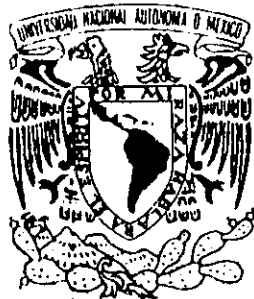


229



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

DISEÑO DE UNA LAVADORA DE CAJAS Y BOTELLAS DE REFRESCO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
(ÁREA MECÁNICA)

P R E S E N T A:

SAMUEL ACOSTA MAGAÑA

DIRECTOR DE TESIS

M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO



Ciudad Universitaria, México D.F.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

269800

I



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Siempre que escribo un documento, una carta o un trabajo me es difícil comenzar porque no sabes por donde iniciar, quiero confesar que escribir un agradecimiento no fue la excepción, sobre todo cuando tienes una lista interminable de personas a quien agradecer por todo los momentos que hemos compartido, por todos los favores sin precio que te han hecho y por toda la confianza que depositan en ti.

*Merece todo mi respecto agradecimiento y dedicación a la persona que siempre, por sobre todas las cosas, ha estado conmigo desde bebe hasta ahora y se ha preocupado, sacrificado y molestado por darme una herramienta muy poderosa para que en esta vida, pueda defenderme y sepa valerme por mí mismo y porque sabe que ésta nunca nadie me lo quitará. **MUCHISIMAS GRACIAS MAMÁ.***

A ti padre querido, un minuto de silencio en tu recuerdo.

Agradezco y dedico este trabajo:

A mis hermanos: Mercedes, Luis y Francisco Javier por darme siempre su apoyo y confianza durante toda mi vida.

A mis tías: Tere, Carmen y Cristy por apoyarnos siempre desinteresadamente y por confiar en mí.

A mi novia Joaquina Manzanares Díaz, por darme su amor, paciencia y cariño.

A todos mis profesores de la carrera y de manera muy especial a mis amigos M. en I. Armando Ortiz Prado y M. en I. Víctor Hugo Jacobo Armendariz por darme su paciencia, comprensión y transmitirme un sin fin de conocimientos.

A Industrias Ersi-Quim S.A. de C.V. por confiar en mí. A mis amigos Ing. Gonzalo Erazo y Sra. Silvia Mijares y por supuesto a mi compañero y amigo Ernesto Erazo Mijares.

A Dios: por darme la vida.



PRÓLOGO

v

CAPÍTULO 1

DISEÑO DE MÁQUINAS PARA LA INDUSTRIA REFRESQUERA

| | |
|--|---|
| <i>1.1. Antecedentes</i> | 1 |
| <i>1.2. Problemática y justificación</i> | 4 |
| <i>1.3. Propósito y metodología</i> | 5 |
| <i>1.4. Importancia del estudio</i> | 6 |
| <i>1.5. Expectativas de la industria refresquera</i> | 7 |

CAPÍTULO 2

LAVADORAS DE CAJAS Y BOTELLAS DE REFRESCO

| | |
|---|----|
| <i>2.1. Procedimientos de lavado de botellas en la industria refresquera</i> | 9 |
| <i>2.2. Tipos de máquinas lavadoras de botellas empleadas en la industria refresquera</i> | 14 |
| <i>2.2.1. "Compañía Embotelladora Herdome" PEPSI Puebla</i> | 14 |
| <i>2.2.2. "Embotelladora Metropolitana SA de CV" PEPSI Planta Clavería, Azcapotzalco D.F.</i> | 16 |
| <i>2.2.3. "Compañía Embotelladora de Refrescos", Coca-cola Cuernavaca Morelos</i> | 18 |
| <i>2.3. Análisis comparativo de los procesos y máquinas de lavado de botellas de refresco</i> | 19 |

CAPÍTULO 3

INGENIERÍA INVERSA E INGENIERÍA DEL VALOR

| | |
|---|----|
| <i>3.1. Conceptos de Ingeniería Inversa e Ingeniería del Valor</i> | 22 |
| <i>3.1.1 Ingeniería Inversa</i> | 22 |
| <i>3.1.2 Análisis del Valor</i> | 24 |
| <i>3.1.3. El análisis en reducción de costos</i> | 25 |
| <i>3.2. Metodología de la Ingeniería Inversa y de la Ingeniería del Valor</i> | 26 |
| <i>3.2.1. Metodología del proceso de Ingeniería Inversa</i> | 26 |
| <i>Fase 1. Análisis Preliminar</i> | 27 |
| <i>Fase 2. Evaluación y verificación</i> | 28 |
| <i>Fase 3. Generación de datos técnicos</i> | 30 |
| <i>Fase 4. Verificación del diseño</i> | 32 |
| <i>Fase 5. Implementación del diseño</i> | 33 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2. Metodología del proceso del Análisis del Valor | 33 |
| Diagrama FAST | 33 |
| Paso 1. Definición de funciones | 34 |
| Paso 2. Selección de la función trabajo | 34 |
| Paso 3. Dividir entre funciones básicas auxiliares | 35 |
| Paso 4. Identificar funciones primarias básicas | 35 |
| Paso 5. Identificar las funciones primarias auxiliares | 36 |
| Paso 6. Expandir el diagrama hacia la derecha de las funciones auxiliares primarias | 37 |
| Paso 7. Verificación del diagrama | 38 |

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE UNA LAVADORA DE CAJAS Y BOTELLAS DE REFRESCO

| | |
|---|----|
| 4.1. Introducción. | 39 |
| 4.2. Metodología para la obtención de información | 40 |
| 4.2.1. Información proporcionada | 40 |
| 4.2.2. Información generada | 41 |
| ❖ Material del que está construida la máquina | 41 |
| ❖ Dimensiones | 41 |
| ❖ Procedimientos para el proceso de lavado | 43 |
| ❖ Movimientos principales, relativos y mecanismos | 44 |
| ❖ Determinación del tipo del proyecto | 45 |
| 4.3. Diseño Conceptual | 45 |
| 4.3.1. Restricciones o puntos de vista del usuario | 45 |
| 4.3.2. Diagrama FAST | 46 |
| 4.4. Diseño geométrico | 47 |
| 4.5. Selección del material | 50 |
| 4.6. Análisis comparativo de los costos entre el diseño inicial y el nuevo diseño | 53 |
| 4.6.1. Costo de fabricación de la máquina inicial | 53 |
| 4.6.2. Costo de fabricación de la nueva máquina | 54 |
| 4.6.3. Cuadro comparativo del diseño inicial con el nuevo | 54 |
| 4.6.4. Cálculo del valor presente | 56 |
| 4.6.5. Determinación del tiempo de recuperación de inversión de la máquina | 58 |

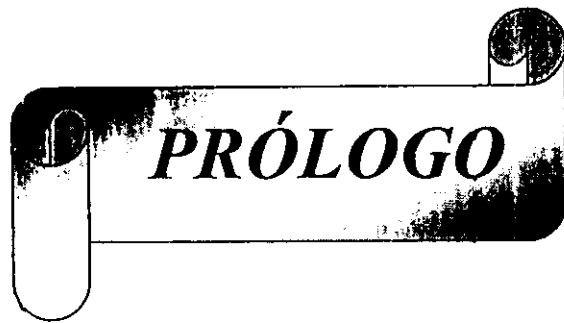
CAPÍTULO 5

| | |
|--------------------------------|----|
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 60 |
|--------------------------------|----|

| | |
|-------------|----|
| REFERENCIAS | 62 |
|-------------|----|

ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo A. Cálculos mecánicos | 64 |
| Anexo B. Planos de la máquina | 70 |
| Anexo C. Secuencia de ensamble de la máquina | 80 |
| Anexo D. Tablas de índices de corrosión | 84 |



PRÓLOGO

*El presente trabajo surge de la necesidad que tiene la industria productora de refrescos y sus derivados, el cual consiste en lavar envases (o casquillos) de refresco retornables de todos los tamaños conocidos comercialmente (envases de ½, 1 ½ y 2 litros) que tiene como característica principal el de ser **extremadamente sucios**, es decir, aquellos que por alguna razón tienen grasa, aceites, solventes, pinturas, etc., en su interior y/o exterior.*

Este trabajo consta de 5 capítulos:

En el primero de ellos, se plantean los antecedentes sobre máquinas y equipos diseñados para la industria refresquera, así como también la problemática, justificación y expectativas para dicha industria.

En el segundo, se realiza una investigación sobre máquinas lavadoras de cajas y botellas de refresco que se utilizan en la industria refresquera para resolver este problema; para ello realice visitas a industrias como: "Compañía Embotelladora Herdomo" PEPSI, ubicada en la ciudad de Puebla, "Embotelladora Metropolitana SA de CV PEPSI, Planta Clavería", Azcapotzalco D.F. y "Compañía Embotelladora de Refrescos, Coca-cola", Cuernavaca Morelos, además con esto se recabaron ideas, datos e información que son de gran importancia para cubrir el objetivo principal; diseñar una máquina lavadora tipo industrial de cajas y botellas de refresco.

En el tercer capítulo se plantea como objetivo conocer y establecer los fundamentos teóricos metodológicos, Ingeniería Inversa e Ingeniería del Valor, que son utilizados en el desarrollo del presente trabajo. Cabe mencionar que el método de Ingeniería Inversa solo es utilizado para obtener todos los datos técnicos posibles de un diseño previo, por otra parte, para realizar el diseño o rediseño se utiliza el método del Análisis del Valor, específicamente la Técnica FAST (Function Analysis System Technique) el cual, de manera muy general se enfoca en gran parte al estudio de costos, factibilidad y desarrollo de alternativas de cada componente del sistema mediante la generación de funciones correspondientes.

El cuarto capítulo, es propiamente el desarrollo y diseño de la Máquina Lavadora de Cajas y Botellas de Refresco.

En el quinto capítulo se anotan las conclusiones y comentarios sobre este trabajo. Finalmente se agregan 4 anexos, A, B, C y D, Cálculos Mecánicos, Planos de la máquina, Secuencia de Ensamble de la Máquina y Tablas de Índices de Corrosión, respectivamente

Es muy importante decir que de este diseño se han construido tres lavadoras, las cuales a la fecha ya se encuentran trabajando, específicamente, dos de ellas en, Cía Embotelladora Metropolitana SA de CV "PEPSI Planta Clavería" y "PEPSI Planta Acoxa" ubicadas en Azcapotzalco D.F. y Acoxa 69 respectivamente, y la otra en Compañía embotelladora Herdomo PEPSI ubicada en la ciudad de Puebla.

Por otra parte, un trabajo de tesis puede resultar fácil o complicado, todo depende de uno mismo y de la gente que colabore contigo, quiero mencionar que realizar el presente, teniendo como director y amigos al M. en I. Armando Ortiz Prado y al M. en I. Víctor Hugo Jacobo Armendariz, realmente ha sido muy sencillo por la orientación y recomendaciones que tan amable y gentilmente me han brindado.

Es culpa mía todos los posibles errores que haya en este trabajo y agradecería me los comunicasen, así como cualquier comentario para realizar un mejor trabajo en el futuro.

Samuel Acosta Magaña.

CAPÍTULO 1

LAS MÁQUINAS EN LA INDUSTRIA REFRESQUERA

1.1. ANTECEDENTES

La industria mexicana es dependiente en buena medida del exterior en materia de maquinaria y equipo para todas las actividades económicas. No podría ser de otra manera también el caso de la industria productora de refrescos y sus derivados. Si bien en México ya se producen muchos equipos, de ningún modo se puede considerar que es autosuficiente para la instalación de nuevas plantas, en todas las gamas de posibilidades que la industria refresquera requiere; particularmente en aquellos productos que exigen sofisticación y diseños nuevos en los equipos. La inversión en equipos es de las más importantes en cualquier parte de proceso de producción de refrescos.

