

- Ahora aplicando nuevamente la ley de Hooke, ecuación (11) y multiplicando por el numero de válvulas, queda:

$$F_t = N_v * K * \Delta X$$

Donde:

$F_p$  = Fuerza del pistón

$K$  = Constante del resorte

$\Delta X_t$  = Deformación total del resorte



$N_v$  = cantidad de válvulas

Reemplazando:

$$F_t = 12 * 2953.53 * 0.0254$$

$$F_t = 900.23N$$

Asumiendo la presión a la cual el pistón va a trabajar 300Kpa (43.55Psi ó 3Bar) y con ayuda del Anexo 9 encontramos el diámetro interior de la camisa del cilindro  $D_c$ , el cual es 60mm.

- Se procederá con el calculo del consumo de aire para el cilindro. Este calculo es muy importante cuando se requiere conocer la capacidad del compresor necesario para establecer la demanda de una instalación.

La siguiente ecuación nos ayudará con el calculo:

$$Q_c = (\pi/4) * D_c^2 * C * n_c \quad (24)$$

Donde:

$Q_c$  = Consumo de aire del cilindro

$D_c$  = diámetro del cilindro en el interior

C = Carrera del cilindro

$n_c$  = número de ciclos

Reemplazando:

$$Q_c = (\pi/4) * 0.06^2 * 0.3 * 0.1$$

$$Q_c = 0.0000848 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El Anexo 10 muestra la selección del cilindro por medio del programa Enisize III (Programa usado por la marca MICRO para selección de actuadores neumáticos).

#### 4.3.4 Sistema motriz

El sistema motriz esta compuesto por 2 elementos los cuales se seleccionarán a continuación.

- Rueda dentada
- Motor
- Tornillo nivelador
- Rodamientos

- Rueda dentada .-

Para la selección de éste elemento se usa el anexo 11, en el que constan los diferentes tipos de ruedas dentadas.

La rueda dentada seleccionada es del tipo "Thermoplastic Split Sprocket" la que se muestra en la figura siguiente.



FIGURA 4.16 Rueda dentada del transportador

Se asume 25 dientes a la rueda dentada y por medio del Anexo 11 obtenemos el valor correspondiente a "Pitch Diameter" ó diámetro del paso igual a 153.21mm (6.032in).

- Motor.-

En el calculo del motor intervienen las fuerzas debido al peso de la cinta transportadora, el peso de las botellas, el fluido, la velocidad de trasporte, etc.

Para hallar la potencia del motor se seguirán los siguientes pasos.

1. Se asumirá un tiempo en el cual las botellas llegan a su posición de llenado, el cual es de 2seg. La distancia que tiene que recorrer viene dada por la cantidad y el diámetro de botella, la siguiente formula nos da el valor de la velocidad de la cinta transportadora.

$$V_L = [ N_v * (\phi_b + e_{bot}) ] / T_p \quad (25)$$

Donde:

$\phi_b$  = Diámetro de la botella pet 500cc

$e_{bot}$  = Espacio entre botellas = 0.01m

$V_L$  = Velocidad lineal del transportador

$T_p$  = Tiempo de posicionamiento

$N_v$  = Número de válvulas

Reemplazando:

$$V_L = [ 12 * (0.065 + 0.01) ] / 2$$

$$V_L = 0.45 \text{ m/seg}$$

2. Ahora se procederá a calcular la velocidad angular del motor, tomando el diámetro del paso de la rueda dentada y la velocidad lineal de la cinta transportadora, mediante la siguiente ecuación.

$$V_L = w_m * D_p / 2 \quad (26)$$

Donde:

$w_m$  = Velocidad angular del motor

$D_p$  = Diámetro del sprocket

Despejando  $w_m$  y reemplazando:

$$w_m = 2 * V_L / D_p$$

$$w_m = 2 * 0.45 / 0.15321$$

$$w_m = 5.87 \text{ rad/seg } \text{ ó } 56.09 \text{ RPM}$$

3. Se necesita hallar la Tensión Ajustada de la cinta transportadora, ésta es la fuerza que produce la cadena debido a la suma de fuerzas de acarreo, fuerzas de retorno y la fuerza de patinaje. El manual Rexnord año 1997 en la paginas 74 y 75 nos da las siguientes formulas.

$$TA = [ ( TR + TC ) * PLF ] + [ TS * FML ] \quad (27)$$

$$TR = Lc * W * fw \quad (28)$$

$$TC = Lc * ( M + W ) * fw \quad (29)$$

$$TS = Ls * M * fm \quad (30)$$

$$S / L = V_L / Lc \quad (31)$$

Donde:

TA = Tensión ajustada de la cadena.

TR = Tensión de la sección de retorno.

TC = Tensión de acarreo.

TS = Tensión de patinaje.

Lc = Distancia entre el eje loco y el eje de mando.

W = Peso de la cadena por pie.

M = Peso del producto por pie de transportador.

fw = Coeficiente de fricción entre la guía y la cadena.

fm = Coeficiente de fricción entre el envase y la cadena.

Ls = Longitud de transportador sobre la que puede ocurrir patinaje

PLF= Frecuencias de arranques.

FLM = Porcentaje de patinaje.

V<sub>L</sub> = Velocidad lineal del transportador

Lc = longitud adecuada del transportador

El mismo manual Rexnord establece una determinada tensión máxima permisible la cual se halla estableciendo un valor para S/L donde S es la velocidad máxima de la cadena y L la máxima longitud.

El valor asumido de S/L será de 8 (Ver anexo 12) lo que nos da un valor de 1023.04N (230Lbs) de tensión máxima permisible.

Ahora se necesita establecer la longitud adecuada para la cinta transportadora. La formula (31) establece lo siguiente:

$$S / L = 8$$

$$VL = 0.45 \text{ m/seg } \text{ ó } 88.56 \text{ pies/min}$$

$$Lc = 88.56 / 8$$

$$Lc = 11.07' \text{ ó } 3.37 \text{ m}$$

Del diseño de forma se asumió una longitud del transportador de 2.5m (8.2') y ahora con el valor de Lc se ratifica, pues el valor escogido, esta dentro del rango permisible dado por el fabricante.

Lc > longitud asumida en el diseño de forma del transportador

$$11.07' > 8.2' \quad \text{si cumple}$$

Aplicando la ecuación (28) donde:

$$Lc = 11.07'$$

$$W = 1.84 \text{ lbs /pie} \quad \text{Del Anexo 12}$$

$$f_w = 0.35 \quad \text{Del Anexo 13}$$

$$TR = Lc * W * fw$$

$$TR = 11.07 * 1.84 * 0.35$$

$$TR = 7.13$$

Aplicando la ecuación (29) donde:

M = 5.165 peso de los envases llenos de agua (lbs/pie)

$$TC = Lc * ( M + W ) * fw$$

$$TC = 11.07 * ( 5.165 + 1.84 ) * 0.35$$

$$TC = 27.14$$

Aplicando la ecuación (30) donde:

$$fm = 0.30 \quad \text{Del Anexo 14}$$

$$TS = Ls * M * fm$$

$$TS = 11.07 * 5.165 * 0.30$$

$$TS = 17.15$$

Aplicando la ecuación (27) donde:

$$TA = [ ( TR + TC ) * 1.1 ] + [ TS * 0.9 ]$$

$$TA = [ ( 7.13 + 27.14 ) * 1.1 ] + [ 17.15 * 0.9 ]$$

$$TA = 53.13 \text{ lbs}$$

Para poder establecer este valor como idóneo se lo debe de comparar con  $T_{max}$  donde.

$$T_A < T_{max} \quad (32)$$

$$53.13 < 230 \quad \text{Si cumple}$$

4. Hallada  $T_A$  podemos aplicar la formula que el manual Rexnord nos da para el calculo de la potencia del motor.

$$HP = \frac{V \times T_{Az} \times Z}{33.000} \quad (33)$$

Donde:

$V$  : La velocidad lineal de transportador (FPM)

$T_{Az}$  : Tensión admisible por carril

$Z$  : Numero de carriles

Conocidas todas las variables de la ecuación se procede a calcular la potencia requerida para mover el transportador.

$$HP = ( 88.56 * 53.132 * 1 ) / 33000$$

$$HP = 0.1425$$

Para poder conectar el motor a la banda se debe de seleccionar un reductor, pues las revoluciones de la banda son mucho menores a la de motor. En este caso se ha cotizado en un distribuidor local un motoreductor con las siguientes características (ver figura 4.17 y Anexo 15).

Marca : Leroy Somer

Modelo: Compabloc LS71

Potencia = 1/3HP = 0.25Kw

RPM = 70



FIGURA 4.17 Motoreductor Leroy-Somer

Con este nuevo valor de 70rpm se modifica la velocidad del transportador de la siguiente manera, usando la ecuación (26).

$$V_L = w_m * D_p / 2 \quad (26)$$

Donde:

$w_m$  = Velocidad angular del motor

$D_p$  = Diámetro de paso

Reemplazando:

$$V_L = w_m * D_p / 2$$

$$V_L = 70 * \pi * 0.15321 / 60$$

$$V_L = 0.56\text{m/seg}$$



Para obtener  $F_p$  se utilizó el Autocad 2004, debido a que ya se dibujó los elementos principales en tres dimensiones, se puede hacer uso del menú HERRAMIENTAS luego de CONSULTAR seguido de PROPIEDADES FÍSICAS Y DE REGION con esto obtenemos lo siguiente:

Volumen total de los elementos que sostiene el tornillo =  $3.35 \times 10^{-3} \text{m}^3$

Ahora usando la tabla A-5 del Anexo 2 para Acero inoxidable el peso unitario es de  $76.0 \text{KN/m}^3$ , entonces:

$$F_p = 3.35 \times 10^{-3} \text{m}^3 \times 76.0 \text{KN/m}^3 = 0.255 \text{KN}$$

Reemplazando en (34):

$$T_1 = \frac{F_p d_m}{2} \left[ \frac{1 + \pi \mu d_m}{\pi d_m - \mu l} \right] + \frac{F_p \mu_c d_c}{2}$$

$$T_1 = \frac{0.255 \times 25.4}{2} \left[ \frac{2 + \pi \times 0.10 \times 25.4}{\pi \times 25.4 - 0.1 \times 2} \right] + \frac{0.255 \times 0.10 \times 34}{2}$$

$$T_1 = 0.84 \text{N.m}$$

# CAPITULO 6

## 6. ANÁLISIS DE COSTOS

Este capítulo nos ayuda a tener una idea del costo real para la construcción de una llenadora vertical por gravedad para líquidos, para lo cual se cotizo en los distribuidores locales materiales, sensores, motores, etc.

Este capítulo consta de dos partes:

- Costo de Materiales y Equipos.
- Costo de mano de obra directa.

**Costo de materiales y equipos.-**

CANT.	UNIDAD	DESCRIPCION	COSTO
4	UN	Plancha Acero Inoxidable 304L (1220x2440x2)mm.	917.32
12	UN	Resorte $\phi$ 20mm x $\phi$ 2mm x 65mm	108.00
0,8	MT	Tubería AISI 304L $\phi$ 21,3mm ced. 10	6.25
3	MT	Tubería AISI 304L $\phi$ 13,7mm ced. 40	132.72
1	MT	Tubería AISI 304L $\phi$ 21,3mm ced. 40	6.21
4	MT	Tubería AISI 304L $\phi$ 33,4mm ced. 40	47.24
1	MT	Tubería AISI 304L $\phi$ 76,2mm ced. 40	86.58
4,18	Kg	Soporte para válvulas Inox 304	20.69
4,83	Kg	Guías del soporte para las válvulas Inox 304	23.91
2,29	Kg	Unión transportador-llenadora Inox 304	11.34
37,68	Kg	Cuerpo de la Válvula Inox 304	186.52
12	UN	Válvula esférica roscada $\phi$ 21,3mm Inoxidable 316	326.40
2	UN	Válvula esférica roscada $\phi$ 33,4mm Inoxidable 316	76.50

*Después de ver los resultados del análisis de costos entre la llenadora de construcción local y la llenadora fabricada en el exterior podemos observar que el ahorro es alrededor del 50%, con lo que queda expresado la factibilidad de la fabricación nacional.*



## CAPITULO 7

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

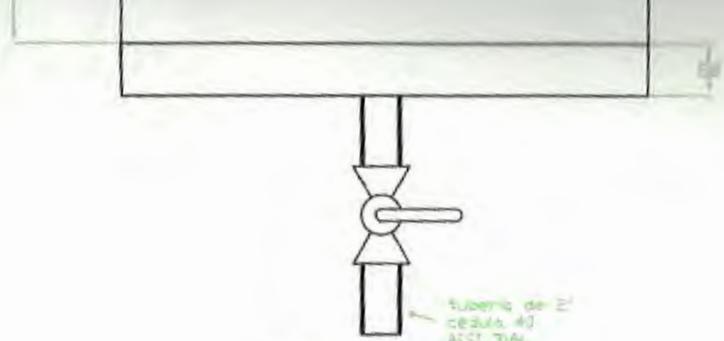
- Luego de observar el capítulo 6 del presente trabajo se observa que la fabricación nacional es mucho mas conveniente, pues debido al ahorro significativo de casi el 50% en comparación con maquinas fabricadas en el extranjero.
  