Ningún país es autosuficiente en equipo en cualquier tipo de industria; por ejemplo:

- a) Los E.U. importan de Italia y Alemania equipo para procesar cocoa y fabricar dulces.*
- b) Los E.U. dependen aproximadamente en 90%, de una sola fabrica alemana, para el equipo de etiquetado de alta velocidad en envases de bebidas.*
- c) México importa el 100% del equipo de pasteurización de leche por los sistemas de placas que requiere. El suministro proviene de E.U., Suecia e Inglaterra principalmente.*

Lo anterior no significa que no sea posible el diseño y la fabricación local de estas máquinas.

En el pasado la industria alimenticia en México, se ha caracterizado entre otras cosas, por diseñar y construir maquinaria no muy sofisticada para la operación de sus propias plantas, es decir, aprovechaba el conocimiento de sus técnicos y de sus talleres internos para la construcción de equipos más o menos fáciles de diseñar y construir, como son: mesas de trabajo, transportadores, equipos de mezclado, molinos, etc., que sin tener una gran complicación han permitido ahorrar cantidades considerables a las empresas por conceptos de inversión. Hoy día parece ser que esta práctica ha sido desechada, en buena parte, debido a las exigencias de modernización de las instalaciones de la industria refresquera; la cual demanda equipos cada vez más sofisticados, que desde luego quedan fuera de las posibilidades de construcción de una planta común y corriente.

Esto ha dado la pauta para el establecimiento de empresas independientes que se han convertido poco a poco en proveedores de equipo, partes y repuestos para la industria refresquera.

Los constructores mexicanos de equipos y maquinaria para la industria refresquera se han establecido siguiendo diversos enfoques sobre la problemática que envuelve a la maquinaria.

Una de las razones que impulsan a la creación de estas empresas es que sus propietarios pueden encontrarse en las siguientes situaciones:

- a) Disponen de conocimientos del mercado de estos equipos.
- b) Disponen de conocimientos de ingeniería y tecnología para el diseño de equipos.
- c) Están relacionados fuertemente con alguna de las áreas del sector.
- d) Su interés primordial es construir máquinas
- e) En muy raras ocasiones recurren a la adquisición de tecnología para apoyar su labor.

La propia industria refresquera, en su afán de reducir en alguna proporción su dependencia extranjera en materia de equipos, ha facilitado la creación de empresas proveedoras que de forma incipiente al principio, y después con mayor organización, han crecido hasta convertirse en proveedores confiables de equipos y/o refacciones para las instalaciones productivas con que cuenta la industria; en particular, aquellas empresas de capital nacional.

En la lucha de los fabricantes de bebidas por obtener cuotas de mercado, el tema de los envases de las bebidas desempeña un papel cada vez más significativo. "Distinguirse de los demás con envases atractivos y cómodos" es su divisa. Los materiales disponibles para los envases son el cristal, el plástico, la hojalata y el aluminio.

En el ámbito mundial, casi la mitad de los envases de bebidas sin alcohol están hechos de plástico¹, con tendencia a la alza. En Francia, la cuota de la botella de plástico como forma de envasado de las bebidas sin alcohol asciende ya al 71%. Mientras la lata tiene una cuota de 18%, la botella de cristal para las bebidas sin alcohol descendió nueve puntos a nivel mundial entre 1991 y 1995 situándose en el 18%.

En 1996 se envasaron en los países de la Unión Europea 24% de las bebidas refrescantes en envases de PET retornables, 35% en envases PET no retornables². En el caso del agua mineral los estudios de mercado apuntan hacia un incremento de la cuota de PET de 40% en los próximos 10 años, sustrayéndole puntos al envase de cristal, que se quedaría entonces en un 44%. En el caso de las limonadas y las bebidas de zumos con gas se pronostica que la cuota de PET, situada actualmente en un 59%, ascienda al 65% hasta el año 2006.

Dado que los consumidores muestran preferencia por la botella ligera de PET, hasta el año 2005 se prevé que se incremente notablemente la demanda de esta botella.

En lo que respecta a la botella de PET retornable, siempre surge la cuestión de las posibilidades de lavado. Los fabricantes de PET ofrecen ya un material resistente al calor, que puede ser lavado con agua caliente hasta los 75°C. los profesionales esperan propuestas de solución de los fabricantes de máquinas de lavado de las botellas que sean aptas para PET. Entre otras cosas se trata de la fijación de botellas para poder lavar las mismas inyectando el líquido a una gran presión sin dañar la botella. Aparte se debe garantizar la limpieza aséptica del cuello de la misma.

En la discusión acerca de los tipos de envasados de las bebidas, las balanzas ecológicas de los diversos envases desempeñan un papel importante en cuanto a las veces que se reutiliza una botella y las distancias de transporte. Sin embargo la interpretación de las balanzas ecológicas siempre depende del punto de vista con que se mire. Según datos de la Asociación de la Industria de Envases de Cristal, la botella de cristal, resulta, en casi todos los aspectos, más favorable que la de PET cuando tiene que ser transportada 150 Km. (sólo ida). A partir de una distancia superior de 420 Km, (ida) se encuentra al mismo nivel de la botella PET y la de cristal ligero.

Una botella de cristal ligero retornable, de litro y medio, es apta para ser reutilizada un gran número de veces, puede ser reciclada completamente y equivale, en lo que se refiere a neutralidad de sabor, a las botella de cristal convencionales. Sin embargo, el cristal se continua enfrentado a la presión competitiva del PET como material de botellas retornables y no retornables para las bebidas.

¹ Revista MARKETLINE, Londres.

² Recolección de datos estadísticos de la Sociedad Alemana de Asesoramiento de la Mediana Empresa, Neu-Isenburg.

En definitiva es el consumidor el que elige la forma de envase, desempeñando un papel muy importante el peso, el aspecto de la conveniencia y la imagen del mismo.

A diferencia del cristal y del PET, la lata no deja pasar la luz, por lo que es apropiada para envasar bebidas, por ejemplo las de verduras, que contengan vitaminas sensibles a los rayos solares. Por esta razón las botellas de cristal en la que se envasan bebidas que contienen vitaminas deben envolverse con una etiqueta que evite el paso de la luz. Aparte, la lata a diferencia de la botella PET, es estanca al gas, resiste a los ácidos y a elevadas concentraciones de alcohol, mediante el correspondiente revestimiento interior, y pueden resistir la presión.

La cuota de mercado de la lata en el envasado de bebidas sin alcohol podría incrementarse a nivel mundial, si las empresas que envasan las bebidas optaran por decorar la lata con etiquetas más llamativas y que fueran de bajo costo.

Será importante observar el desarrollo de los distintos tipos de envases de aluminio, hojalata, cristal, PET, la industria de las bebidas y los consumidores, en las cuotas de mercado de los diversos materiales.

1.2. PROBLEMÁTICA Y JUSTIFICACIÓN

Actualmente los temas de contaminación ambiental son motivo de estudio y análisis profundo por lo que se deberán desarrollar técnicas o procesos que consideren estos aspectos. Algunos ejemplos de esto son las latas y/o botellas de refresco. Los cuales pueden ser de metal (aluminio), plástico o vidrio.

Concierno a la industria productora de refrescos reducir o resolver este problema. Respecto a las latas, en los últimos años ha quedado completamente resuelto e incluso en cuanto a cuestiones monetarias, puesto que el aluminio es recuperable y no se pierde del todo. Por otro lado en cuanto a las botellas de plástico, también se sabe que son reciclables y además el costo de cada una de estas es relativamente bajo.

Para el caso de las botellas de vidrio, desde siempre la industria productora de refresco ha ocupado, por así decirlo, las mismas botellas o casquillos. De aquí surge un problema más, que es propiamente la limpieza de cada una de las botellas.

Para el proceso de lavado, a éstas se les denomina como:

- **Botellas sucias;** aquellas que siguen un proceso de utilización ideal, es decir, el cliente sólo consume el producto y devuelve la botella a la fabrica.
- **Botellas extremadamente sucias;** aquellas que además de ser utilizadas por el cliente para consumir el producto, las utiliza como recipiente de otras sustancias, por ejemplo, gasolinas, solventes, etc. , o que por alguna razón tienen grasas, cemento, concreto, entre otras cosas.

Para limpiar las **botellas sucias** la industria refresquera se vale de una lavadora tipo industrial dentro de la línea de producción. Cabe mencionar que esta limpieza es exitosa sólo si las botellas son **sucias**.

Para limpiar las **botellas extremadamente sucias** se realiza un proceso previo que no está en la línea de producción, el cual tan sólo consiste en remover o quitar el exceso de mugre.

Para poder realizar esto último, la industria refresquera cuenta con máquinas que no tienen las características apropiadas para poder realizar dicho trabajo. De aquí la necesidad de resolver el problema ya que de lo contrario, esta industria requiere fabricar más botellas y en consecuencia desperdiciar una gran cantidad de casquillos que generan contaminación representando con esto un mayor costo.

Para que el proyecto sea factible se requiere que el equipo cumpla con los requisitos operativos, a la vez de reducir los costos de inversión con respecto a la adquisición de un equipo importado.

2.3. PROPÓSITO Y METODOLOGÍA

El propósito principal de este trabajo, es mejorar las máquinas o procesos que utiliza la industria productora de refrescos para lavar las botellas o casquillos **extremadamente sucios** y como consecuencia de esto, reducir en gran parte la contaminación y los altos costos de recuperación de las mismas.

La metodología utilizada consistió en la investigación de procesos de lavado de botellas tanto en la industria como en la literatura. Con esto se generan las bases o fundamentos para poder proponer una solución. Cabe mencionar que para analizar el problema se siguió la metodología de Ingeniería Inversa y el Análisis del valor.

El **OBJETIVO** general de este trabajo es diseñar una lavadora tipo industrial de cajas y botellas de refresco de los distintos tipos de tamaño comercial.

La **HIPÓTESIS** de este trabajo es la siguiente:

“se puede diseñar una lavadora tipo industrial de cajas y botellas de refresco partiendo de un diseño previo obteniendo una mejor funcionalidad y costo respecto al primero utilizando como herramientas a la Ingeniería Inversa y la Ingeniería del Valor”.

1.4. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

En este trabajo se resuelve un problema tanto económico como de contaminación ambiental de la industria productora de refresco. Económico, porque evita el desperdicio de todas las botellas de vidrio que están extremadamente sucias. Cabe mencionar que el costo de producción de botellas nuevas es mayor al costo de inversión de este proyecto, manufactura, funcionamiento y mantenimiento del mismo. De contaminación ambiental, porque reduce la cantidad de botellas inservibles en el mercado y además el de espacio de almacén en cada planta. Figura 1.



FIGURA 1. Cantidad de botellas extremadamente sucias en almacén

Para la solución de este trabajo, se plantea y utiliza una metodología distinta al Proceso de Diseño Normal, la cual es poco usada en la actualidad en nuestro país. El proceso utilizado, es el de Ingeniería Inversa y el del Análisis del Valor, este último, específicamente mediante la técnica FAST (Function Analysis System Technique).

1.5. EXPECTATIVAS DE LA INDUSTRIA REFRESQUERA

En 1998 la **producción nacional de la industria de refrescos** y aguas gaseosas observará un crecimiento de 1.7 por ciento respecto a 1997.

La producción se ubicará en 14,430 millones de litros y el consumo crecerá en 1.6 para alcanzar a 14,304 millones, prevé el Grupo de Economistas y Asociados (GEA).

En 1997, la oferta de refrescos y aguas gaseosas podría haber logrado un avance de 2.8% contra un 2.7% en el consumo. De materializarse las provisiones para 1998, entonces se estaría en una desaceleración del crecimiento en la producción de este sector.

Cabe destacar que entre 1990-96 la producción nacional de refresco y aguas gaseosas logró un incremento promedio de 1.3% anual y el consumo 1.2%, lo que significa que aún cuando en 1998 ambas variables crezcan menos de lo esperado en 1997, estarían logrando niveles de expansión superiores al promedio de los últimos 7 años.

| CONSUMO NACIONAL DE REFRESCOS Y AGUAS GASEOSAS | |
|---|---------------------------|
| Año | Millones de litros |
| 1990 | 12775 |
| 1993 | 14051 |
| 1994 | 13474 |
| 1997 | 14304 |

CUADRO 1. Niveles de crecimiento de consumo de refresco en los últimos 7 años

La firma consultora explica que los incrementos estimados de producción y de consumo nacionales de refresco y aguas gaseosas para 1998, de 1.7 y 1.6% respectivamente, se deben a un crecimiento real esperado del precio del refresco de 3.5%, resultado de la demanda de la bebida; lo que a su vez aumentará el margen de utilidad a 30.3% (sobre ventas en valor absoluto).

La industria en estudio ha venido sorteando la crisis positivamente, después de la caída de 4.8% en su oferta en 1995. En términos de la producción, con los 14,188 millones de litros esperados para 1997 se estaría incrementado el nivel precrisis, aún cuando para el consumo será necesario que transcurran otro par de años para lograrlo, ya que en 1995 registro una contracción de 6.1%, debido al fuerte deterioro del poder adquisitivo.

| ¿Qué se espera en el sector externo? | | |
|---|----------------------|----------------------|
| Año | Exportaciones | Importaciones |
| 1996 | 101.4 | 15.1 |
| 1997* | 123.9 | 14.3 |
| 1998 | 140.8 | 14.8 |

*Estimado a partir de la fecha que se indica
Fuente: REFORMA con datos del GEA.

CUADRO 2. Proyección para 1998 de la producción de la industria refresquera

CAPÍTULO 2

LAVADORAS DE CAJAS Y BOTELLAS DE REFRESCO

2.1. PROCEDIMIENTOS DE LAVADO DE BOTELLAS EN LA INDUSTRIA REFRESQUERA

En las embotelladoras visitadas, se pudo corroborar que en general se siguen dos procesos con los cuales se lleva a cabo la limpieza de botellas extremadamente sucias³.

El primero de ellos consiste en lavar en la lavadora de línea, (Figura 2.1), las botellas sucias, esto sólo 3 ó 4 días por mes, en función de la cantidad de botellas sucias en existencia. La cantidad de botellas que hay en almacén varía de una empresa a otra sin embargo en promedio se tienen 150 tarimas por mes; cada tarima contiene 50 cajas, es decir, en total se mueven 7500 cajas.

En el segundo, las botellas se lavan en la lavadora tipo industrial la cual se encuentra en el área de lavado, es decir, no está en la línea.

3. Definición de botellas extremadamente sucias en el capítulo anterior. Página 5.

Para el primer caso, el proceso consiste en incrementar detergentes y/o solventes, (sosa cáustica, limpiadores etc.) a la lavadora totalmente automática. Esto se hace por lo regular cada mes y sólo se lavan en promedio de 20 a 25000 botellas por turno en 3 ó 4 días ya que mediante este proceso la producción de la embotelladora es detenida.

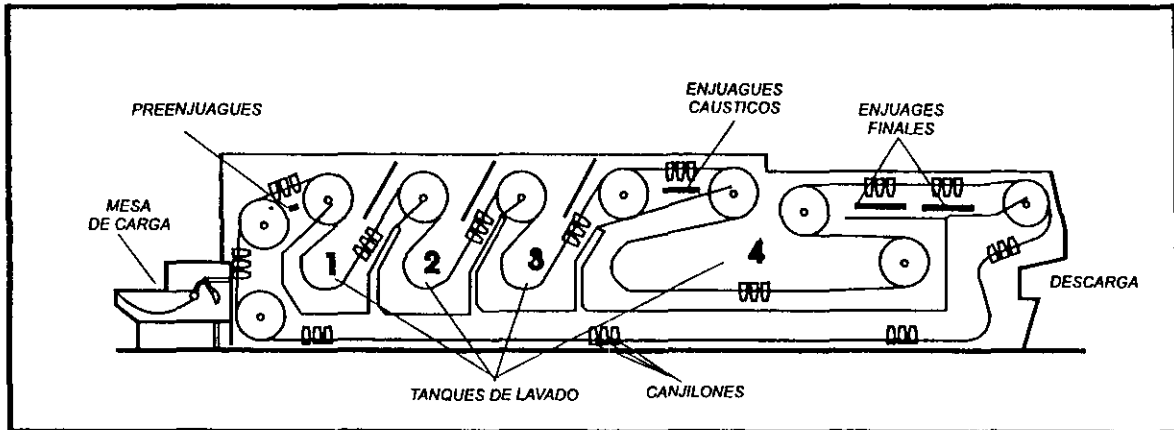


FIGURA 2.1. Lavadora de línea. Vista lateral con corte; esta máquina tiene aproximadamente 8.5m de largo, 4.5m de altura y 4m de fondo.

Es importante mencionar que para este caso se hacen pasar 2 ó 3 veces las mismas botellas por esta máquina ya que el objetivo principal de la misma es lavar **botellas sucias**.

La utilización de esta máquina sólo por 3 ó 4 días da lugar a un análisis técnico-económico para determinar la conveniencia de un segundo proceso de lavado de botellas.

Además de que la concentración de la solución de limpieza se reduce; los costos de lavado en dicho proceso son bastante significativos no sólo por el hecho de incrementar la concentración de la solución de lavado, sino también por parar el proceso de producción de refrescos, y esto comparado con lavar botellas no es redituable.

Los gastos y tiempos para tal proceso, se dice, no son recuperados en el sentido que hay un paro de producción a cambio de lavar botellas extremadamente sucias.

Análisis técnico-económico

La producción de una embotelladora como la de Coca-Cola Cuernavaca, Morelos o la de Pepsi Herdome, en la ciudad de Puebla es en promedio de 12000 cajas por día.

Considerando que se lavan 25000 botellas extremadamente sucias por turno mediante la lavadora de línea, se tiene lo siguiente:

Al día se lavan $25000 \times 3 = 75000$ botellas, es decir 3125 cajas, (con 24 envases), algunas de éstas pasan en promedio 2 ó 3 veces por la máquina. Cabe recordar que el lavado de botellas en esta máquina es exitoso sólo si las botellas son sucias.

En este caso es importante decir, que cuando el proceso de producción está operando adecuadamente, las botellas que entran en el proceso de lavado son **sucias** y éstas quedan completamente limpias con una sola vez que pasan por la lavadora de línea.

Por otra parte, el costo de lavar botellas extremadamente sucias en la lavadora de línea se puede estimar conociendo el costo de consumibles que se utilizan en un determinado tiempo y la cantidad de botellas que son lavadas en ese mismo tiempo.

Se sabe que la composición química de la solución para este tipo de lavadoras es el siguiente:

- ❖ Sosa cáustica
- ❖ Aditivo; éste está compuesto de:
 - Acido fosfórico al 85 %
 - Sal gluconato de sodio
 - Humectantes
 - Tensoactivos
- ❖ agua

También puede apreciarse en la figura 2.1 que este tipo de lavadoras constan esencialmente de 4 tanques para el proceso de lavado; en los cuales se tienen dicha solución de limpieza con distintas características físicas y de operación. Tabla 2.1.

Condiciones de operación y concentración de la solución

| ELEMENTO/TANQUE | T1 | T2 | T3 | T4 |
|-----------------|------------|------------|--------------|------------|
| Sosa cáustica | 3 – 4 % | 3.5 – 5 % | 2.5 – 3.5% | / |
| Aditivo | 6 – 8 % | 6.5 – 10 % | 5 – 7 % | / |
| Agua | 88 – 91 % | 85 – 90 % | 92.5 – 89.5% | 100% |
| Temperatura | 50 – 65 °C | 65 – 75 °C | 75 – 45 °C | 45 – 25 °C |
| Capacidad | 20,000 lts | 33,500 lts | 20,000 lts | 20,000 lts |

Tabla 2.1. Condiciones de operación y concentración de la solución de la lavadora de línea

Puede apreciarse que en el tanque 4 sólo se realizan procesos de enjuague.

Por otro lado, para saber que cantidad de materia prima es consumible se realizan los cálculos siguientes:

➤ Para el tanque 1, "T1":

| CAPACIDAD 20,000 LTS | % MATERIA PRIMA | LTS DE MATERIA PRIMA |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | 4 % de sosa cáustica | 800 lts |
| | 8 % de aditivo | 1600 lts |
| | 88 % de agua | 17600 lts |

Tabla 2.2. Consumibles para el tanque 1 de la lavadora de línea

➤ Para el tanque 2, "T2":

| CAPACIDAD 33,500 LTS | % MATERIA PRIMA | LTS DE MATERIA PRIMA |
|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | 5 % de sosa cáustica | 1675 lts |
| | 10 % de aditivo | 3350 lts |
| | 85 % de agua | 28475 lts |

Tabla 2.3. Consumibles para el tanque 2 de la lavadora de línea.

➤ Para el tanque 3, "T3":

| CAPACIDAD 20,000 LTS | % MATERIA PRIMA | LTS DE MATERIA PRIMA |
|-------------------------|------------------------|----------------------|
| | 3.5 % de sosa cáustica | 700 lts |
| | 7 % de aditivo | 1400 lts |
| | 89.5% de agua | 17900 lts |

Tabla 2.4. Consumibles para el tanque 3 de la lavadora de línea.

Para el "T4" solo se utiliza agua.

**Consumibles para el lavado de botellas con la lavadora de línea
(500 horas)**

| PARTIDA | ELEMENTO | COSTO UNITARIO (PESOS) | COSTO TOTAL (PESOS) |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 3,175 lts * | Sosa cáustica | \$3.5 lts | \$11,112.50 |
| 6,350 lts * | aditivo | \$22 lts | \$139,700.00 |
| 83975 lts * | Agua | \$0.1 lts | \$8,397.00 |
| 2,148.5 KWh | Energía eléctrica | \$1.5 KWh | \$3222.75 |
| 1 | Mantenimiento de la máquina | \$2,500 | \$2,500.00 |
| 4 | sueldos | \$60 por día | \$5040.00 |
| Costo total | | | \$169,972.75 |

* Suma de materia utilizado por tanque

TABLA 2.1. Consumibles para el proceso de lavado en una lavadora de línea que se utiliza 500 hrs.

Es importante decir que la solución empleada para este trabajo tiene una utilización de 500 horas.

Por otro lado, cabe recordar que en un turno son lavadas 25,000 botellas, por lo tanto, para las 500 horas de trabajo se tienen 1,562,500 envases lavados; por lo tanto el costo de lavado de botellas es:

$$\text{Costo de lavado de Botellas} = \frac{\text{Costo de consumibles en 500 hrs}}{\text{Cantidad de botellas lavadas en 500 hrs.}}$$

$$\frac{169,972.75}{1,562,500} = 0.1087 \text{ pesos/botella}$$

Para el segundo caso, el proceso consiste en realizar un lavado previo de las botellas **extremadamente sucias** mediante lavadoras tipo industrial que utilizan todos los días.

Para ello hay dos personas que suministran las cajas con botellas en periodos de 1 hora durante el día a la máquina. Al término de este lavado previo, introducen cada una de las botellas en una serie de cerdas que giran durante 10-15 minutos y finalmente las enjuagan. Cabe mencionar que a estas últimas, en el presente, se les clasifica como **botellas sucias**.

Las **botellas sucias** pasan directamente a la línea de producción. En ésta, se les hace el lavado correspondiente en la "lavadora de línea" (automática) y finalmente son llenadas.

2.2. TIPOS DE MÁQUINAS LAVADORAS DE BOTELLAS EMPLEADAS EN LA INDUSTRIA REFRESQUERA

2.2.1. "Compañía Embotelladora Herdomo" PEPSI, Puebla

Una de las empresas que se visitó fue "Compañía Embotelladora Herdomo" S.A. de C.V. PEPSI ubicada en la ciudad de Puebla.

En esta planta existe solo una máquina lavadora de botellas tipo industrial, figura 2.2., con la cual realizan su proceso de lavado. Cabe mencionar que se lavan en promedio 250 cajas al día.



FIGURA 2.2. Lavadora de botellas tipo industrial vista de perfil. Cd. de Puebla.