- Se debe de tener en cuenta que al hacer la inversión de una maquina de fabricación local se esta aportando al desarrollo productivo del país generando fuentes de trabajo sin perder la calidad ni eficiencia.
  
- Otro punto muy importante es la garantía de una maquina de fabricación nacional, pues esta se puede hacer valedera casi de inmediato sin tener que esperar largo tiempo hasta que llegue un representante del exterior para verificar que la garantía si abarca los daños, pero hasta ese tiempo el empresario pierde de producir y eso le genera muchas perdidas.

Esta tesis ha implementado algunas mejoras a modelos observados en las industrias nacionales una de ellas es el sistema de aprisionamiento de la botella por el cuello de la misma, pues debido a las innovaciones de la tecnología cada vez se obtiene botellas más ligeras lo que se refleja en menos resistencia para soportar cargas. Por ello este sistema nos permite aplicar la fuerza necesaria para generar el sellado entre la botella y la válvula sin tener que deformar el material (botella de pet).

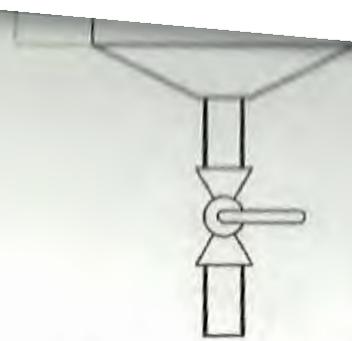
Se recomienda al momento de empezar el llenado calibrar las válvulas, abriéndolas o cerrándolas un poco, pues debido a la disposición de las mismas en el tanque principal, el flujo no es uniforme en cada botella, este varia, lo que modifica el tiempo de llenado de cada una de las botellas, pero con un ligero ajuste por parte del operador se soluciona.

Se recomienda el cambio de los resortes de las válvulas cada 6 meses pues debido al constante esfuerzo al que están sometidos tienden a perder su propiedades y producir derrames al momento del llenado.

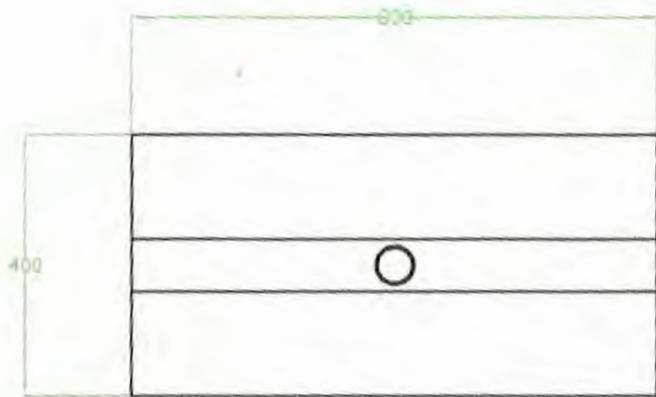




Vista Frontal

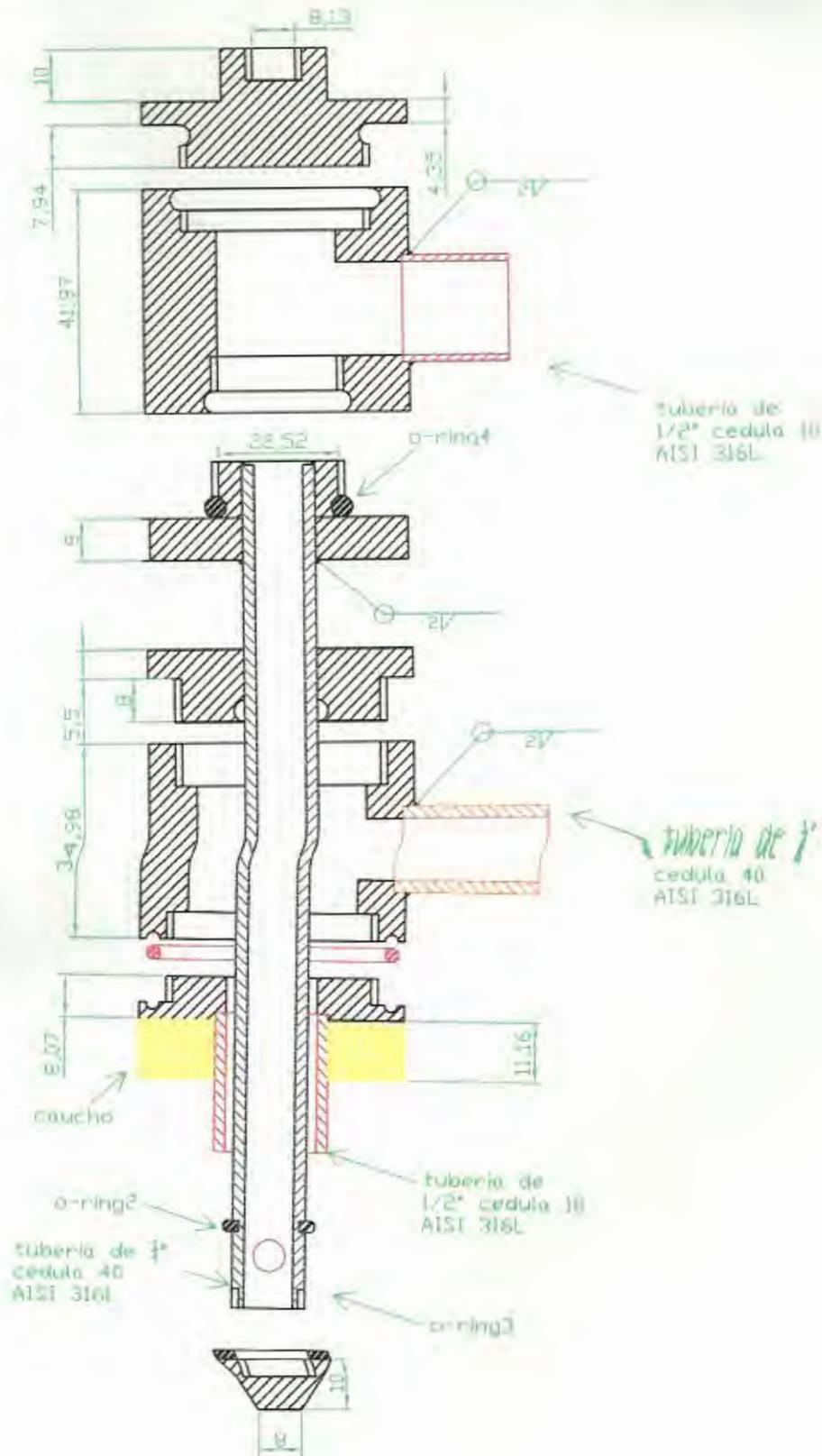


Vista Lateral

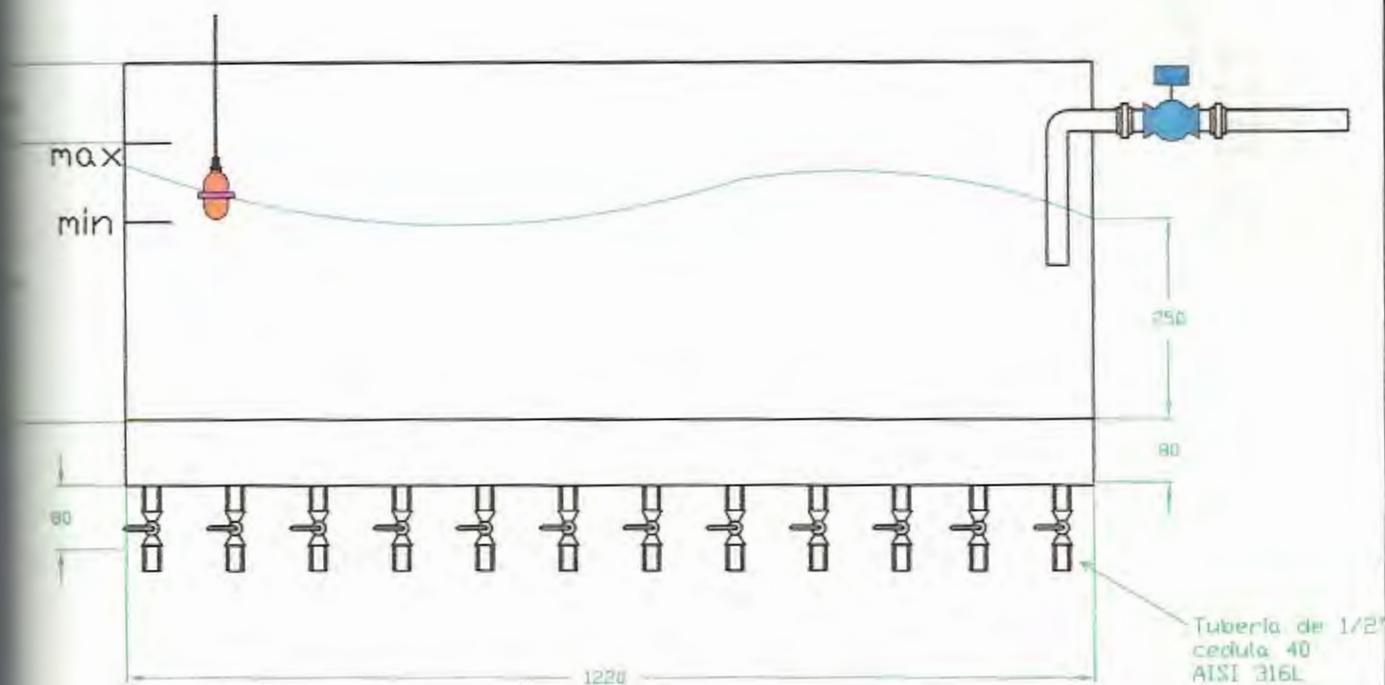


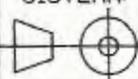
Vista Superior

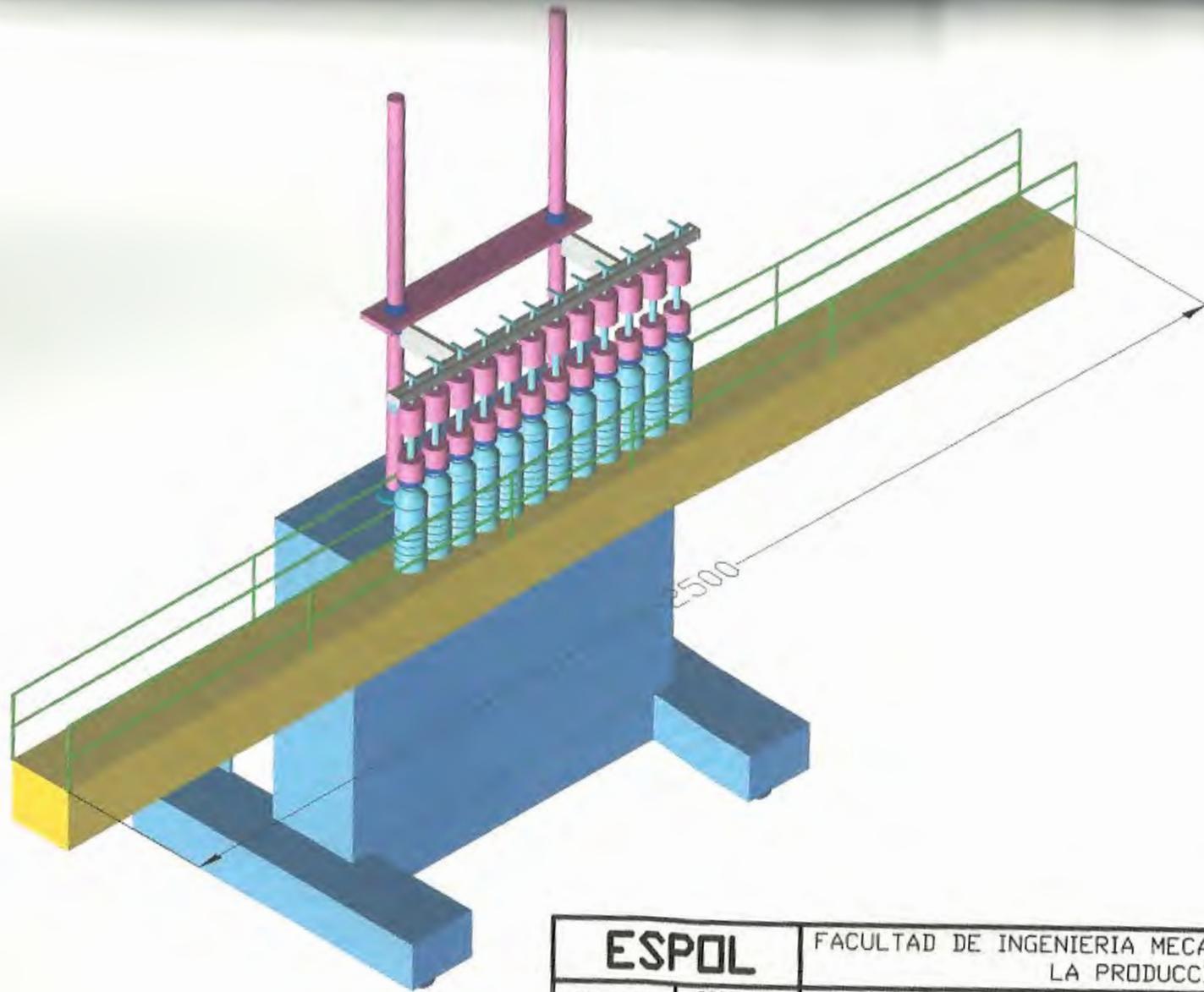
<b>ESPOL</b>		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION
PLANO: A2	SISTEMA: 	<b>TANQUE COLECTOR</b>
ESCALA: 1:10		NOMBRE: ALVARO ROMERO CHAGLIA