Esta máquina está compuesta y construida de cuatro partes básicas, (figura 2.3. (a), (b));

1. Rueda giratoria, en ésta se colocan las cajas con botellas y se hace girar sobre su eje logrando con ello que las botellas se sumerjan en la solución de limpieza⁴ contenida en la tina. Esta rueda está construida de fibra de vidrio y recubierta con esmalte epóxico.
2. Base o soportes de la flecha de la rueda giratoria. Esta base es construida de ángulo estructural de 2 X 2 X ¼ de pulgada.
3. Tina. Es totalmente cuadrada y está construida de lámina negra. Se pudo corroborar que en la parte interior está forrada de fibra de vidrio y pintada con esmalte epóxico tanto en la parte interior como en la exterior. La función principal de esta tina es contener la solución de limpieza.
4. Sistema de transmisión de movimiento. Esta constituido de un motorreductor de 2 HP, un juego de cadenas y uno de catarinas.

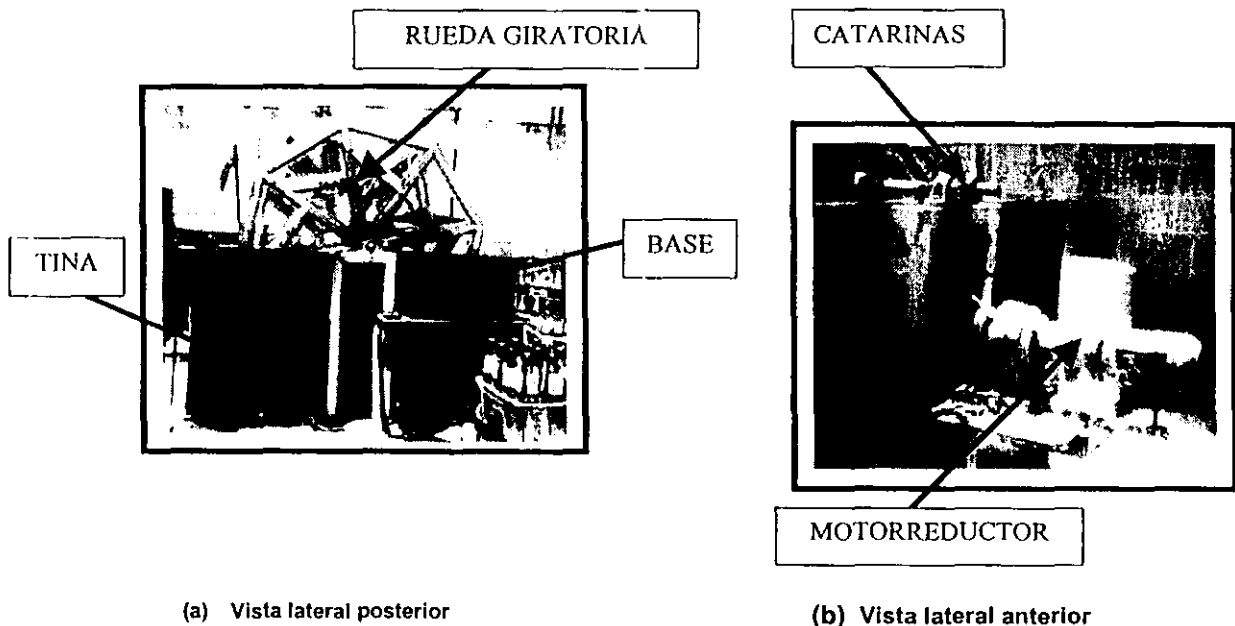


FIGURA 2.3. Componentes de la lavadora tipo industrial. Cd. de Puebla

4. Normalmente ésta solución está compuesta a base de ácidos minerales, inhibidores de corrosión y tensoactivos que remueven suciedad mineral, óxido, hongos, mohos y levaduras presentes en la botella denominada de tipo Industrial.

2.2.2. "Embotelladora Metropolitana S.A. de C.V." PEPSI, planta Clavería, Azcapotzalco D.F.

En PEPSI planta Clavería ubicada en la Delegación Azcapotzalco, D.F. se realiza el proceso de lavado de botellas extremadamente sucias de 2 maneras.

En el primero de ellos, se hace pasar estas botellas en la lavadora de línea. Cabe mencionar que dicho proceso, en esta planta, se realiza sólo cuando hay una cantidad considerable de las mismas en almacén.

El segundo de ellos se lleva a cabo en el área de lavado industrial que tiene esa planta. Para ello se tienen dos máquinas. Figura 2.4 y 2.5. Con estas máquinas se lavan en promedio 75 cajas con 24 envases al día, es decir 1800 botellas.



FIGURA 2.4. Lavadora tipo industrial de botellas de refresco.
Planta Clavería, Azcapotzalco D.F.



FIGURA 2.5. Lavadora tipo Industrial de botellas de refresco
Planta Clavería, Azcapotzalco, D.F.

Este proceso está compuesto de dos etapas:

El primero de ellos consiste en remover toda la suciedad de las botellas (mugre, grasa, etc.) haciendo pasar las botellas en la solución de limpieza contenida en la máquina de la figura 2.4., es decir, colocan las cajas en los portacajas de la máquina y finalmente, hacen girar el sistema mediante un motor acoplado a la flecha, logrando con esto que la solución de limpieza entre y salga de la botella por diferencia de presiones y en consecuencia remover la suciedad. Este proceso tiene una duración aproximada de 45-60 minutos.

Al término de este primer proceso, a cada una de las botellas se hace pasar por la máquina de la figura 2.5 de manera manual, que en esencia consta de unas cerdas de plástico, otras de metal, durante 10-20 minutos logrando con ello quitar toda la grasa, mugre y residuos. Para lograr esto último, se dispone de 8 personas que realizan el trabajo de introducir las botellas a las cerdas correspondientes.

Además del conocimiento del equipo empleado, es también de gran importancia, mencionar el estado físico de las mismas.

Así por ejemplo, se observa que éstas se encuentran casi o totalmente corroídas, figura 2.6., debido a una mala selección del material del que está hecha la máquina. Se menciona esto por que se considera que es de gran importancia saber algunas características de las mismas y que podrían ser tomadas en cuenta para el nuevo diseño. También cabe mencionar que la máquina de la figura 2.4. está construida de acero inoxidable.



FIGURA 2.6. partes corroídas de la máquina

2.2.3 "Compañía Embotelladora de Refresco, S.A. de C.V., Coca-Cola, Cuernavaca Morelos

En esta embotelladora de refrescos se emplean dos lavadoras tipo industrial para lograr el objetivo, lavar botellas extremadamente sucias. Estas tienen una capacidad de lavado de 20 y 10 cajas en una hora respectivamente, es decir 240 cajas ó 5760 envases al día.

Estas lavadoras están construidas de lámina negra recubierta con fibra de vidrio y pintadas con esmalte epóxico. Al igual que las anteriores, constan de una tina en el cual está la solución de limpieza, un eje giratorio en el que se colocan las cajas con botellas de refresco y su respectivo sistema de transmisión de movimiento.

Durante la visita a Coca-Cola Cuernavaca, se pudo corroborar que en tal proceso sólo participan 3 personas, 2 en cada una de las máquinas y la otra persona es la que acerca las cajas de botellas en un montacargas.

Por cuestiones de política de la Empresa Coca-Cola S.A. de C.V. no fue posible tomar fotografías a dichas máquinas, sin embargo, para fines de explicación se muestra un croquis del mismo. (figura 2.7.)

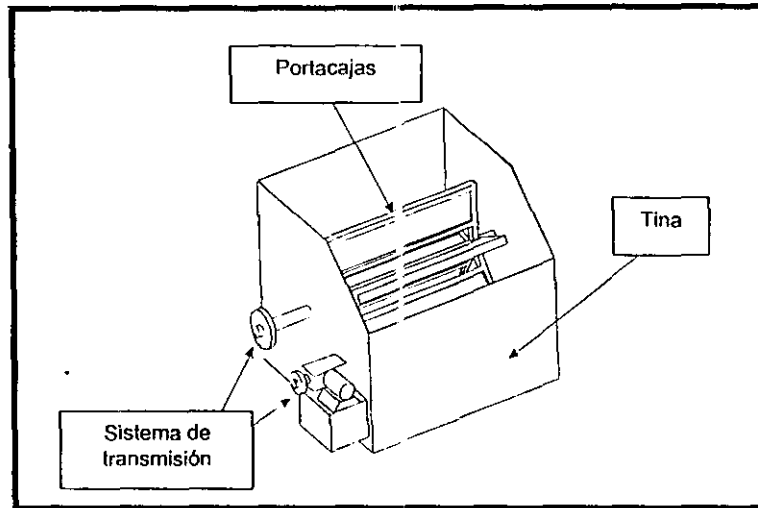


FIGURA 2.7. Croquis del tipo de máquinas que se encuentra en CIA. Coca Cola S.A. de C.V. Cuernavaca

2.3. Análisis comparativo de los procesos y máquinas de lavado de botellas de refresco.

Con la información recabada durante las visitas que se hicieron a las distintas embotelladoras de refrescos, se pueden comparar y analizar los procesos y máquinas que se utilizan para tal propósito.

El principio de lavado de las botellas extremadamente sucias es igual en las tres empresas; el cual consiste en lograr que la solución de limpieza entre a las botellas de refresco y posteriormente salga de ellas. Con esto se tienen una agitación del líquido dentro de la botella.

Para ello, como se vio anteriormente, las botellas entran a la solución de limpieza contenida en la tina de la máquina y por diferencia de presiones, el líquido entra a la botella. En el momento que las botellas van saliendo de la tina, el líquido cae, nuevamente por diferencia de presiones, a la tina. A este proceso cíclico se le puede llamar "Proceso de lavado de botellas por agitación e inmersión química"

Algo que es de vital importancia en este proceso son las propiedades que pueda tener la solución de limpieza, ya que es la que remueve químicamente toda la suciedad de la botella, por supuesto ayudada por el mecanismo de agitación que se provoca.

Un análisis comparativo en el sentido económico puede plantearse de la siguiente manera:

1. **¿De que manera afecta, en el sentido económico, lavar botellas extremadamente sucias con la lavadora de línea?**
2. **¿Es más conveniente lavar las botellas sucias que comprar nuevas?**
3. **¿Porqué es más redituable lavar las botellas con lavadoras tipo Industrial?**

La pregunta 1 puede ser contestada con el análisis técnico-económico efectuado anteriormente, llegando a un costo de \$0.1087 pesos/botella, pero si además a esto comparamos la cantidad de botellas lavadas, a fin de cuentas es una producción, con la cantidad de refresco producidos hay una diferencia de 8875 cajas, que serían las que deja de producir la planta a cambio de lavar botellas.

Es claro que la diferencia es bastante considerable; ahora si asignamos un precio a cada una de esta cajas la diferencia en forma de dinero es:

El precio de venta de cada caja con 24 refrescos es en promedio \$45, por lo tanto;

$$\$45 \times \text{la producción} = \$45 \times 12,000 = \$540,000$$

Costo de lavado y en consecuencia refrescos que serían producidos:

$$\$45 \times \text{Cantidad de cajas de botellas lavadas} = \$45 \times 3125 = \$140,625$$

quedando una diferencia de **\$399,375**. Obviamente esta cantidad es una pérdida para la empresa.

La pregunta 2 puede contestarse realizando una comparación del costos de lavado contra el precio de botellas nuevas;

Por un lado el precio de cada botella comprado al mayoreo es de \$0.40.

Por el otro, el costo de lavado de cada botella en una lavadora tipo industrial con capacidad de lavado de 30 cajas/hora puede determinarse de la siguiente manera:

**Consumibles para el lavado de botellas por mes
(240 horas)**

| PARTIDA | ELEMENTO | COSTO UNITARIO (PESOS) | COSTO TOTAL (PESOS) |
|--------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 600 kg | Solución de limpieza | 20.9 kg | 12540 |
| 447.6 KWh | Consumo de energía eléctrica | 1.50 KWh | 671.4 |
| 1 | Mantenimiento de la máquina | 200 | 200 |
| 2 | sueldos | 60 por día | 3600 |
| Costo total | | | 16811.4 |

TABLA 2.1. Consumibles para el proceso de lavado en una lavadora
Tipo Industrial con capacidad de 30 cajas/hora.

En 240 horas se lavan un total de 7200 cajas de refresco con 24 casquillos o 172800 envases, por lo tanto se tiene:

| |
|--|
| $\text{Costo de lavado de Botellas} = \frac{\text{Costo de consumibles al mes}}{\text{Cantidad de botellas lavadas al mes}}$ |
|--|

| |
|--|
| $\frac{16811.1}{172800} = 0.09728 \text{ pesos/botella}$ |
|--|

entonces, puede apreciarse que la diferencia del precio de compra de una botella nueva con el lavado de la mismas es de **\$0.30272**; por lo tanto es más conveniente lavar botellas sucias que comprar nuevas.

La tercer pregunta queda, entonces, contestada implícitamente en la respuesta anterior

CAPÍTULO 3

INGENIERÍA INVERSA E INGENIERÍA DEL VALOR

3.1. CONCEPTOS DE INGENIERÍA INVERSA E INGENIERÍA DEL VALOR

3.1.1. INGENIERÍA INVERSA

La ingeniería inversa o ingeniería de reversa, es un proceso que tiene como finalidad obtener todos los datos técnicos posibles de un proceso, producto o prototipo, ya sea de manuales, especificaciones, planos de fabricación, reportes y de funcionamiento; en muchas ocasiones también se obtiene de observar a las máquinas o prototipos. Con los datos técnicos obtenidos, se puede mejorar o rediseñar, por ejemplo un producto.

A menudo hay confusión entre los términos rediseño e ingeniería inversa, cabe aclarar que el rediseño es un proceso que parte de ciertos datos técnicos y en éste se aplican las distintas técnicas de diseño para hacerlo. Ingeniería inversa sólo obtiene datos técnicos.

También existe confusión entre ingeniería inversa y el diseño tradicional, este último, a diferencia del primero, parte de una necesidad identificada que evidentemente tiene que resolverse aplicándose las conocidas técnicas del diseño tradicional. Para comprender mejor el concepto o proceso de ingeniería inversa se presenta comparativamente éste y el tradicional. (Figura 3.1.).

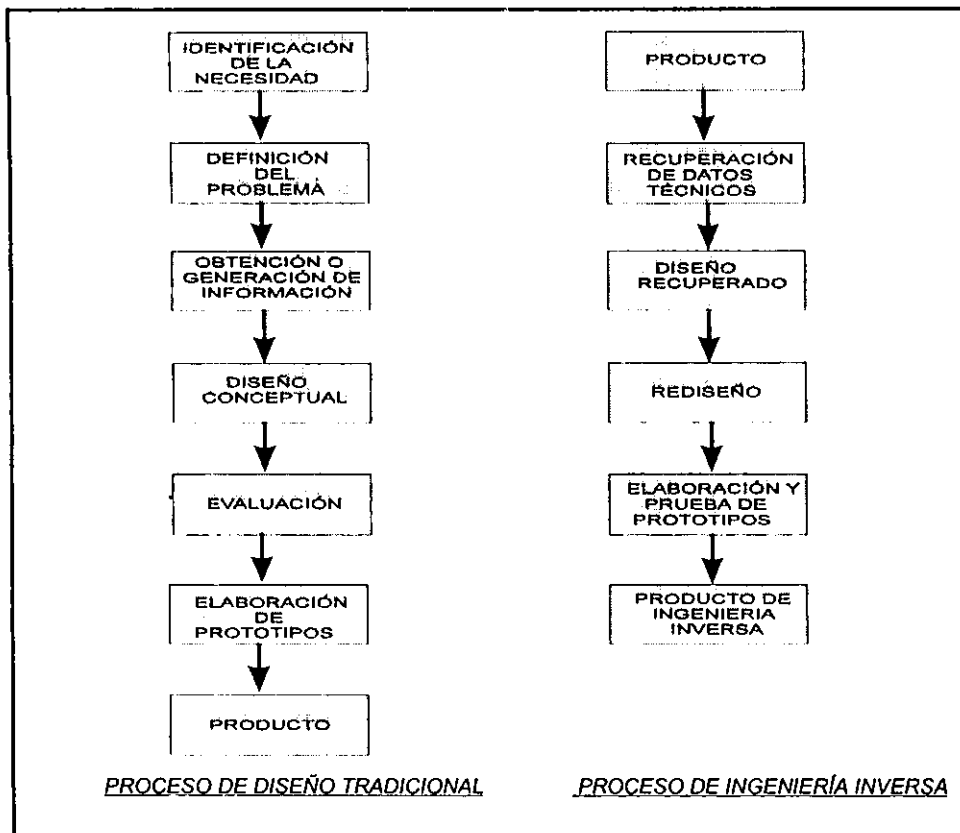


FIGURA 3.1. Comparación entre el proceso de diseño tradicional y el de ingeniería inversa

Como puede apreciarse en la figura 3.1. el proceso de diseño tradicional comprende más actividades, puesto que parte de nada, es decir, primero identifica la necesidad en comparación con el proceso de ingeniería inversa, que parte de un producto lo cual trae consigo considerables ventajas.

Una de las grandes ventajas de utilizar ingeniería inversa es la rapidez con que se generan nuevos prototipos o procesos mucho mejores que los primeros, y esto en la actualidad es de mucha importancia por la gran velocidad de cambio tecnológico que hay en el mundo. Utilizar ingeniería inversa puede mantener a una industria a la vanguardia de cualquier mercado.

3.1.2. ANÁLISIS DEL VALOR

El análisis del valor es un sistema que identifica problemas, selecciona y aplica procedimientos apropiados en la solución del mismo ⁵.

El análisis del valor es una técnica-metodológica con la cual se optimiza un proceso, un producto, una máquina, etcétera; manteniendo su funcionalidad al menor costo posible.

El análisis del valor es una metodología que puede aplicarse en áreas de diseño, selección de materiales, áreas administrativas, deportes, etc.

El concepto fundamental del análisis del valor está representado por la siguiente ecuación básica:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

Esta ecuación es totalmente válida. Pero, ¿cómo podemos medir en esta fórmula el valor?. El costo puede ser cuantificado en dólares, pesos, etc., pero ¿cuales son las unidades de beneficio?. ¿Cómo puedo medir actualmente el nivel de beneficio en un producto o servicio?.

Esta fórmula presenta dificultades para ser cuantificada. El denominador, costo, es cuantificable en dinero, Pero el numerador, beneficio, no es precisamente medible. La definición del diccionario, dice que beneficio, es el valor de algunas cosas medidas por su cualidad o por su importancia o estima.

Sin embargo, las cualidades o importancias no son medibles, no obstante la ecuación requiere que sean medibles.

Un ejemplo sencillo para comprender este concepto y en conclusión la aplicación de la fórmula es el siguiente:

Supongamos que una barra de titanio puro es el material adecuado para ser utilizado como nivelador-soporte de una máquina que es muy costosa y además con pequeños movimientos puede sufrir descomposturas irreparables.

La barra podría ser sustituida por otro material que sea de menor costo y tenga la misma función. Sin embargo no tienen las mismas propiedades mecánicas y esto conduciría a cambiar periódicamente esta última barra.

Los beneficios que tendría utilizar la barra de titanio serían: a) mayor tiempo de vida de la barra, b) mayor durabilidad de la máquina, c) menor costo de mantenimiento, etc.

A pesar de que es muy cara la barra de titanio, justifica su utilización por los beneficios que aporta. En la fórmula del valor lo que se coloca como numerador es el costo total de estos beneficios, como consecuencia de esto, se busca que el resultado de esta fórmula sea siempre mayor o en su defecto igual a 1.

3.1.3. EL ANÁLISIS EN REDUCCIÓN DE COSTOS

La manera en que se puede analizar un elemento esencial, o cualquiera, de un negocio exitoso distinto al tradicional, sistemas costo-reducción, es mediante dos caminos importantes, a saber:

| MÉTODOS | COSTO REDUCCIÓN | ANÁLISIS DEL VALOR |
|----------------|---|---|
| CON LA FORMULA | VALOR=COSTO | $\text{Valor} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$ |
| CON PREGUNTAS | ¿QUÉ ES ESTO? ¿CÓMO PODEMOS HACER ESTO, POR MENOS? | ¿QUÉ ES ESTO? ¿QUÉ HACE? ¿QUÉ DEBE HACER? ¿CÓMO PUEDEN EJECUTARSE DE MEJOR MANERA LAS FUNCIONES? |

EL análisis del valor está dirigido a dar las funciones requeridas por el usuario a un bajo costo, y esto se logra analizando cada componente del elemento manteniendo su funcionalidad de tal manera que en la fórmula el valor sea mayor que 1.

Por otra parte los sistemas costo-reducción están dirigidos a reducir el costo de las partes presentes.

3.2. METODOLOGÍAS DE INGENIERÍA INVERSA Y DE INGENIERÍA DEL VALOR

3.2.1. METODOLOGÍA DEL PROCESO DE INGENIERÍA INVERSA

El objetivo de la ingeniería inversa es recuperar la mayor cantidad de datos técnicos posibles de una máquina, producto o proceso. Algunos de ellos pueden ser proporcionados, otros tomados de manuales, etc. Pero para generar todos los datos técnicos se vale de una metodología que tiene 5 fases. (Figura 3.2.)

La metodología presentada a continuación es la más general, en donde se obtienen los datos técnicos de los componentes de una máquina con el fin de lograr disminuir el costo del ciclo de vida. Con este método pueden desarrollarse todos los casos de aplicación haciendo cambios sencillos en cada una de las fases. Es importante mencionar que en la aplicación de este método, a una máquina se le considera como un sistema y a sus componentes, como subsistemas y a los componentes del subsistema como elementos. Es responsabilidad de quien aplica este método realizar una clasificación apropiada.

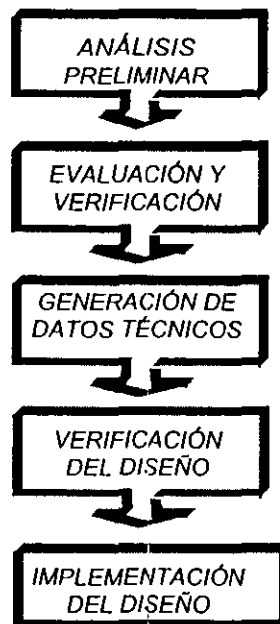


Figura 3.2. Fases de la Ingeniería Inversa

FASE 1. Análisis Preliminar.

El análisis preliminar consiste en recopilar y evaluar la información disponible de un sistema, máquina o proceso. En esta fase se determina si es factible desarrollar el proyecto de ingeniería inversa, mediante análisis logísticos y económicos. Algunos factores que pueden ayudar son: a) una alta tasa de falla del elemento, b) alto uso anual o que sea demasiado costoso, c) no debe ser demasiado complejo técnicamente, pues el costo y el riesgo del proyecto sería muy alto. Si el resultado de la evaluación indica que puede llevarse a cabo el proyecto de ingeniería inversa, éste se desarrolla de la siguiente manera:

A) Recopilación de datos. Se integran datos disponibles sobre la máquina, proceso o sistema, tales como:

- ❖ Planos de distribución, de detalle, de ensamble, de instalación; esquemas, diagramas, especificaciones, manuales de operación, etc.
- ❖ Datos de uso y mantenimiento. Costos unitarios, ciclo de vida, uso anual, ordenes de pedido, etc.
- ❖ Otros datos. Confiabilidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento, se incluyen pruebas inspecciones, fallas comunes, etc.

B) Evaluación de los datos. De la información recopilada se extrae información y con ésta se realizan cálculos de factibilidad técnica y económica.