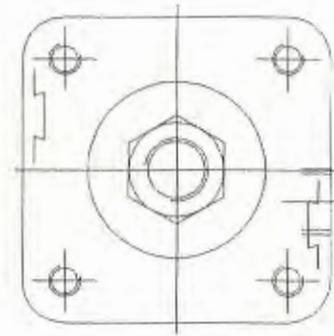
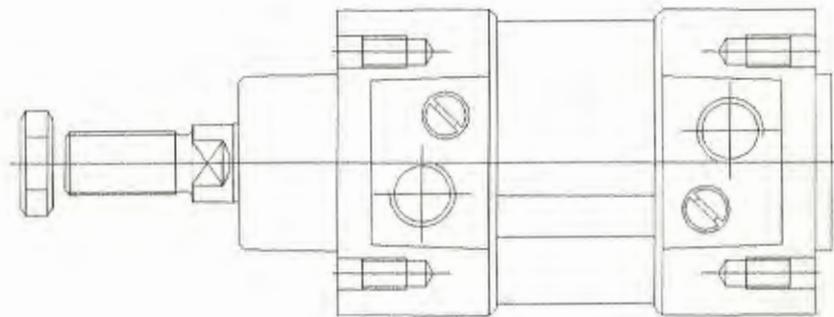
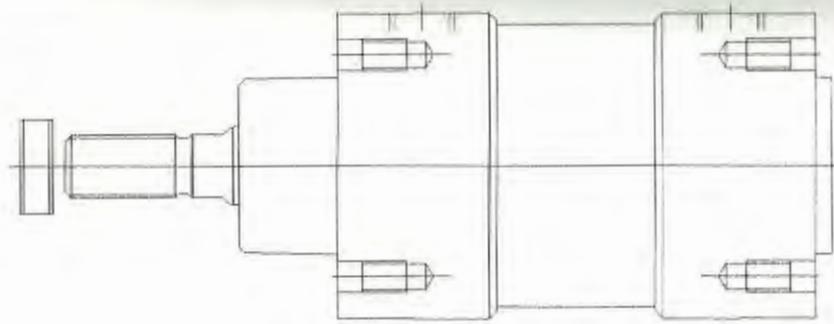
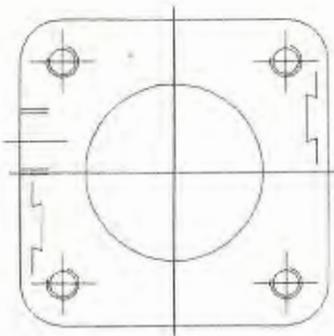
<b>ESPOL</b>		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION
PLANO: A3	SISTEMA: 	<b>VALVULA LLENADORA</b>
ESCALA: 1:1	NOMBRE: ALVARO ROMERO CHAGLIA	



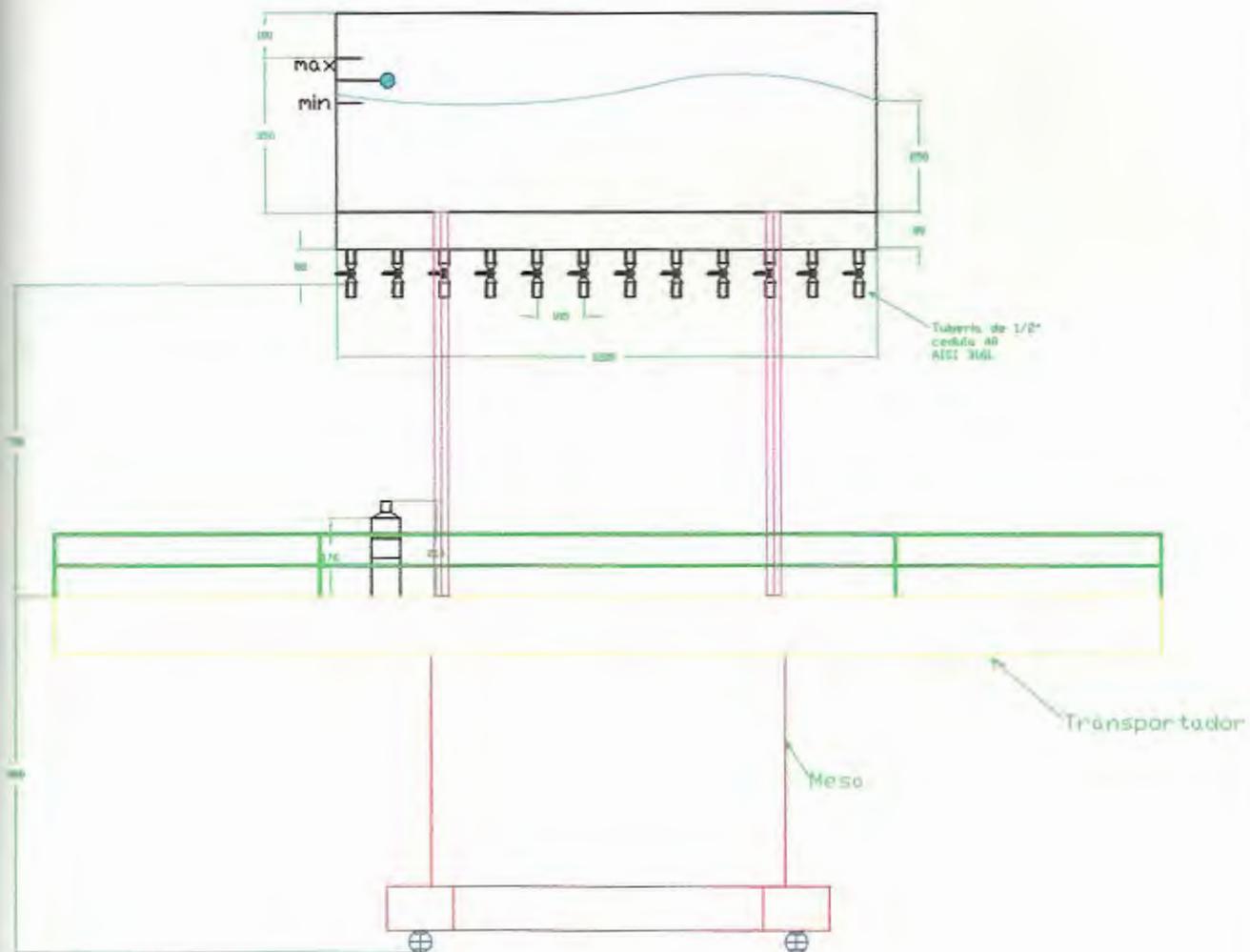
<b>ESPOL</b>		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION	
PLANO: A4	SISTEMA: 	<b>CONTROL DE NIVEL</b>	
ESCALA: 1:12.4		NOMBRE: ALVARO ROMERO CHAGLIA	



<b>ESPOL</b>		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIA LA PRODUCCION
PLANO: B1	SISTEMA: 	<b>CINTA TRANSPORTADORA</b>
ESCALA: 1:10		NOMBRE: ALVARO ROMERO CHAGLIA



<b>ESPOL</b>		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION
PLANO: D1	SISTEMA: 	<b>ACTUADOR NEUMATICO</b>
ESCALA:	NOMBRE: ALVARO ROMERO CHAGLIA	



Vista Frontal



<b>ESPOL</b>		FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION
PLANO: E1	SISTEMA:	<b>DISPOSICION DE ALGUNOS ELEMENTOS</b>
ESCALA: 1:12.4	NOMBRE: ALVARO ROMERO CHAGLIA	

## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Estándares para agua apta para el consumo Humano

Contaminant	MCLG <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	MCL or TT <sup>3</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	Potential health effects from exposure above the MCL	Common sources of contaminant in drinking water
<b>MICROORGANISMS</b>				
<i>Cryptosporidium</i>	zero	TT <sup>3</sup>	Gastrointestinal illness (e.g., diarrhea, vomiting, cramps)	Human and fecal animal waste
<i>Giardia lamblia</i>	zero	TT <sup>3</sup>	Gastrointestinal illness (e.g., diarrhea, vomiting, cramps)	Human and animal fecal waste
Heterotrophic plate count (HPC)	n/a	TT <sup>3</sup>	HPC has no health effects; it is an analytic method used to measure the variety of bacteria that are common in water. The lower the concentration of bacteria in drinking water, the better maintained the water system is.	HPC measures a range of bacteria that are naturally present in the environment
<i>Legionella</i>	zero	TT <sup>3</sup>	Legionnaire's Disease, a type of pneumonia	Found naturally in water; multiplies in heating systems
Total Coliforms (including fecal coliform and <i>E. coli</i> )	zero	5.0% <sup>4</sup>	Not a health threat in itself, it is used to indicate whether other potentially harmful bacteria may be present <sup>5</sup>	Coliforms are naturally present in the environment, as well as feces; fecal coliforms and <i>E. coli</i> only come from human and animal fecal waste.
Turbidity	n/a	TT <sup>3</sup>	Turbidity is a measure of the cloudiness of water. It is used to indicate water quality and filtration effectiveness (e.g., whether disease-causing organisms are present). Higher turbidity levels are often associated with higher levels of disease-causing microorganisms such as viruses, parasites and some bacteria. These organisms can cause symptoms such as nausea, cramps, diarrhea, and associated headaches.	Soil runoff
Viruses (enteric)	zero	TT <sup>3</sup>	Gastrointestinal illness (e.g., diarrhea, vomiting, cramps)	Human and animal fecal waste
<b>DISINFECTION BYPRODUCTS</b>				
Bromate	zero	0.010	Increased risk of cancer	Byproduct of drinking water disinfection
Chlorine	0.5	1.0	Anemia; infants & young children: nervous system effects	Byproduct of drinking water disinfection
Haloacetic acids (HAA5)	n/a <sup>6</sup>	0.050	Increased risk of cancer	Byproduct of drinking water disinfection
Total Trihalomethanes (TTHMs)	none <sup>7</sup> n/a <sup>8</sup>	0.10 0.050	Liver, kidney or central nervous system problems; increased risk of cancer	Byproduct of drinking water disinfection
<b>DISINFECTANTS</b>	MRDL <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	MRDL <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>		

Contaminant	MCLG <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	MCL or TT <sup>3</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	Potential health effects from exposure above the MCL	Common sources of contaminant in drinking water
Chloramines (as Cl <sub>2</sub> )	MRDLG=4	MRDL=4.0 <sup>4</sup>	Eye/nose irritation; stomach discomfort, anemia	Water additive used to control microbes
Chlorine (as Cl <sub>2</sub> )	MRDLG=4	MRDL=4.0 <sup>4</sup>	Eye/nose irritation; stomach discomfort	Water additive used to control microbes
Chlorine dioxide (as ClO <sub>2</sub> )	MRDLG=0 3 <sup>1</sup>	MRDL=0.3 <sup>1</sup>	Anemia; infants & young children: nervous system effects	Water additive used to control microbes
<b>INORGANIC CHEMICALS</b>				
Antimony	0.006	0.006	Increase in blood cholesterol; decrease in blood sugar	Discharge from petroleum refineries; fire retardants; ceramics; electronics; solder
Arsenic	0 <sup>2</sup>	0.010 as of 1/23/06	Skin damage or problems with circulatory systems, and may have increased risk of getting cancer	Erosion of natural deposits; runoff from orchards; runoff from glass & electronics production wastes
Asbestos (fibers >10 micrometers)	7 million fibers per Liter (MFL)	7 MFL	Increased risk of developing benign intestinal polyps	Decay of asbestos cement in water main; erosion of natural deposits
Barium	2	2	Increase in blood pressure	Discharge of drilling wastes; discharge from metal refineries; erosion of natural deposits
Beryllium	0.004	0.004	Intestinal lesions	Discharge from metal refineries and coal-burning factories; discharge from electrical, aerospace, and defense industries
Cadmium	0.005	0.005	Kidney damage	Corrosion of galvanized pipes; erosion of natural deposits; discharge from metal refineries; runoff from waste batteries and paints
Chromium (total)	0.1	0.1	Allergic dermatitis	Discharge from steel and pulp mills; erosion of natural deposits
Copper	1.3	TT <sup>3</sup> . Action Level= 1.3	Short term exposure: Gastrointestinal distress Long term exposure: Liver or kidney damage People with Wilson's Disease should consult their personal doctor if the amount of copper in their water exceeds the action level	Corrosion of household plumbing systems; erosion of natural deposits
Cyanide (as free cyanide)	0.2	0.2	Nerve damage or thyroid problems	Discharge from steel/metal factories; discharge from plastic and fertilizer factories
Fluoride	4.0	4.0	Bone disease (pain and tenderness of the bones); Children may get mottled teeth	Water additive which promotes strong teeth; erosion of natural deposits; discharge from fertilizer and aluminum factories
Lead	zero	TT <sup>3</sup> . Action Level= 0.015	Infants and children: Delays in physical or mental development; children could show slight deficits in attention span and learning abilities Adults: Kidney problems; high blood pressure	Corrosion of household plumbing systems; erosion of natural deposits