C) Determinación del retorno de la inversión. Para la determinación del retorno de la inversión se consideran los siguientes factores:

- ❖ Costo unitario, CU
- ❖ Costo unitario esperado después de ingeniería inversa, CUR
- ❖ Cantidad de componentes con falla, (promedio anual), CF
- ❖ Costo anual de componentes con falla, CA
- ❖ Tiempo de vida del sistema, TV
- ❖ Cantidad de componentes en inventario, CI
- ❖ Partes necesarias hasta el retiro del sistema PN
- ❖ Componentes con falla en todos los sistemas, (promedio anual) CFT
- ❖ Tasa de fallas, TF $TF = CF/CFT$
- ❖ Costo del ciclo de vida, CCV $CCV = PN * CU$
- ❖ Valor de salvamento del ciclo de vida $SCV = CCV * 0.75$
- ❖ Retorno de la inversión, RI $RI = (SCV - CIR) / CIR$

Es recomendable cuando menos una relación de 2.5:1 para evitar pérdidas en el proyecto.

Costo del proyecto de ingeniería inversa, CIR. Este se determina con base a la complejidad técnica de la componente, la cantidad de información disponible sobre ella, y en una aproximación de los costos en que se incurrirá en cada una de las fases del proyecto.

D) Determinación del tipo de proyecto. Se determina en función del tipo y cantidad de los datos disponibles. Hay que tener presente que el costo y el riesgo varían de acuerdo con la información que se tenga.

Hay tres tipos de proyectos:

- ◆ **Verificación del producto.** Se llama así, cuando existe una gran cantidad de información sobre un producto.
- ◆ **Mejora del producto.** Existen algunos datos, unos proporcionados y otros obtenidos de inspección visual.
- ◆ **Generación completa de datos.** No existe ninguna información del producto.

FASE 2. Evaluación y verificación.

En esta fase se obtiene información del producto (físico), como dimensiones, geometrías, tipo de material utilizado, mecanismo, parámetros de operación, etc.; éstos se comparan con los obtenidos en el análisis preliminar, verificando con esto la cantidad y calidad de la información. La evaluación y verificación se realiza de la siguiente manera:

1. **Inspección visual.** En ésta, se observa el producto en términos de su calidad, funcionamiento, tipos de mecanismos, geometrías, tipos de movimientos, materiales, etc.
2. **Desensamble de elementos.** Se realiza el desensamble del producto de una manera lógica y ordenada, a la vez, se analiza y extrae información de cada elemento del producto, como, dimensiones, tolerancias, materiales etc. En esta parte se busca que cada elemento sea mejorado, ya sea en su funcionalidad o costo, también se logra un mejor conocimiento del producto en general.
3. **Inspección dimensional.** En esta inspección se determinan el tamaño, geometría, tolerancias, acabados, etc., del producto
4. **Análisis e identificación de materiales.** Es necesario identificar de la manera más precisa posible el material del que está constituido el producto, ya que esto tiene una inferencia directa en el método por el cual fue realizado, y en ocasiones se requiere de estudios metalográficos, análisis químicos y de microscopía.

La gran importancia que tiene identificar un material, es que puede ser sustituido por otro que tenga las mismas propiedades mecánicas, o una en especial y sea de menor costo o su funcionalidad sea mucho mejor que la del anterior.

5. **Pruebas de operación.** Se realizan pruebas de operación para validar los parámetros de servicio del producto con los obtenidos en las fases anteriores. Es importante mencionar los inconvenientes que se observen durante la prueba, si es que existen.
6. **Comparación entre los datos técnicos disponibles y los obtenidos.** En esta parte se determinan las diferencias entre la información obtenida en esta fase con la obtenida en la fase anterior. Si no existiera diferencia alguna, es conveniente analizar varias piezas y obtener información promedio y compararla con la primera.
7. **Análisis de falla.** Este se realiza sólo cuando la pieza presenta algún tipo de falla.
8. **Reporte de evaluación de la calidad.** Es necesario construir un reporte de la calidad de las componentes analizadas.
9. **Costo del proyecto de ingeniería inversa.** El costo del proyecto de ingeniería inversa es la suma de los costos de:
 - ◆ Recolección de y evaluación de la información
 - ◆ Desarrollo de planos y dibujos
 - ◆ Desarrollo de la lista de partes
 - ◆ Determinación de materiales
 - ◆ Fabricación de prototipos
 - ◆ Establecimiento de pruebas y especificaciones
 - ◆ Posibles daños de partes
 - ◆ Gastos de investigación y desarrollo y
 - ◆ Gastos de administración.
10. **Costo de producción.** Se recomienda hacer tres estimaciones de acuerdo con el tamaño del lote.
11. **Reporte de la fase 2.** En este se deben tomar los aspectos de mayor importancia de la fase 2 y además estimar los costos tanto del producto en cuestión como del proyecto de ingeniería inversa.
12. **Recomendación.** En base a la información tanto técnica como de costos se recomienda seguir o parar el proyecto de ingeniería inversa.

FASE 3. Generación de datos técnicos.

En esta etapa se genera y se hace una revisión detallada de la información faltante de las dos fases anteriores y se obtiene un **paquete de datos técnicos preliminares (PDTP)**. Si es necesario se realizan las correcciones correspondientes. Este paquete de datos técnicos preliminares consta, además de los datos obtenidos en las fases anteriores, de especificaciones de funcionamiento, requerimiento de aseguramiento de la calidad y criterios de prueba. Es de gran importancia estandarizar la información mediante las normas establecidas para ello. Con esto último garantizamos el entendimiento completo de la información en cualquier lugar.

El **paquete de datos técnicos preliminares** proporciona una descripción técnica de un proceso, máquina o servicio para el soporte técnico y logístico, facilitando su adquisición y su capacidad de producción.

Especificación general para paquetes de datos técnicos. (Especificación militar U.S. MIL-T31000)

1. Dibujos de diseño conceptual y listas asociadas
2. Planos de diseño y listas asociadas
3. Dibujos de producto y lista asociadas
4. Dibujos comerciales y listas asociadas
5. Dibujos de equipo de inspección especial
6. Instrucciones de operación
7. Procedimientos de calibración
8. Dibujos de montajes especiales
9. Especificaciones
10. Preservación, desempaquete, empaque, marcado para identificación
11. Lista de planeación de la ingeniería de calidad
12. Software y su documentación
13. Documentos de requerimientos de prueba.

Los dibujos y planos o lista de datos técnicos deben tener respectivamente sus firmas de aprobación, reporte de asignación de números de dibujo, descripción del proceso de manufactura, programa de control de calidad del paquete de datos técnicos y reporte de validación de datos técnicos.

Es de gran importancia que en el paquete de datos técnicos los planos, dibujos etc., sean desarrollados de acuerdo a normas establecidas, por ejemplo las normas ASME.

A continuación se presentan las normas ASME referentes a dibujos y/o planos del producto.

| NORMA ASME | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|---|
| Y.14.24 | <i>Tipos y aplicaciones de dibujos de ingeniería (equivalente a ISO/TC10/SC1)</i> |
| Y.14.34 | <i>Listas de partes, datos, indexadas (equivalente a ISO/TC10SC5)</i> |
| Y.14.26 | <i>Representación digital para la comunicación de datos del producto</i> |
| Y.14.5. | <i>Dimensiones y tolerancias</i> |

Figura 3.3. Normas ASME referentes a dibujos y/o planos del producto

Los tipos de dibujos y/o planos que especifica la norma Y.14.24 son los siguientes:

1. *Planos de distribución*
2. *Planos de detalle*
3. *Planos de ensamble*
4. *Planos de instalación*
5. *Planos de modificación*
6. *Dibujos de arreglo*
7. *Planos de control*
8. *Diagramas eléctricos y electrónicos*
9. *Dibujos o planos especiales*

FASE 4. Verificación del diseño.

En esta fase se construyen los prototipos, si es necesario, y se les realizan pruebas que sirvan para corroborar los datos técnicos obtenidos en la fase anterior. En el siguiente diagrama se muestra el procedimiento a seguir en la realización de esta fase.

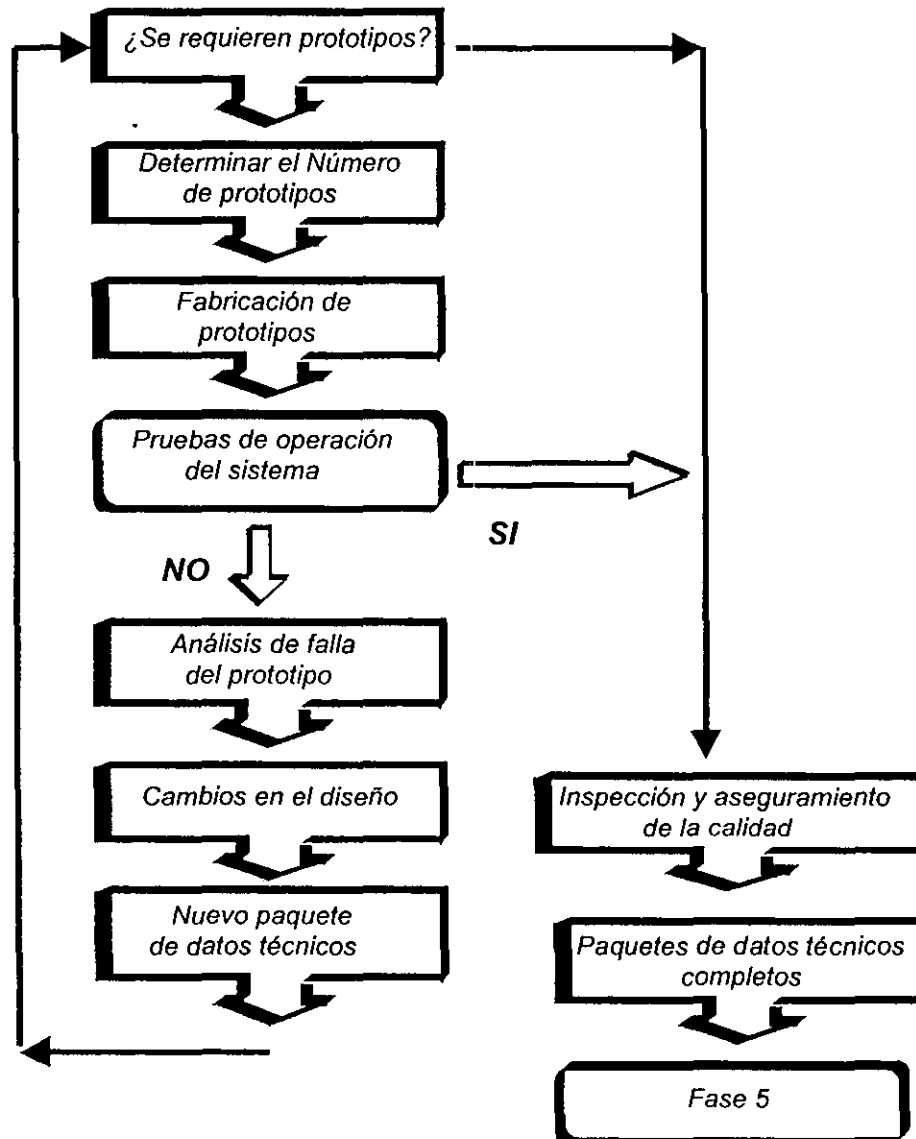


FIGURA 3.3 Verificación del diseño

FASE 5. Implementación del diseño

Esta es la etapa final del proceso de ingeniería inversa, y en ésta se elabora un resumen ejecutivo que contiene información relevante del proyecto. También se agregan especificaciones adicionales que se obtuvieron durante el desarrollo del mismo.

Esta es la etapa donde se entrega al solicitante los resultados del proyecto, que incluye, el paquete de datos técnicos, planos o dibujos del prototipo, el o los prototipos y el resumen ejecutivo. Es decisión del solicitante llevar a cabo la implementación del proyecto o no.