Contaminant	MCLG <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	MCL or TT <sup>3</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	Potential health effects from exposure above the MCL	Common sources of contaminant in drinking water
Mercury (inorganic)	0.002	0.002	Kidney damage	Erosion of natural deposits; discharge from refineries and factories; runoff from landfills and croplands
Nitrate (measured as Nitrogen)	10	10	Infants below the age of six months who drink water containing nitrate in excess of the MCL could become seriously ill and, if untreated, may die. Symptoms include shortness of breath and blue-baby syndrome.	Runoff from fertilizer use; leaching from septic tanks; sewage; erosion of natural deposits
Nitrite (measured as Nitrogen)	1	1	Infants below the age of six months who drink water containing nitrite in excess of the MCL could become seriously ill and, if untreated, may die. Symptoms include shortness of breath and blue-baby syndrome.	Runoff from fertilizer use; leaching from septic tanks; sewage; erosion of natural deposits
Selenium	0.05	0.05	Hair or fingernail loss; numbness in fingers or toes; circulatory problems	Discharge from petroleum refineries; erosion of natural deposits; discharge from mines
Thallium	0.0005	0.002	Hair loss; changes in blood; kidney, intestine, or liver problems	Leaching from ore-processing sites; discharge from electronics, glass, and drug factories
<b>ORGANIC CHEMICALS</b>				
Acrylamide	zero	TT <sup>3</sup>	Nervous system or blood problems; increased risk of cancer	Added to water during sewage/wastewater treatment
Alachlor	zero	0.002	Eye, liver, kidney or spleen problems; anemia; increased risk of cancer	Runoff from herbicide used on row crops
Atrazine	0.003	0.003	Cardiovascular system or reproductive problems	Runoff from herbicide used on row crops
Benzene	zero	0.005	Anemia; decrease in blood platelets; increased risk of cancer	Discharge from factories; leaching from gas storage tanks and landfills
Benzo(a)pyrene (PAHs)	zero	0.0002	Reproductive difficulties; increased risk of cancer	Leaching from linings of water storage tanks and distribution lines
Carbofuran	0.04	0.04	Problems with blood, nervous system, or reproductive system	Leaching of soil fumigant used on rice and alfalfa
Carbon tetrachloride	zero	0.005	Liver problems; increased risk of cancer	Discharge from chemical plants and other industrial activities
Chlordane	zero	0.002	Liver or nervous system problems; increased risk of cancer	Residue of banned termiticide
Chlorobenzene	0.1	0.1	Liver or kidney problems	Discharge from chemical and agricultural chemical factories
1,4-D	0.07	0.07	Kidney, liver, or adrenal gland problems	Runoff from herbicide used on row crops
Dalapon	0.2	0.2	Minor kidney changes	Runoff from herbicide used on rights of way
1,2-Dibromo-3- chloropropane (DBCP)	zero	0.0002	Reproductive difficulties; increased risk of cancer	Runoff/leaching from soil fumigant used on soybeans, cotton, pineapples, and orchards
o-Dichlorobenzene	0.6	0.6	Liver, kidney, or circulatory system problems	Discharge from industrial chemical factories
p-Dichlorobenzene	0.075	0.075	Anemia; liver, kidney or spleen damage; changes in blood	Discharge from industrial chemical factories

Contaminant	MCLG <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	MCL or TT <sup>3</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	Potential health effects from exposure above the MCL	Common sources of contaminant in drinking water
1,2-Dichloroethane	zero	0.005	Increased risk of cancer	Discharge from industrial chemical factories
1,1-Dichloroethylene	0.007	0.007	Liver problems	Discharge from industrial chemical factories
cis-1,2-Dichloroethylene	0.07	0.07	Liver problems	Discharge from industrial chemical factories
trans-1,2-Dichloroethylene	0.1	0.1	Liver problems	Discharge from industrial chemical factories
Dichloromethane	zero	0.005	Liver problems; increased risk of cancer	Discharge from drug and chemical factories
1,2-Dichloropropane	zero	0.005	Increased risk of cancer	Discharge from industrial chemical factories
Di(2-ethylhexyl) adipate	0.4	0.4	Weight loss, liver problems, or possible reproductive difficulties	Discharge from chemical factories
Di(2-ethylhexyl) phthalate	zero	0.006	Reproductive difficulties, liver problems; increased risk of cancer	Discharge from rubber and chemical factories
Dinoseb	0.007	0.007	Reproductive difficulties	Runoff from herbicide used on soybeans and vegetables
Dioxin (2,3,7,8-TCDD)	zero	0.00000003	Reproductive difficulties; increased risk of cancer	Emissions from waste incineration and other combustion; discharge from chemical factories
Diquat	0.02	0.02	Cataracts	Runoff from herbicide use
Endosulf	0.1	0.1	Stomach and intestinal problems	Runoff from herbicide use
Endrin	0.002	0.002	Liver problems	Residue of banned insecticide
Epichlorohydrin	zero	TT <sup>3</sup>	Increased cancer risk, and over a long period of time, stomach problems	Discharge from industrial chemical factories, an impurity of some water treatment chemicals
Ethylbenzene	0.7	0.7	Liver or kidneys problems	Discharge from petroleum refineries
Ethylene dibromide	zero	0.00005	Problems with liver, stomach, reproductive system, or kidneys; increased risk of cancer	Discharge from petroleum refineries
Glyphosate	0.7	0.7	Kidney problems; reproductive difficulties	Runoff from herbicide use
Heptachlor	zero	0.0004	Liver damage; increased risk of cancer	Residue of banned termiticide
Heptachlor epoxide	zero	0.0002	Liver damage; increased risk of cancer	Breakdown of heptachlor
Hexachlorobenzene	zero	0.001	Liver or kidney problems; reproductive difficulties; increased risk of cancer	Discharge from metal refineries and agricultural chemical factories
Hexachlorocyclopentadiene	0.05	0.05	Kidney or stomach problems	Discharge from chemical factories
Lindane	0.0002	0.0002	Liver or kidney problems	Runoff/leaching from insecticide used on cattle, lumber, gardens
Methoxychlor	0.04	0.04	Reproductive difficulties	Runoff/leaching from insecticide used on fruits, vegetables, alfalfa, livestock
Oxamyl (Vydate)	0.2	0.2	Slight nervous system effects	Runoff/leaching from insecticide used on apples, potatoes, and tomatoes

Contaminant	MCLG <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	MCL or TT <sup>1</sup> (mg/L) <sup>2</sup>	Potential health effects from exposure above the MCL	Common sources of contaminant in drinking water
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	zero	0.0005	Skin changes, thyroid gland problems; immune deficiencies; reproductive or nervous system difficulties; increased risk of cancer	Runoff from landfills; discharge of waste chemicals
Pentachlorophenol	zero	0.001	Liver or kidney problems; increased cancer risk	Discharge from wood preserving factories
Picloram	0.5	0.5	Liver problems	Herbicide runoff
Simazine	0.004	0.004	Problems with blood	Herbicide runoff
Styrene	0.1	0.1	Liver, kidney, or circulatory system problems	Discharge from rubber and plastic factories; leaching from landfills
Tetrachloroethylene	zero	0.005	Liver problems; increased risk of cancer	Discharge from factories and dry cleaners
Toluene	1	1	Nervous system, kidney, or liver problems	Discharge from petroleum factories
Toxaphene	zero	0.003	Kidney, liver, or thyroid problems; increased risk of cancer	Runoff/leaching from insecticide used on cotton and cattle
2,4,5-TP (Silvex)	0.05	0.05	Liver problems	Residue of banned herbicide
1,2,4-Trichlorobenzene	0.07	0.07	Changes in adrenal glands	Discharge from textile finishing factories
1,1,1-Trichloroethane	0.20	0.2	Liver, nervous system, or circulatory problems	Discharge from metal degreasing sites and other factories
1,1,2-Trichloroethane	0.005	0.005	Liver, kidney, or immune system problems	Discharge from industrial chemical factories
Trichloroethylene	zero	0.005	Liver problems; increased risk of cancer	Discharge from metal degreasing sites and other factories
Vinyl chloride	zero	0.002	Increased risk of cancer	Leaching from PVC pipes; discharge from plastic factories
Xylenes (total)	10	10	Nervous system damage	Discharge from petroleum factories; discharge from chemical factories
<b>RADIOISOTOPES</b>				
Alpha particles	none <sup>2</sup>	15 picocuries per Liter (pCi/L)	Increased risk of cancer	Erosion of natural deposits of certain minerals that are radioactive and may emit a form of radiation known as alpha radiation.
Beta particles and photon emitters	none <sup>2</sup>	4 millirems per year (mrem/yr)	Increased risk of cancer	Decay of natural and man-made deposits of certain minerals that are radioactive and may emit forms of radiation known as photons and beta radiation.
Radium 226 and Radium 228 (combined)	none <sup>2</sup>	5 pCi/L	Increased risk of cancer	Erosion of natural deposits
Uranium	zero	30 ug/L as of 12/08/03	Increased risk of cancer, kidney toxicity	Erosion of natural deposits



## Notes

### 1 - Definitions

- **Maximum Contaminant Level Goal (MCLG)** - The level of a contaminant in drinking water below which there is no known or expected risk to health. MCLGs allow for a margin of safety and are non-enforceable public health goals.
- **Maximum Contaminant Level (MCL)** - The highest level of a contaminant that is allowed in drinking water. MCLs are set as close to MCLGs as feasible using the best available treatment technology and taking cost into consideration. MCLs are enforceable standards.
- **Maximum Residual Disinfectant Level Goal (MRDLG)** - The level of a drinking water disinfectant below which there is no known or expected risk to health. MRDLGs do not reflect the benefits of the use of disinfectants to control microbial contaminants.
- **Maximum Residual Disinfectant Level (MRDL)** - The highest level of a disinfectant allowed in drinking water. There is convincing evidence that addition of a disinfectant is necessary for control of microbial contaminants.
- **Treatment Technique (TT)** - A required process intended to reduce the level of a contaminant in drinking water.

2 - Units are in milligrams per liter (mg/L) unless otherwise noted. Milligrams per liter are equivalent to parts per million (ppm).

3 - EPA's surface water treatment rules require systems using surface water or ground water under the direct influence of surface water to (1) disinfect their water, and (2) filter their water or meet criteria for avoiding filtration so that the following contaminants are controlled at the following levels:

- *Cryptosporidium* (as oE1/102 for systems serving >10,000 and 1/14/05 for systems serving <10,000) 99% removal.
- *Giardia lamblia*; 99.9% removal/inactivation.
- Viruses: 99.99% removal/inactivation.
- *Legionella*: No limit, but EPA believes that if *Giardia* and viruses are removed/inactivated, *Legionella* will also be controlled.
- Turbidity: At no time can turbidity (cloudiness of water) go above 5 nephelometric turbidity units (NTU); systems that filter must ensure that the turbidity go no higher than 1 NTU (0.5 NTU for conventional or direct filtration) in at least 95% of the daily samples in any month. As of January 1, 2002, turbidity may never exceed 1 NTU, and must not exceed 0.3 NTU in 95% of daily samples in any month.
- HPC: No more than 500 bacterial colonies per milliliter.
- Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment (Effective Date: January 14, 2005): Surface water systems or (GWUD) systems serving fewer than 10,000 people must comply with the applicable Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment Rule provisions (e.g. turbidity standards, individual filter monitoring, *Cryptosporidium* removal requirements, updated watershed control requirements for unfiltered systems).
- Filter Backwash Recycling: The Filter Backwash Recycling Rule requires systems that recycle to reuse specific recycle flows through all processes of the system's existing conventional or direct filtration system or at an alternate location approved by the state.

4 - No more than 3 0% samples total coliform-positive in a month. (For water systems that collect fewer than 40 routine samples per month, no more than one sample can be total coliform-positive per month.) Every sample that has total coliform must be analyzed for either fecal coliforms or *E. coli* if two consecutive TC-positive samples, and one is also positive for *E. coli* fecal coliforms, system has an acute MCL violation.