3.2.2. METODOLOGÍA DEL PROCESO DEL ANÁLISIS DEL VALOR

*La finalidad que persigue el **Análisis del Valor** es optimizar un proceso, producto, servicio o máquina manteniendo o mejorando la funcionalidad de cada uno de los componentes al menor precio posible. Esto se puede lograr modificando mecanismos, materiales, geometrías, etc.; es decir, es una técnica de rediseño. Es de gran importancia mencionar que parte de algo² que ya existe, y preferentemente con su paquete de datos técnicos completo.*

*En 1963, Charles W. Bytheway concibió un nuevo método de análisis y definición de funciones. Él nombra a este método como **FUNTION ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE, "FAST"**, y lo considero inicialmente como un estímulo a la creatividad. Bytheway uso siete preguntas provocando análisis, cada una de las cuales debía ser contestada usando dos palabras, un verbo y un sustantivo. Esta combinación de dos palabras, describe al producto en términos de sus **funciones**. Éstas son el corazón de todo el **análisis del valor**. Bytheway arreglo la combinación de estas dos palabras en un diagrama con relaciones ¿cómo-porqué? Formando lo que él llama diagrama **FAST**.*

Diagrama FAST

El diagrama FAST es esencialmente una estructura de grupos de funciones interrelacionadas lógicamente. Este grupo de funciones es la clave del proceso entero. Para hacer un diagrama FAST deben seguirse las siguientes reglas:

- 1. Usar dos palabras solamente, un verbo y un sustantivo*
- 2. Evitar los verbos ser, estar o suministrar*
- 3. El sustantivo no es parte de la actividad u operación que realiza el producto*
- 4. Mantener el punto de vista del usuario o cliente*

El procedimiento consiste de ocho pasos:

1. Definir de 40 a 60 funciones
2. Checar tentativamente la función trabajo
3. Dividir en funciones básicas y auxiliares
4. Identificar funciones básicas primarias
5. Identificar las funciones auxiliares primarias. Dividir en cuatro grupos
6. Expandir el diagrama hacia la derecha
7. Verificar diagrama
8. Agregar líneas y números

Paso 1. Definición de funciones

Definir de 40 a 60 funciones desarrolladas por el producto o por cualquiera de sus partes , preguntándose repetitivamente, **¿qué hace esto?**, **¿se sustituye por esto?**, ya sea de tolerancias, materiales, requerimientos, etc. Específicamente definir las funciones de cada elemento del producto o proceso y costo que representa.

Es importante recordar que cada una de estas funciones está formada por dos palabras, un verbo y un sustantivo, y es recomendable sean pegadas en un pizarrón mediante cinta adhesiva.

Paso 2. Selección de la función trabajo

De las 40 a 60 funciones que han sido definidas, iniciar el diagrama FATS eligiendo una de ellas, la cual será la función trabajo y deberá ser escrita al lado izquierdo del mismo. Ver figura 3.4. Ésta puede dividirse en otras funciones que en conjunto realicen la función trabajo.

La función trabajo es una de las que deben satisfacer sobre todo las necesidades del usuario o cliente, en otras palabras es la razón principal para la existencia del producto o proceso desde el punto de vista del cliente o usuario.

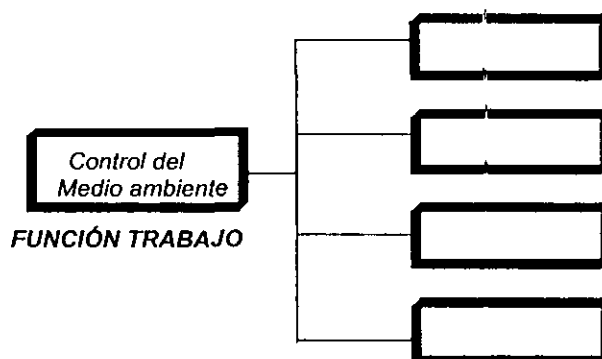


FIGURA 3.4. Este diagrama ilustra la estructura fundamental del diagrama FAST, con la función trabajo colocada a la izquierda del mismo.

Paso 3. Dividir entre funciones básicas y auxiliares

Pasar las funciones básicas en la parte superior y a la derecha del diagrama y las funciones auxiliares en la parte inferior de estas. Para hacer esto, simplemente hay que preguntarse, ¿es una función esencial para el desarrollo de la función trabajo?. Si la respuesta es si, la función es básica. Si la respuesta es no, es una función auxiliar.

Las funciones básicas son esenciales para el desarrollo de la función trabajo. Éstas deben satisfacer las necesidades básicas del usuario.

Las funciones auxiliares no son esenciales para el desarrollo de la función trabajo, pero son esenciales para incrementar la aceptabilidad del producto satisfaciendo el gusto del cliente y dando calidad al producto.

Paso 4. Identificar funciones primarias básicas

De las funciones básicas en la parte superior del diagrama, seleccionar las que directamente contesten la pregunta ¿cómo se desarrolla la función trabajo? La respuesta podría estar dentro de ella misma.

Si todas las respuestas directas a la pregunta no están en el diagrama, escribir una nueva función.

Si la función básica no contesta directamente a la pregunta anterior, salir de esta sección del diagrama. Esto podría ser agregado al diagrama en el paso 6.

Las funciones primarias son colocadas en la parte superior de la primer columna a la derecha de las funciones básicas. (Figura 3.5).

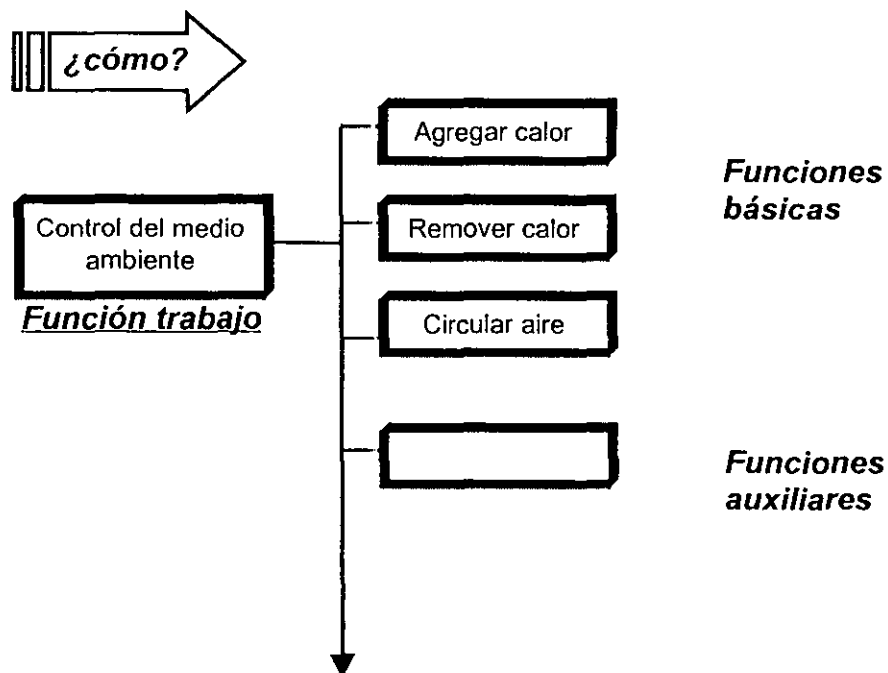


FIGURA 3.5. Expansión del diagrama con funciones primarias básicas escritas

Paso 5. Identificar las funciones primarias auxiliares

Todos los diagramas FAST contienen las mismas cuatro tipo de funciones auxiliares primarias. La agrupación de funciones se analiza mediante un enfoque dinámico para la solución del problema, esto hace que el producto adquiera un importante atributo que es, el de la calidad.

Los cuatro tipos de funciones auxiliares primarias son: formalidad, conveniencia, mejora y atracción del producto.

- ❖ *Garantizar formalidad.* Estas funciones tienden a minimizar el deterioro de la pieza; ésta es vinculada con adicionar resistencia a la tracción, corrosión, protección de las personas o del medio ambiente, protección del producto, elementos que aumenten la fiabilidad de operación, etc.
- ❖ *Garantizar conveniencia.* Estas funciones hacen que el producto sea fácil o más conveniente de usar; instrucciones de servicio, limpieza, reparación, mantenimiento, ergonomía, etc.
- ❖ *Perfeccionamiento o mejoramiento del producto.* Estas funciones mejoran el producto sobre las expectativas del usuario; modificaciones como: tamaño, rapidez, comodidad, status, etc.
- ❖ *Sentido de atracción.* Estas funciones despiertan el gusto por el producto, es decir debe ser estético; éste debe tener buena apariencia, producir poco ruido, etc.

Escribir las cuatro funciones primarias auxiliares en el diagrama en la primer columna a la derecha la función trabajo, debajo de las funciones primarias. Ver figura 3.6.

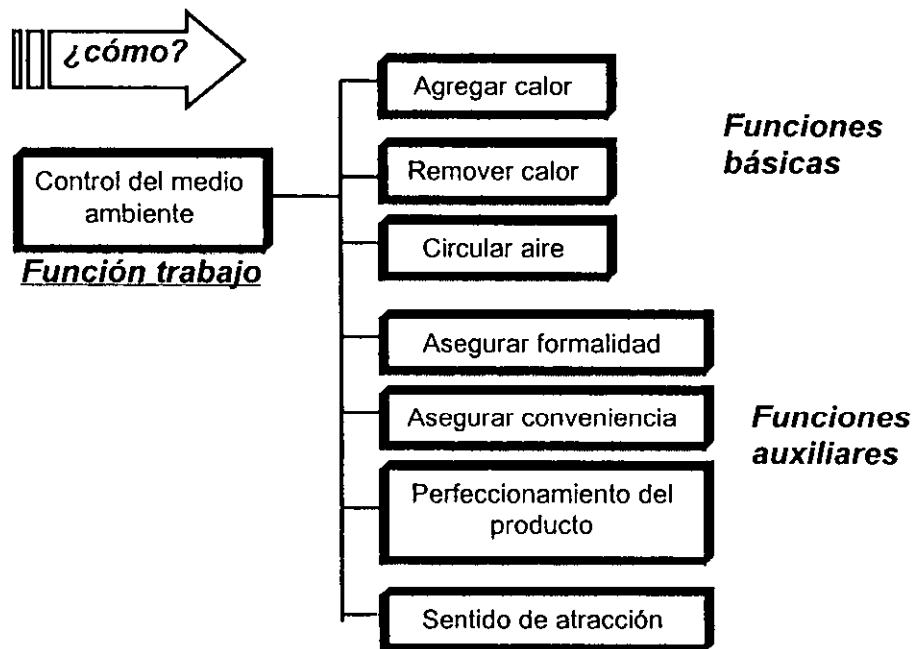


FIGURA 3.6. El diagrama es expandido con la adición de las cuatro funciones primarias auxiliares estándar.

Paso 6. Expandir el diagrama hacia la derecha, de las funciones auxiliares primarias

Después de haber generado las funciones primarias y auxiliares, el siguiente paso es expandir hacia la derecha con más funciones cuestionando **¿cómo es que realiza esto el producto?**

Muchas de las funciones escritas en el primer paso pueden responder la pregunta. Agregue funciones como sea necesario manteniendo el punto de vista del usuario a través de ésta pregunta. Desarrolle la expansión, primero, de la estructura de funciones básicas y posteriormente el de las funciones auxiliares. Ver figura 3.7.

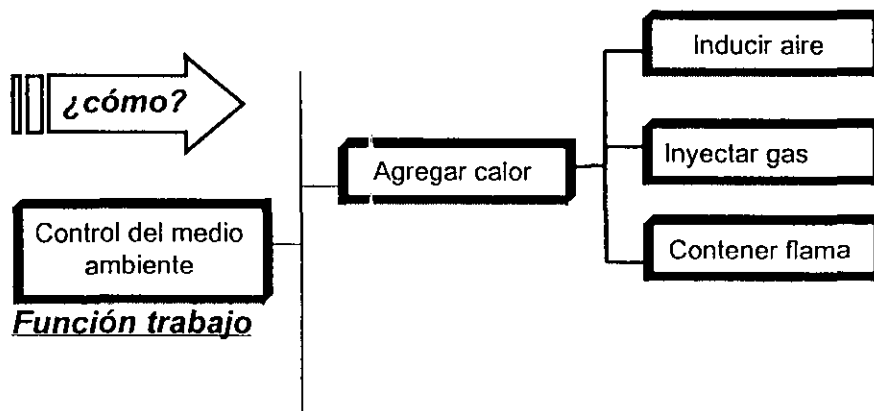


FIGURA 3.7. Una de las funciones primarias básicas, figura 3.5. es expandida con funciones hacia la derecha, respondiendo a la pregunta ¿cómo?