5 - Fecal coliform and *E. coli* are bacteria whose presence indicates that the water may be contaminated with human or animal wastes. Disease-causing microbes (pathogens) in these wastes can cause diarrhea, cramps, nausea, headaches, or other symptoms. These pathogens may pose a special health risk for infants, young children, and people with severely compromised immune systems.

6 - Although there is no collective MCLG for this contaminant group, there are individual MCLGs for some of the individual contaminants:  
• Haloacetic acids: dichloroacetic acid (zero); trichloroacetic acid (0.3 mg/L)  
• Trihalomethanes: bromodichloromethane (zero); bromoform (zero); dibromochloromethane (0.06 mg/L)

7 - MCLGs were not established before the 1986 Amendments to the Safe Drinking Water Act. The standard for this contaminant was set prior to 1986. Therefore, there is no MCLG for this contaminant.

8 - Lead and copper are regulated by a Treatment Technique that requires systems to control the corrosiveness of their water. If more than 10% of tap water samples exceed the action level, water systems must take additional steps. For copper, the action level is 1.3 mg/L, and for lead is 0.015 mg/L.

9 - Each water system must certify, in writing, to the state that when it uses acrylamide and/or epichlorohydrin to treat water, the combination (or product) of dose and monomer level does not exceed the levels specified, as follows: Acrylamide = 0.05% dosed at 1 mg/L (or equivalent); Epichlorohydrin = 0.01% dosed at 20 mg/L (or equivalent).

## Anexo 2

### Constantes Elásticas y Físicas de Algunos Materiales

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD $E$		MÓDULO DE RIGIDEZ $G$		RELACIÓN DE POISSON $\nu$	PESO UNITARIO $w$		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

Resistencias últimas a la tensión mínimas; A, alambre de bronce fosforado duro,  $E = 15$  Mpsi,  $G = 6.3$  Mpsi; B, alambre de acero inoxidable ASTM A313 (tipo 302),  $E = 28$  Mpsi,  $G = 10$  Mpsi.

### Anexo 3

## Constante de formas de extremos para resorte Helicoidales

FORMA DE EXTREMO	CONSTANTE $\alpha$
Resorte soportado entre superficies paralelas planas (extremos fijos)	0.5
Un extremo soportado por una superficie plana perpendicular al eje del resorte (fijo); el otro extremo articulado (con pivote)	0.707
Ambos extremos articulados (con pivote)	1
Un extremo con sujeción y el otro libre	2

\*Los extremos soportados por superficies planas deben estar a escuadra y aplanados.



## Anexo 4

### Formulas para calcular dimensiones de resortes

TÉRMINO	TIPOS DE EXTREMOS DE RESORTES			
	SIMPLE	SIMPLE Y APLANADO	A ESCUADRA	A ESCUADRA Y APLANADO
Espiras de extremo, $N_e$	0	1	2	2
Espiras totales, $N_t$	$N_a$	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, $L_0$	$pN_a + d$	$p(N_a + 1)$	$pN_a + 3d$	$pN_a + 2d$
Longitud cerrada, $L_s$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$	$d(N_t + 1)$	$dN_t$
Paso $p$	$(L_0 - d)/N_a$	$L_0/(N_a + 1)$	$(L_0 - 3d)/N_a$	$(L_0 - 2d)/N_a$

Fuente: Associated Spring-Barnes Group, *Design Handbook*, Bristol, Conn., 1981, p. 32.

## Anexo 5

### Hojas dinámicas de Excel

DATOS	
Volumen de botella	500cc
Densidad del Agua	999Kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9,81m/s <sup>2</sup>
Cabezal	0,984m
Asumo	
Tiempo de salida del aire	2,51s
Diámetro Agujero	0,006m
Cantidad de agujeros	2u

CALCULOS	
Área equivalente de entrada de agua	5,65487E-05m <sup>2</sup>
Área Equivalente de salida de aire	8,24291E-05m <sup>2</sup>
Volumen total de aire	0,000504121m <sup>3</sup>
Caudal volumétrico AIRE	0,000200916m <sup>3</sup> /s
Velocidad de salida de AIRE	2,43743415m/s
Velocidad de entrada de AGUA	3,552968143m/s
Presión dentro de la botella	3337,907446Pa

Presión dentro de la botella	3337,907439Pa
------------------------------	---------------

DATOS	
Volumen de botella	500cc
Densidad del Agua	999Kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9,81m/s <sup>2</sup>
Cabezal	0,984m
Asumo	
tiempo de salida del aire	2,38s
Diametro Agujero	0,005m
Cantidad de agujeros	3u

CALCULOS	
Area equivalente de entrada de agua	5,89049E-05m <sup>2</sup>
Área Equivalente de salida de aire	8,24291E-05m <sup>2</sup>
volumen total de aire	0,000504121m <sup>3</sup>
Caudal volumétrico AIRE	0,000212081m <sup>3</sup> /s
Velocidad de salida de AIRE	2,572894544m/s
Velocidad de entrada de AGUA	3,600407361m/s
Presion dentro de la botella	3168,401843Pa

Presion dentro de la botella	3168,401843Pa
------------------------------	---------------

DATOS	
Volumen de botella	500cc
Densidad del Agua	999Kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9,81m/s <sup>2</sup>
Cabezal	0,984m
Asumo	
tiempo de salida del aire	3,89s
Diámetro Agujero	0,005m
Cantidad de agujeros	2u

CALCULOS	
Area equivalentede entrada de agua	3,92699E-05m <sup>2</sup>
Área Equivalente de salida de aire	8,24291E-05m <sup>2</sup>
volumen total de aire	0,000504121m <sup>3</sup>
Caudal volumétrico AIRE	0,000129583m <sup>3</sup> /s
Velocidad de salida de AIRE	1,572053915m/s
Velocidad de entrada de AGUA	3,299805564m/s
Presión dentro de la botella	4204,472942Pa

Presión dentro de la botella	4204,47294Pa
------------------------------	--------------

DATOS	
Volumen de botella	500cc
Densidad del Agua	999Kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9,81 m/s <sup>2</sup>
Cabezal	0,984m
Asumo	
tiempo de salida del aire	4,07s
Diametro Agujero	0,004m
Cantidad de agujeros	3u

CALCULOS	
Area equivalente de entrada de agua	3,76991E-05m <sup>2</sup>
Área Equivalente de salida de aire	8,24291E-05m <sup>2</sup>
volumen total de aire	0,000504121 m <sup>3</sup>
Caudal volumétrico AIRE	0,00012378 m <sup>3</sup> /s
Velocidad de salida de AIRE	1,501655329 m/s
Velocidad de entrada de AGUA	3,283370885 m/s
Presion dentro de la botella	4258,515041 Pa

Presion dentro de la botella	4258,515039 Pa
------------------------------	----------------



DATOS	
Volumen de botella	500cc
Densidad del Agua	999Kg/m <sup>3</sup>
Gravedad	9,81m/s <sup>2</sup>
Cabezal	0,984m
Asumo	
tiempo de salida del aire	6,30s
Diametro Agujero	0,004m
Cantidad de agujeros	2u

CALCULOS	
Area equivalentede entrada de agua	2,51327E-05m <sup>2</sup>
Área Equivalente de salida de aire	8,24291E-05m <sup>2</sup>
volumen total de aire	0,000504121m <sup>3</sup>
Caudal volumétrico AIRE	7,99664E-05m <sup>3</sup> /s
Velocidad de salida de AIRE	0,970122918m/s
Velocidad de entrada de AGUA	3,181762102m/s
Presion dentro de la botella	4586,644562Pa

Presion dentro de la botella	4586,643728Pa
------------------------------	---------------

Anexo 6

**TOTAL WEIGHTS AND MASSES**

MATERIAL	WEIGHT LABEL	MASS
SSEC1	187.3040	19.0843
TOTAL	187.3040	19.0843

CSI / SAP 2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF  
STRUCTURES PAGE 14

PROGRAM:SAP2000/FILE:\MODELO.EKO

**MATERIAL PROPERTY DATA**

MAT LABEL	NUMBER TEMPS	WEIGHT PER UNIT VOL	MASS PER UNIT VOL	DESIGN CODE
STEEL	1	0.7682E+05	0.7827E+04	S
CONC	1	0.2356E+05	0.2401E+04	C
OTHER	1	0.2356E+05	0.2401E+04	N

CSI / SAP 2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF  
STRUCTURES PAGE 6

PROGRAM:SAP2000/FILE:\MODELO.EKO



# TEMPERATURE DEPENDENT DATA

## MATERIAL PROPERTIES

MAT LABEL	TEMP E1	MODULUS OF ELASTICITY MODULII			SHEAR		
		E2	E3	G12	G13	G23	
STEEL	0.00	0.200E+12	0.200E+12	0.200E+12	0.769E+11	0.769E+11	0.769E+11
CONC	0.00	0.248E+11	0.248E+11	0.248E+11	0.103E+11	0.103E+11	0.103E+11
OTHER	0.00	0.248E+11	0.248E+11	0.248E+11	0.103E+11	0.103E+11	0.103E+11

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF  
STRUCTURES PAGE 7

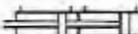
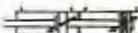
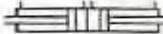
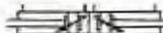
PROGRAM:SAP2000/FILE:\MODELO.EKO





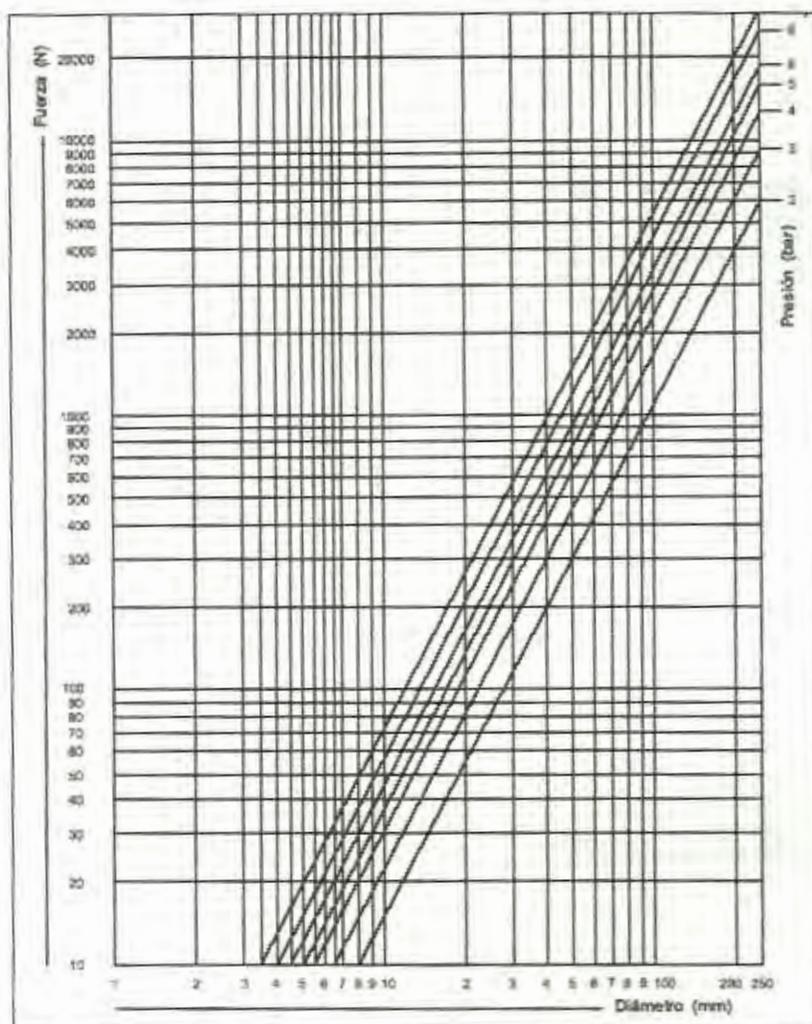
## Anexo 8

### Cilindros Neumáticos

	Cilindros de simple efecto		Cilindros doble efecto con doble pistón (tandem)
	Cilindros de simple efecto con imán		Cilindros doble efecto con doble pistón (tandem) e imán
	Cilindros de simple efecto con resorte trasero		Cilindros doble efecto con doble pistón (tandem) y amortiguación
	Cilindros de simple efecto con resorte trasero e imán		Cilindros doble efecto con doble pistón (tandem), amortiguación e imán
	Cilindros de simple efecto con doble vástago		Cilindros doble efecto acoplados
	Cilindros de simple efecto con doble vástago e imán		Cilindros doble efecto con imán acoplados
	Cilindros de doble efecto		Cilindros doble efecto con doble amortiguación acoplados
	Cilindros de doble efecto con imán		Cilindros doble efecto con doble amortiguación e imán acoplados
	Cilindros de doble efecto con doble amortiguación		Cilindros sin vástago de doble efecto
	Cilindros de doble efecto con doble amortiguación e imán		Cilindros de impacto
	Cilindros de doble efecto con doble vástago		Actuadores rotantes neumáticos
	Cilindros de doble efecto con doble vástago e imán		
	Cilindros de doble efecto con doble vástago y amortiguación		
	Cilindros de doble efecto con doble vástago, amortiguación e imán		

## Anexo 9

### Gráfico para hallar presiones, diámetro y fuerza en cilindros



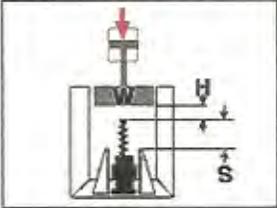
## Anexo 10

### Pantallas del Programa Enisize III usado para seleccionar actuadores neumáticos

Enisize III

**ENIDINE** Enisize III

Aplicación vertical - Con Fuerza propulsora hacia abajo



N° amortiguadores: 1

Peso de la masa: W: 32,00 Kg

N° de ciclos por hora: C: 0,10

Velocidad lineal: V: 0,20 m/s

Fuerza: Fd: 900,23 N

Temperatura de trabajo: \*T: 30,00 °C

Reset

Resultados

Por favor seleccione Modelo A

Pantalla de selección

Modelo Número	Tipo	Carrera	Carga G	Energía máxima por ciclo	Energía máxima por hora	Fuerza de choque máxima	Fuerza propulsora máxima
LRDEM 1.0M	Adjust.	25,00	0,78	41,9%	0,0%	32,8%	60,2%
SPM 50 MC-3	Non.	12,00	1,90	59,9%	0,0%	58,2%	75,9%

Más selecciones Menú Principal Aplicaciones Salir



## Resultados :

Amort. Regulables LROEM 1.0M

Punto máx. de ajuste 6.5

Cálculos ENIDINE para amortiguador		% del Máximo
Energía cinética	Ek: 0,6 Nm	
Energía de Trabajo	Ew: 30,4 Nm	41,9%
Energía total	Et: 31,0 Nm	0,0%
Energía total por hora	EtC: 3,1 Nm/h	32,8%
Fuerza de choque	Fp: 1.458,4 N	60,2%
Fuerza propulsora	Fd: 1.214,0 N	
Velocidad de impacto	V: 0,20 m/s	
Carga G	G: 0,78	

### Datos técnicos del amortiguador

ENICAD file	:	OEM10M.DXF
Carrera	S:	25,00 mm
Longitud	:	130,00 mm
Calibre	:	M27 x 3,0
Energía máxima por ciclo	:	74 Nm
Energía máxima por hora	:	70.000 Nm/h
Fuerza de choque máxima	:	4.440 N
Fuerza propulsora máxima	:	2.016 N

CAD File

Catálogo

Siguiente

Atrás



An  Company

ENIDINE Incorporated  
7 Centre Drive  
Orchard Park, New York 14127 USA  
Phone: 1 716 662-1900  
Fax: 1 716 662-1909  
Technical Hot Line: 1 800 852-8508  
<http://www.enidine.com>

ENIDINE GmbH  
Rheinauenstraße 5  
D-79415 Bad Bellingen  
Telefon: +49-7635-81 01-0  
Telefax: +49-7635-81 01-99  
<http://www.enidine.de>

## Hoja de Cálculo de dimensionamiento de amortiguador ENIDINE

Esta hoja fue preparada el 28/10/2005 a 9:41:46

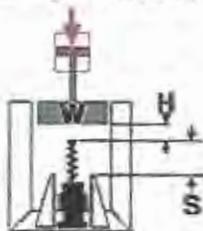
El modelo seleccionado : LROEM 1.0M(B) Amort. Regulables

Punto máx. de ajuste : 6.5

Montaje : Sin protección

Nombre del Accesorio :	Catálogo número :	Qty:
Tope mecánico	SC M 27 x 3.0	1
Tuerca	JN M27 x 3.0	1

Tipo de Aplicación : Aplicación vertical - Con Fuerza propulsora hacia abajo



Nº amortiguadores	:	1
Peso de la masa	W :	32,00 Kg
Nº de ciclos por hora	C :	0,10
Velocidad lineal	V :	0,20 m/s
Fuerza	Fd :	900,23 N
Temperatura de trabajo	°T :	30,00 °C

### Calculos ENIDINE para amortiguador

% del Máximo

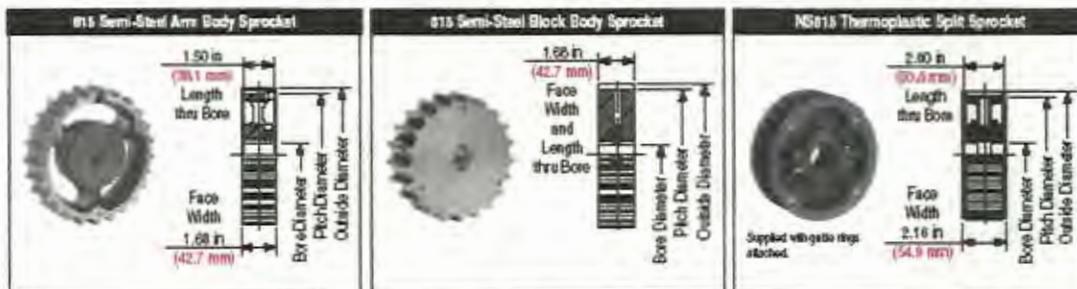
Energia cinetica	Ek :	0,6	Nm	
Energía de Trabajo	Ew :	30,4	Nm	
Energia total	Et :	31,0	Nm	41,9%
Energia total por hora	EtC :	3,1	Nm/h	0,0%
Fuerza de choque	Fp :	1.458,4	N	32,8%
Fuerza propulsora	Fd :	1.214,0	N	60,2%
Velocidad de impacto	V :	0,20	m/s	
Carga G	G :	0,78		

### Datos tecnicos del amortiguador

ENICAD file	:	OEM10M.DXF	
Carrera	S :	25,00	mm
Longitud	:	130,00	mm
Calibre	:	M27 x 3.0	
Energia maxima por ciclo	:	74	Nm
Energia maxima por hora	:	70.000	Nm/h
Fuerza de choque maxima	:	4.440	N
Fuerza propulsora maxima	:	2.016	N



# Anexo 11



**#15 Semi-Steel Arm Body Sprocket Information**

Number of Teeth	Pitch Diameter	Outside Diameter	Bore Diameter (Shaft-Ready)										Bore Diameter (Round)				Approximate Weight		
			Round					Square					Bore Diameter (Round)						
			in		mm		in		mm		in		mm		in	mm			lb
19	8-1/2	4.629	117.53	4.61	117.1	1	1-1/4	30	30	-	-	-	-	1	1-1/4	29	30	3.26	1.48
20	10	4.654	125.29	4.66	125.4	1	1-1/4	30	30	-	-	-	-	1	1-1/4	29	30	3.61	1.73
21	10-1/2	5.069	135.26	5.12	135.9	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	4.65	2.10
22	11	5.324	135.23	5.35	135.8	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	4.21	1.91
25	11-1/2	5.568	141.22	5.59	142.8	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	5.31	2.41
24	12	5.795	147.22	5.85	148.1	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	4.41	2.00
25	12-1/2	6.082	155.21	6.07	154.2	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	5.57	2.53
27	15-1/2	6.504	165.20	6.56	166.4	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	6.50	2.95
29	14-1/2	6.978	177.94	7.05	178.1	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	6.72	3.05
31	15-1/2	7.432	189.28	7.53	191.3	1	1-3/4	30	45	-	-	-	-	1	1-3/4	29	45	6.86	3.11
41	20-1/2	9.626	244.36	9.86	252.2	1	2-1/2	30	65	-	-	-	-	1	2-1/2	29	65	16.25	7.36

Shaft ready round bore are shipped with pins and screws. Note: shaft ready round bore are shipped with pins hardware, but without screws.

# Anexo 12

## Ficha Técnica Cadena Rexnord Serie 815

### 815 SERIES

**MATERIALS**  
Hardened Steel  
Stainless Steel

**FLIGHT THICKNESS**  
1/8" (3.2mm)

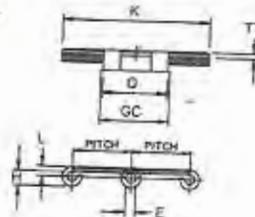
**FLIGHT WIDTH**  
2 1/4" (57.2mm) to  
7 1/2" (190.5mm)

**SPROCKETS**  
815 & 820 SERIES  
PAGES 38, 40, 42, 43

**FOOD HANDLING QUALIFICATIONS, PAGE 5**

**Food Contact:**  
FDA (STAINLESS)  
**Packaged Product:**  
FDA & USDA  
(STAINLESS)

SE Ratio (FPM/FL)	Allowable Tension (Lbs.)
0.2	625
0.3	560
0.5	490
0.7	450
1.0	400
2.5	320
5.0	265
8.0	230
15.0	195



Material		Standard Width K		Weight			
Hardened Steel	Stainless Steel	(In.)	(mm)	Per Ft. (Lbs.)	Per Meter (kg.)		Inch. mm
S815-K2 1/4	SS815-K2 1/4	2 1/4	57.2	1.43	2.13	Chain Pitch	1 1/2 38.1
S815-K2 3/8	SS815-K2 3/8	2 3/8	66.7	1.80	2.38	L-Height Over cl.	1/2 6.4
S815-K3 1/2	SS815-K3 1/2	3 1/2	82.6	1.84	2.74	TT-Thickness	1/8 3.2
S815-K4	SS815-K4	4	101.6	2.14	3.19	O-Overall Width	1 1/4 42.1
S815-K4 1/2	SS815-K4 1/2	4 1/2	114.3	2.34	3.48	GC-Guide Clearance	1 1/4 44.5
S815-K6	SS815-K6	6	152.4	2.94	4.36	H-Plate Bottom to Chain Bottom	1/2 6.4
S815-K7 1/2	SS815-K7 1/2	7 1/2	190.5	3.54	5.27	E-Pin Diameter	3/4 6.4
						Minimum Backflax Radius	6 1/2 165.1

## Anexo 14

Table 2 - Coefficient of friction between chain and conveyed products (Fm)

Material of conveyed products		Material and type of chain						
		LF		HP - WHP	WLT		HT - WHT	
		Solid Top Perforated Top Fm	Raised Top Fm	Solid Top Perforated Top Fm	Solid Top Perforated Top Fm	Raised Top Fm	Solid Top Perforated Top Fm	Raised Top Fm
Plastic PET	Dry	0,20	0,18	0,18	0,22	0,19	0,30	0,24
	Water	0,18	0,14	0,16	0,19	0,16	0,25	0,20
	Water and soap	0,15	0,10	0,14	0,15	0,12	0,20	0,16
Cardboard	Dry	0,30	0,22	0,25	0,30	0,25	0,35	0,28
Steel	Dry	0,25	0,16	0,18	0,28	0,25	0,35	0,28
	Water	0,20	0,14	0,16	0,22	0,18	0,25	0,20
	Water and soap	0,15	0,10	0,13	0,15	0,12	0,20	0,16
	oil	0,10	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,08
Aluminium	Dry	0,20	0,13	0,18	0,22	0,20	0,28	0,22
	Water	0,15	0,11	0,14	0,17	0,14	0,19	0,15
	Water and soap	0,12	0,08	0,12	0,12	0,10	0,16	0,13
Glass	Dry	0,15	0,12	0,14	0,18	0,14	0,22	0,20
	Water	0,13	0,10	0,12	0,14	0,11	0,17	0,15
	Water and soap	0,10	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10
Returnable glass bottles	Dry	0,20	0,16	0,18	0,24	0,19	0,29	0,27
	Water	0,16	0,12	0,16	0,17	0,14	0,21	0,18
	Water and soap	0,14	0,11	0,14	0,14	0,11	0,14	0,14
Non returnable glass bottles	Dry	0,15	0,12	0,13	0,18	0,14	0,22	0,20
	Water	0,13	0,10	0,11	0,14	0,11	0,17	0,15
	Water and soap	0,10	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10

## Anexo 15

# VARMECA variable speed 3-phase motors

## Selection

### VARMECA - IP 55

50/60 Hz  $\pm$  5 % - Class F - 230 V  $\Delta$   $\pm$  10 % - Aluminium rotor (Brake IP 44)

**4**  
poles  
1500 min<sup>-1</sup>

Motor type	VARMECA type	Rated power $P_N$ kW	Rated torque 320 to 2250 min <sup>-1</sup> $M_N$ N.m	Rated motor current $I_N$ (230 V) A	Starting torque / Rated torque $M_D / M_N$	Moment of inertia		Braking torque		
						without brake	with brake	Brake type		
								FMC	FCR J01	FMC
						J 10 <sup>-3</sup> kg.m <sup>2</sup>		Mf $\pm$ 20 % N.m		
LS71	VMA 25 M VMA 37 M	0.25 0.37	1.08 1.6	1.2 1.94	2 2	0.675 0.85	0.71 0.88	1.06 1.25	2.5 2.5	2.5 4

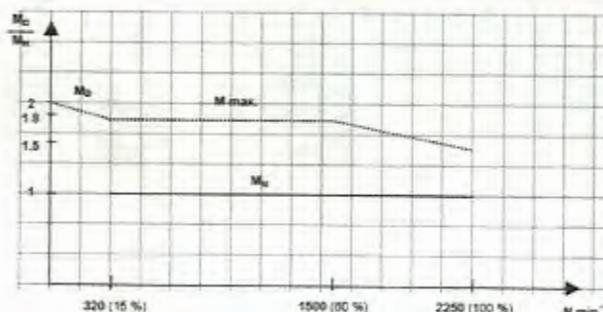
### VARMECA - IP 55

50/60 Hz  $\pm$  5 % - Class F - 400 V to 440 V  $\gamma$   $\pm$  10 %  
4-pole - Aluminium rotor (Brake IP 44)

**4**  
poles  
1500 min<sup>-1</sup>

Motor type	VARMECA type	Rated power $P_N$ kW	Rated torque 320 to 2250 min <sup>-1</sup> $M_N$ N.m	Rated motor current $I_N$ (400 V) A	Starting torque / Rated torque $M_D / M_N$	Moment of inertia		Braking torque Mf $\pm$ 20 % N.m	
						without brake	with brake		
						J 10 <sup>-3</sup> kg.m <sup>2</sup>			Brake type
LS 71 L	VMA 11 025	0.25	1.1	0.7	2	0.67	1.07	FCR J01	2.5
LS 71 L	VMA 11 037	0.37	1.8	1.12	2	0.85	1.25	FCR J01	4
LS 71 L	VMA 11 056	0.56	2.36	1.05	2	1.1	1.5	FCR J01	4
LS 80 L	VMA 11 075	0.75	3.2	2	2	1.8	2.8	FCR J01	6
LS 80 L	VMA 11 090	0.9	3.6	2.3	2	2.4	3.4	FCR J01	9
LS 90 L	VMA 11 110	1.1	4.7	2.7	2	3.2	5	FCR J01	10
LS 90 L	VMA 12 150	1.5	6.4	3.5	2	3.9	5.7	FCR J01	10
LS 90 L	VMA 12 180	1.8	7.7	4.1	2	4.6	6.7	FCR J01	15
LS 90 L	VMA 12 220	2.2	9.4	5.1	2	5.6	7.4	FCR J01	15
LS 100 L	VMA 13 200	3	12.6	7.2	2	8.5	9.3	FCR J01	15
LS 112 MG	VMA 13 400	4	17	8	1.5	15	-	-	-
LS 132 S	VMA 14 650	5.5	23.4	11	2	33	-	-	-
LS 132 M	VMA 14 750	7.5	31.9	14	1.5	35	-	-	-

### Torque / speed characteristics (constant torque for speed range 1 to 7)



**Key :**

- $M_n$  : Rated torque in S1 duty
- $M_{st}$  : starting torque
- $M_{max}$  : maximum overload torque
- $n$  min $^{-1}$  : motor rotation speed

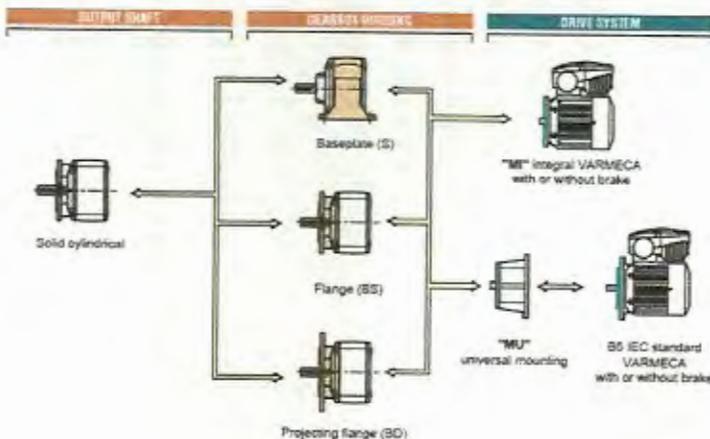
## VARMECA + Compabloc 1000 variable speed geared motors

### Adaptation possibilities

Leroy-Somer offers complete drive systems, VARMECA variable speed geared motors which respond to very wide-ranging needs. VARMECA is a variable speed motor for use in general applications with power ratings of 0.25 and 0.37 kW. Refer to the other relevant sections for a definition of the gearboxes or motors. For other drives, consult the Leroy-Somer technical specialists who will be glad to assist.

**VARMECA VMA M variable speed motors comprise :**

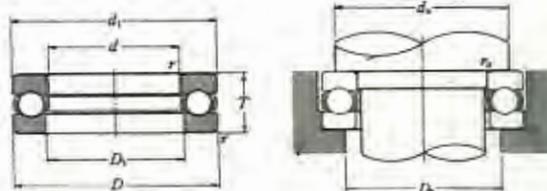
- an integral variable speed drive with a single phase power supply of 230 V 50 Hz
- mounted on
- a 3-phase motor connected at 230 V 50 Hz.



## Anexo 16

Tipo : un solo sentido

Carga equivalente del rodamiento  
dinámica  $P_d = F_d$   
estática  $F_{st} = F_d$



d 10~50 mm

Dimensiones principales	Capacidad básica de carga				Velocidad límite		Número de rodamiento	Dimensiones		Dimensiones de montaje y tolerancias			Masa (aprox.)	
	N				r.p.m.			mm		$d_1$	$D_1$	$t_{max}$		
$d$	$D$	$T$	$r_{s, min}$	dinámica $C_{10}$	estática $C_{010}$	grasa	aceite	$d_{1, int}^1$	$D_{1, ext}^2$	mm	mm	mm	kg	
10	24	9	0.3	10 000	14 000	6 700	9 500	51108	24	11	18	16	0.3	0.021
	26	11	0.6	12 700	17 100	5 800	8 300	51200	26	12	20	16	0.6	0.030
12	25	9	0.3	10 300	15 400	6 400	9 200	51101	26	13	20	18	0.3	0.023
	28	11	0.6	13 200	19 000	5 600	8 000	51201	28	14	22	18	0.3	0.034
15	28	9	0.3	10 500	16 800	6 200	8 800	51102	28	16	23	20	0.3	0.024
	32	12	0.6	16 600	24 800	5 000	7 100	51202	32	17	25	22	0.6	0.046
17	30	9	0.3	10 800	18 200	6 000	8 500	51103	30	18	25	22	0.3	0.026
	35	12	0.6	17 200	27 300	4 800	6 800	51203	35	19	26	24	0.6	0.054
20	35	10	0.3	14 200	24 700	5 200	7 500	51104	35	21	29	26	0.3	0.040
	40	14	0.6	22 300	37 500	4 100	5 900	51204	40	22	32	28	0.6	0.081
25	42	11	0.6	19 600	37 000	4 600	6 500	51105	42	26	35	32	0.6	0.060
	47	15	0.6	27 800	50 500	3 700	5 300	51305	47	27	38	34	0.6	0.111
	52	18	1	35 500	61 500	3 200	4 600	51305	52	27	41	36	1	0.176
	60	24	1	55 500	89 500	2 600	3 700	51405	60	27	46	39	1	0.330
30	47	11	0.6	20 400	42 000	4 300	6 200	51106	47	32	40	37	0.6	0.069
	52	16	0.6	29 300	58 000	3 400	4 900	51306	52	32	43	39	0.6	0.139
	60	21	1	43 000	78 500	2 800	3 900	51306	60	32	48	42	1	0.269
	70	28	1	72 500	126 000	2 200	3 200	51406	70	32	54	46	1	0.516
35	52	12	0.6	20 400	44 500	3 900	5 800	51107	52	37	45	42	0.6	0.085
	62	18	1	39 000	78 000	2 900	4 200	51307	62	37	51	46	1	0.215
	68	24	1	55 500	105 000	2 400	3 500	51307	68	37	55	46	1	0.383
	80	32	1.1	67 000	155 000	1 900	2 800	51407	80	37	62	53	1	0.759
40	60	13	0.6	26 900	63 000	3 500	5 000	51108	60	42	52	48	0.6	0.125
	68	19	1	47 000	98 500	2 700	3 900	51308	68	42	57	51	1	0.276
	78	26	1	69 000	135 000	2 200	3 100	51308	78	42	63	55	1	0.548
	90	36	1.1	112 000	205 000	1 700	2 500	51408	90	42	70	60	1	1.08
45	65	14	0.6	27 900	69 000	3 200	4 600	51109	65	47	57	53	0.6	0.148
	73	20	1	48 000	105 000	2 600	3 700	51209	73	47	62	56	1	0.317
	85	28	1	80 000	163 000	2 000	2 900	51309	85	47	69	61	1	0.684
	100	38	1.1	130 000	242 000	1 600	2 200	51409	100	47	78	67	1	1.43
50	70	14	0.6	28 800	75 500	3 100	4 500	51110	70	52	62	58	0.6	0.161
	78	22	1	48 500	111 000	2 400	3 400	51210	78	52	67	61	1	0.378
	95	31	1.1	96 500	202 000	1 800	2 600	51310	95	52	77	68	1	0.951

1) La dimensión del diámetro exterior  $d_1$  del anillo interior, muestra la dimensión máxima permisible.

2) La dimensión del diámetro interior  $D_1$  del anillo exterior, muestra la dimensión mínima permisible.

Nota: El diámetro exterior del anillo interior de los rodamientos marcados con un asterisco, es más pequeño que el diámetro exterior del anillo exterior. Por tanto, cuando se usa tal rodamiento, no hay necesidad de esmerilar dejando un exceso en el diámetro exterior del anillo interior, como se muestra en el dibujo, y las formas de los huecos del alojamiento pueden ser cilíndricas.

## Anexo 17

### 5.4.1. Factor de ajuste de vida por confiabilidad $a_1$

Los valores del factor de ajuste por confiabilidad  $a_1$  (para un factor de confiabilidad mayor que 90%) se pueden encontrar en la Tabla 5.2.

**Tabla 5.2 Valores del factor de ajuste por confiabilidad,  $a_1$**

Confiabilidad %	$L_n$	Factor de confiabilidad $a_1$
90	$L_{10}$	1.00
95	$L_5$	0.62
96	$L_4$	0.53
97	$L_3$	0.44
98	$L_2$	0.33
99	$L_1$	0.21

## Anexo 18

### 5.4.3. Factor $a_3$ de ajuste de vida por condiciones de operación

El factor  $a_3$  de ajuste de vida por condiciones de operación, es utilizado para ajustar condiciones tales como lubricación, temperatura de operación, y otros factores de operación que tienen un efecto sobre la vida de los rodamientos.

En términos generales, cuando las condiciones de lubricación son satisfactorias, el factor  $a_3$  tiene un valor de uno; y cuando las condiciones de lubricación son

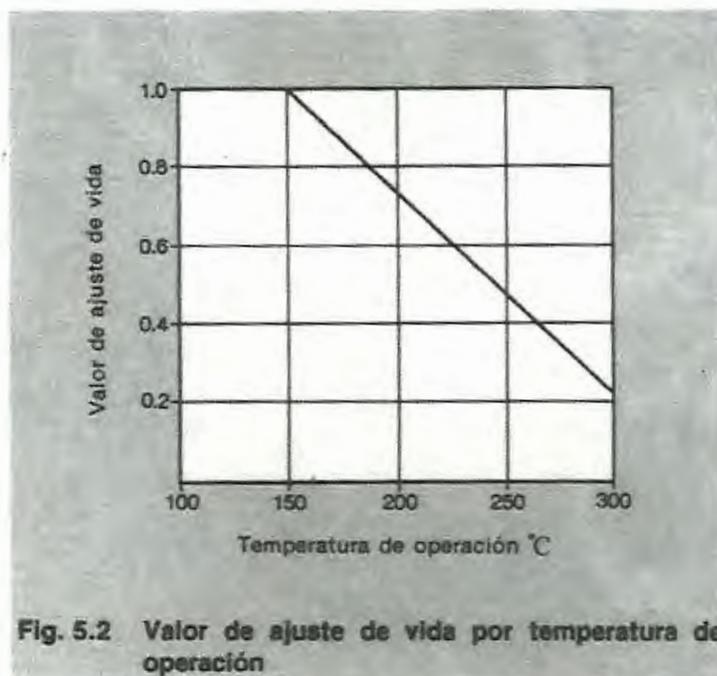


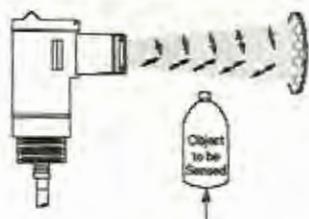
Fig. 5.2 Valor de ajuste de vida por temperatura de operación

## Anexo 19

### PHOTOSWITCH® Photoelectric Sensors

### ClearSight™ 9000 Clear Object Detector

#### On/Off and Timing



Reliable detection of clear objects and films is one of the most challenging applications for a photoelectric sensor. ClearSight™ 9000 photoelectric sensors are polarized retroreflective sensors with a unique optical system to provide the best possible optical contrast when detecting clear materials. For optimal performance, these sensors should be used with the included 92-90 reflector.

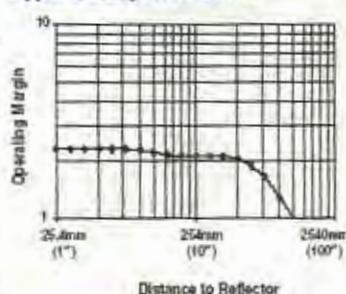
#### Specifications

Field of View	1.5°
Emitter LED	Visible red 660nm

#### QD Cordsets and Accessories

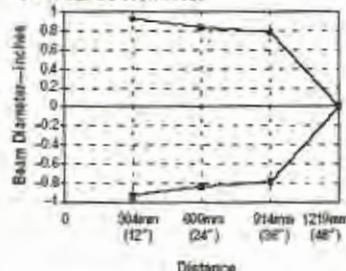
Description	Catalog/Page Number
1.8m (6ft) 4-pin, Mini QD Cordset	889N-F4AF-6F
1.8m (6ft) 5-pin, Mini QD Cordset	889N-F5AF-6F
2m (6.5ft) 4-pin, DC Micro QD Cordset	889D-F4AC-2
2m (6.5ft) 4-pin, AC Micro QD Cordset	889R-F4AEA-2
Mounting Bracket Swivel/Tilt	60-2681
Reflectors	92-90 (included)

#### Typical Response Curve



#### Beam Pattern

##### With 92-90 Reflector



#### Selection Guide for On/Off Sensors

Operating Voltage Supply Current	Sensing Distance	Output Energized	Output Type Capacity Response Time	Max Leakage Current	Connection Type	Catalog Number
10-40V DC 30mA	2.54m (2in) to 1.2m (4ft)	Light/Dark Selectable	NPN/PNP 250mA 2ms	10µA	2m 300V cable	42GRC-9200
					4-pin DC micro QD	42GRC-9200-QD
					4-pin mini QD	42GRC-9200-QD1
70-264V AC/DC 50/60Hz 15mA			SPDT EM Relay 2A/132V AC/1A/264V AC 1A/150V DC 15ms	-	2m 300V cable	42GRC-9202
					5-pin mini QD	42GRC-9202-QD
45-264V DC/40-264V AC 50/60Hz 15mA			Solid State Isolated N.O. 300mA 2ms	1mA @ 264V AC/DC	2m 300V cable	42GRC-9203
					4-pin mini QD	42GRC-9203-QD
					4-pin AC micro QD	42GRC-9203-QD1

#### Selection Guide for Sensors with Timing

Operating Voltage Supply Current	Sensing Distance	Output Energized	Output Type Capacity Response Time	Max Leakage Current	Connection Type	Catalog Number
10-40V DC 30mA	2.54m (2in) to 1.2m (4ft)	Light/Dark Selectable	NPN/PNP 250mA 5ms	10µA	2m 300V cable	42GTC-9200
					4-pin DC micro QD	42GTC-9200-QD
					4-pin mini QD	42GTC-9200-QD1
70-264V AC/DC 50/60Hz 15mA			SPDT EM Relay 2A/132V AC/1A/264V AC 1A/150V DC 15ms	-	2m 300V cable	42GTC-9202
					5-pin mini QD	42GTC-9202-QD
45-264V DC/40-264V AC 50/60Hz 15mA			Solid State Isolated N.O. 300mA 5ms	1mA @ 264V AC/DC	2m 300V cable	42GTC-9203
					4-pin mini QD	42GTC-9203-QD
					4-pin AC micro QD	42GTC-9203-QD1

## Liquid-Level Switches

For information about electrical controls, see page 797. For pipe size information, see pages 2-3.



### About Liquid-Level Switches

Also known as reed-style switches, liquid-level switches mount to the inside of a tank and are activated when the liquid content reaches the float. As the float rises and falls, a magnet attracts and releases the contacts, opening and closing the switch. A **vertical-mount switch** can be mounted to either the top or bottom of your tank; a **horizontal-mount switch** can be mounted at any level along the side of your tank. Use multiple switches in one tank for level control and as alarm points to signal empty and full tanks.

### Vertical-Mount Liquid-Level Switches



Vertical-mount switches connect to either the top or bottom of your tank and can be set for NO (normally open) or NC (normally closed) operation by inverting the float, unless noted. Float travel is about half the length of the float. Switches are rated for 120/240 VAC and have 24" long wire leads except those for hazardous locations, which have 6" long wire leads and bracket mount switches which have 8"-ft. long wire leads. Switches with UR ratings are UL recognized; those with UL ratings are UL listed. Connections are NPT male, except 1/4", 1/2", and M12 which have straight threads.

Switches with **slosh guard** prevent unnecessary switching caused by turbulence in your tank. **Bracket-mount switches with slosh guard** mount to the inside wall of your tank with two 3/32" mounting holes (hardware not included). **Switches for hazardous locations** have a NEMA 4 housing (for indoor/outdoor use and exposure to splashing liquids, acids, corrosive agents, and dusty environments), and a 3/4" NPT female conduit connection. Meet Class I, Groups C and D; Class II, Groups E, F, and G.

Float/Stem Material	Max. Temp.	Max. psi	Min. Sp. Gravity	Min. Liq. Load Rating @ 120 VAC	O'all Dia.	Float Lg.	O'all Lg.	Pipe Size	Rated	Each			
<b>Standard Switches</b>													
A Polypropylene (NC)	220	F	50	0.90	0.15 amps	1 1/4"	4"	1 1/2"	1/4"-16	UR, CSA	50195K73	\$19.55	A
A Polypropylene (NO)	220	F	50	0.90	0.15 amps	1 1/4"	4"	1 1/2"	1/4"-16	UR, CSA	50195K74	19.55	A
B Polypropylene	150	F	150	0.90	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/4"-16	UR, CSA	50195K76	30.00	B
B Polypropylene	150	F	150	0.90	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	50195K95	18.52	B
B Polypropylene	150	F	150	0.90	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"-20	UR, CSA	50195K67	18.52	B
B Polypropylene	150	F	150	0.90	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	50195K75	25.49	B
B Polypropylene	175	F	150	0.90	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	M12 x 1.75	UR, CSA	50195K77	30.00	B
B Polypropylene	220	F	100	0.70	0.28 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA, NSF	50195K93	10.90	B
B Polypropylene	220	F	100	0.70	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR, CSA, NSF	50195K95	37.47	B
B Polypropylene	225	F	50	0.60	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	50195K11	27.86	B
B Polypropylene/CPVC	220	F	100	0.70	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	50195K41	52.09	B
B Polypropylene/CPVC	220	F	100	0.70	3 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	50195K61	70.04	B
B Polypropylene/Type 316 SS	220	F	100	0.70	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR, CSA, NSF	50195K13	34.80	B
B Polysulfone	225	F	50	0.75	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	5128K21	27.86	B
B Polysulfone	225	F	50	0.55	0.17 amps	1 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	5128K22	57.26	B
B Polysulfone	225	F	50	0.55	0.83 amps	1 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	5128K23	66.43	B
B CPVC	180	F	15	0.85	0.17 amps	1 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	5127K21	60.25	B
B Kynar	212	F	15	0.85	0.28 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA, NSF	44785K13	33.94	B
B PTFE	212	F	25	0.66	0.17 amps	1 1/4"	1 1/4"	2 1/2"	1/2"	UR	5151K41	219.64	B
B PTFE/Type 316 SS (NC)	300	F	1000	0.75	0.17 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR	48265K44	62.76	B
B PTFE/Type 316 SS (NO)	300	F	1000	0.75	0.17 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR	48265K26	62.76	B
B Buna-N/Nylon	250	F	150	0.45	0.17 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	48095K11	28.93	B
B Buna-N/PBT+	149	F	150	0.55	0.28 amps	1"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	48095K61	31.90	B
B Buna-N/PBT+	149	F	150	0.55	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR, CSA	48095K81	25.53	B
C Buna-N/Polypro (NC)	180	F	50	0.72	0.17 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	48095K31	25.88	C
C Buna-N/Brass (NC)	180	F	50	0.72	0.17 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	48095K32	49.54	C
D Type 316 SS	300	F	300	0.40	0.30 amps	3 1/2"	3 1/2"	5 1/4"	1/2"	UR	4646K37	259.21	D
D Type 316 SS	300	F	750	0.73	0.17 amps	2 1/2"	2 1/2"	3 1/4"	1/2"	NSF	4646K21	65.26	D
D Type 316 SS	300	F	750	0.73	0.83 amps	2 1/2"	2 1/2"	3 1/4"	1/2"	NSF	4646K23	70.53	D
D Type 316 SS	390	F	500	0.80	3 amps	2 1/2"	2 1/2"	3 1/4"	1/2"	UR, NSF	4646K51	65.79	D
E Type 316 SS	300	F	300	0.80	0.17 amps	1 1/4"	1 1/4"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA, NSF	4646K11	57.16	E
E Type 316 SS	390	F	200	0.65	0.50 amps	2 1/2"	2 1/2"	3 1/4"	1/2"	UR, CSA, NSF	4646K85	43.69	E
E Type 316 SS	390	F	300	0.70	0.28 amps	1 1/4"	1 1/4"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA, NSF	4646K83	35.02	E
E Type 316 SS	480	F	200	0.65	0.50 amps	2 1/2"	2 1/2"	3 1/4"	1/2"	UR, CSA, NSF	4646K15	51.24	E
E Type 316 SS/PTFE	300	F	300	0.90	0.17 amps	1 1/4"	1 1/4"	2 1/2"	1/2"	UR, CSA	4646K12	72.11	E
<b>Switches with Slosh Guard</b>													
F Polypropylene	220	F	100	0.70	0.28 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR	50195K94	14.02	F
F Polypropylene	220	F	100	0.70	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	50195K94	47.63	F
F Kynar	212	F	15	0.85	0.28 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR	44785K16	44.86	F
F Buna-N/PBT+	149	F	150	0.55	0.28 amps	1 1/4"	1"	2 1/2"	1/2"	UR	48095K62	30.13	F
F Buna-N/PBT+	149	F	150	0.55	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	48095K62	48.24	F
F Type 316 SS	480	F	200	0.65	0.50 amps	2 1/2"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	4646K16	71.72	F
<b>Bracket-Mount Switches with Slosh Guard</b>													
G Buna-N/Type 304 SS (NC)	140	F	150	0.55	0.17 amps	2 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	4879K23	106.11	G
G Buna-N/Type 304 SS (NO)	140	F	150	0.55	0.17 amps	2 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	4879K21	106.11	G
G Buna-N/Type 304 SS (NC)	140	F	150	0.55	0.40 amps	2 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	4879K22	116.31	G
G Buna-N/Type 304 SS (NO)	140	F	150	0.55	0.40 amps	2 1/4"	1 1/4"	3 1/4"	1/2"	UR	4879K25	116.31	G
H Polypropylene (NC)	220	F	100	0.70	0.50 amps	1 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	4666K73	89.70	H
H Type 316 SS (NC)	230	F	85	0.65	0.50 amps	2 1/4"	2"	3 1/4"	1/2"	UR	4666K74	120.37	H
<b>Switches for Hazardous Locations</b>													
J Type 316 SS	275	F	100	0.70	10 amps	5"	14 1/2"	1 1/2"	UL	4914K96	270.57	J	
J Type 316 SS	275	F	100	0.70	10 amps	5"	14 1/2"	1 1/2"	UL	4914K97	381.56	J	

♦ Top mount only. +PBT-Polybutylene Terephthalate. ▲ Body is made of brass.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) SHIGLEY JOSEPH E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Editorial Mc Graw Hill, México Septiembre de 1990.
- 2) ROBERT W. FOX & ALAN T. MCDONALD, Introducción a la mecánica de Fluidos, Editorial Mc Graw Hill, México, 2<sup>da</sup> edición, 1995
- 3) ACEROS BOHLER, catalogo de productos.
- 4) NORTON ROBERT L. Diseño de Máquinas, Editorial Prentice Hall, primera edición, México 1999.
- 5) Manual Rexnord, selección de cadenas y sprocket
- 6) NTN, Catalogo de rodamientos No.2200-II/S

- 7) RICHARD LAVAYEN, “ Diseño de una Llenadora Rotativa para Embotellado de Agua Natural Sin Gas “ (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción, Escuela Superior politécnica del Litoral, 2004)
  
- 8) MANUAL MC MASTER, [www.mcmaster.com](http://www.mcmaster.com)
  
- 9) Botellas PET [www.soplatex.com](http://www.soplatex.com) & [www.anep-pet.com](http://www.anep-pet.com)
  
- 10) Llenadoras Rotativas [www.kapsall.com](http://www.kapsall.com)
  
- 11) <http://www.netsalud.sa.cr>