La expansión de las cuatro funciones auxiliares hacia la derecha del diagrama se desarrolla en dos pasos. Primero divide todas las funciones auxiliares de la parte superior entre las cuatro categorías con las cuales están relacionadas. Posteriormente, ensamble una estructura de árbol para cada una de las funciones auxiliares. Esta es la última actividad de agrupamiento en el proceso de elaboración del diagrama FAST.

La expansión del diagrama hacia la derecha termina cuando la respuesta a la pregunta **¿cómo?** describe el nombre de la parte, elaboración, operación o actividad del producto, proceso a máquina.

El diagrama ahora, muestra todas las causas y todas las consecuencias de cada función requerida.

Paso 7. Verificación del diagrama

La pregunta **¿cómo ... ?** Es la inversa de la pregunta **¿por qué ... ?**; consecuencia es la inversa de la causa. El paso final en la preparación del diagrama FAST es verificar que esta regla inversa no sea violada.

Este paso se lleva a cabo de derecha a izquierda de cada uno de los elementos del diagrama, preguntando **¿por qué desarrolla el producto o proceso esta función?**, si la función inmediata de la izquierda responde la pregunta, el diagrama es válido. Si no, corrija las relaciones **¿cómo? ¿por qué?** del diagrama y finalmente; **Paso 8. Agregar líneas y números** correspondientes.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DE UNA LAVADORA DE CAJAS Y BOTELLAS DE REFRESCO

4.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrolla el diseño de una lavadora de cajas y botellas de refresco aplicando el Método de Ingeniería Inversa y la técnica FAST, que es el centro del Método del Análisis del Valor.

Partiendo de un diseño previo, fue necesario obtener todos los datos técnicos que pudieran ser utilizados para el nuevo diseño. Algunos de éstos, fueron facilitados por parte de Industrias Ersi-Quim SA de CV, quien patrocina dicho trabajo. Otros, fueron obtenidos y corroborados mediante visitas que se hicieron a empresas productoras de refresco, algunos de ellos son:

- *Material del que está construida la máquina*
- *Dimensiones geométricas*
- *Procedimientos para el proceso de lavado*
- *Movimientos principales, relativos y mecanismos*

Es importante mencionar que el Método de Ingeniería Inversa se utilizó sólo hasta aquí, en el presente trabajo, ya que su finalidad es recuperar la cantidad necesaria de datos técnicos para poder manufacturar el producto en estudio.

Para realizar el diseño o rediseño de la lavadora de cajas y botellas de refresco se utilizó el Método del Análisis del Valor, específicamente la Técnica FAST, la cual consiste en proporcionar una función específica al menor costo posible de cada componente de la máquina.

El objetivo de la Técnica del Análisis del Valor es dar al usuario o cliente las funciones, procesos o máquinas que requiere a un costo mínimo.

4.2. METODOLOGÍA

Análisis Preliminar

4.2.1. Información proporcionada

Como se mencionó anteriormente, una parte de los datos obtenidos en esta fase, fueron proporcionados por Industrias Ersi-Quim SA de CV, a saber:

algunos esquemas, capacidad de lavado de la máquina, datos de uso y de mantenimiento.

❖ Datos de uso y de mantenimiento

Esta lavadora se utiliza todos los días solo un turno y tiene la capacidad de lavar 20 cajas por hora

El material del que está construida es completamente de acero al carbono (1018) recubierta con resinas y fibra de vidrio y terminado con esmalte epóxico.

Otros datos adicionales a estos, es una lista muy austera de material y componentes utilizados en la fabricación de la misma.

- ◆ Lámina negra calibre 18
- ◆ 1 par de chumaceras marca SKF de 2 ½"
- ◆ Solera de acero al carbono de 2" x ¼"
- ◆ Ángulo estructural de 2" X 2" X ¼"
- ◆ Fibra de vidrio
- ◆ Esmalte epóxico
- ◆ Motor de 2 ½ HP
- ◆ Flecha de acero inoxidable de 2" de diámetro
- ◆ Tiempo de contacto entre la solución y la botella $T_c=45$ min.
- ◆ Sistema de reducción de velocidad
- ◆ Catarinas, cadena para la transmisión
- ◆ Válvula de desagüe
- ◆ Solución de limpieza a base de ácidos minerales, inhibidores de corrosión y tensoactivos
- ◆ Velocidad angular a la que gira la rueda, $W= 2$ rad/seg

El costo unitario de una lavadora de botellas de refresco de este tipo es de \$65,000 pesos.

4.2.2. Información generada

Mediante las visitas realizadas fue posible la generación de datos técnicos, adicionales a los proporcionados por dicha compañía, así como corroborar que en general todas las máquinas que realizan el proceso de lavado de botellas tienen las siguientes características:

❖ Material del que está construida la máquina

Todas las máquinas empleadas para este proceso están construidas de acero al carbono (1018) y forradas con fibra de vidrio, a excepción de una máquina que está construida de acero inoxidable y se encuentra ubicada en Planta Clavería, Pepsi; Azcapotzalco D.F. Figura 4.1.



FIGURA 4.1. Lavadora de botellas construida de acero inoxidable

❖ Dimensiones

En general esta información no puede ser medida en estas máquinas, puesto que no es permitido por las empresas.

Más aún, la capacidad de lavado de cada una de éstas, permite analizar y generar el tamaño y características geométricas de las mismas.

De lo anterior se puede determinar el tamaño y sujeción para una caja con botellas de refresco.

Se sabe que el tamaño de una caja de botellas es estándar para cualquier tamaño de la botella, ya sea de 355 ml o ½ litro; y por lo tanto se tiene:

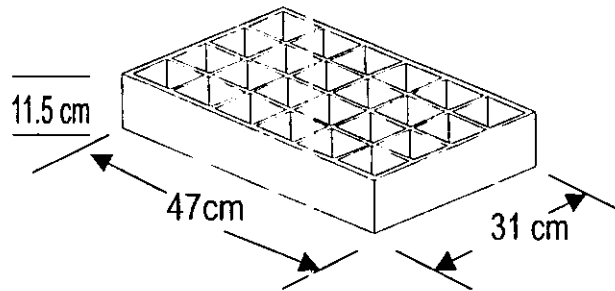


FIGURA 4.2. Dimensiones de la caja para botellas de refresco de vidrio

Por otra parte, las botellas tienen las siguientes dimensiones:

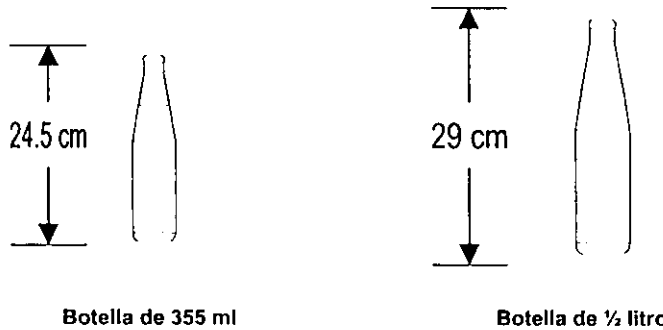
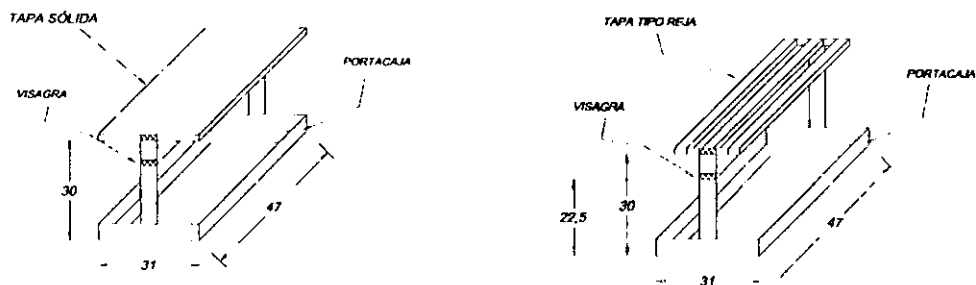


FIGURA 4.3. Dimensiones de las botellas de vidrio de 355 y 500 ml respectivamente

Entonces, el sistema de sujeción debe consistir de un mecanismo que sea capaz de contener a la caja con sus respectivas botellas. De aquí se tiene lo siguiente:



a) Portacajas con tapa sólida

b) Portacaja con tapa tipo reja

FIGURA 4.4. Diferentes tipos de portacajas

Para el caso de la figura (a); se coloca la caja, con sus 24 casquillo respectivamente sobre el portacajas y son sujetadas mediante una tapa sólida que tiene dos barras laterales, puede apreciarse en la figura que la distancia entre el portacajas y la tapa es precisamente la altura de una botella en específico.

Para el caso de la figura (b); se tiene un sistema similar, salvo que la tapa tipo rejilla, la cual consta de 3 barras sujetas a 2 laterales una soldada al portacajas y otra a la tapa en la que se tienen 2 bisagras cuya función es cambiar la colocación de la misma, esto en función del tamaño de la botella. También, la forma de la rejilla tiene la función de aprisionar al casquillo en su parte de mayor diámetro.

❖ **Procedimiento para el proceso de lavado**

Como se mencionó en el capítulo anterior, básicamente existen dos tipos diferentes de lavado para botella que se utilizan en la industria refresquera:

1. *Por inmersión y agitación*
2. *Mediante cerdas, manualmente*

Para el primer caso el proceso consiste en sumergir las botellas a una solución ácida limpiadora mediante cualquier mecanismo que sea capaz de producir agitación y contacto entre ésta y la botella.

Para el segundo, el proceso consiste en limpiar la botella mediante unas cerdas y ácido limpiador de manera casi manual.

De lo anterior se puede inferir una máquina con una determinada geometría en la que se combine a los componentes necesarios para realizar el proceso de lavado; solución de limpieza, mecanismo de agitación, cajas y botellas de refresco.

Si se quiere una máquina que pueda lavar 10 cajas, ej. se tiene un arreglo como el de la figura 4.5.

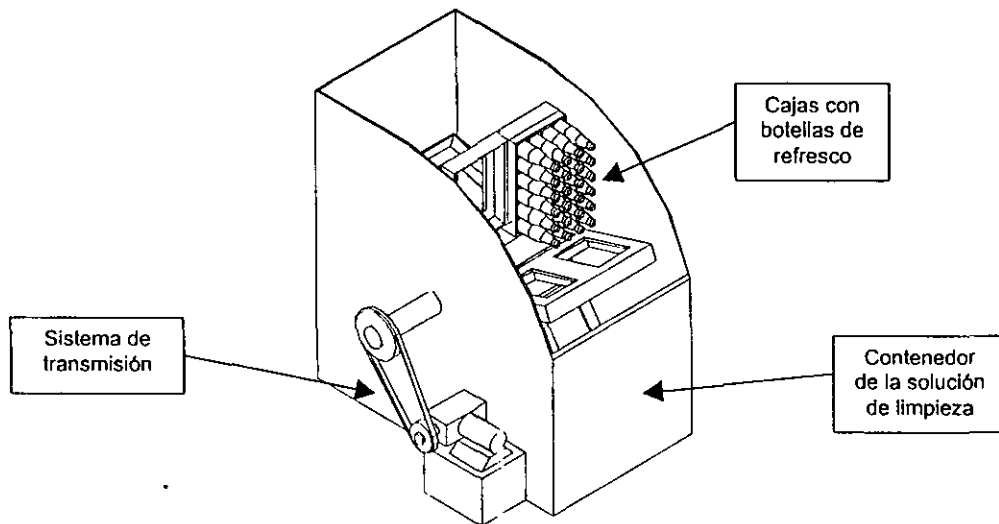


FIGURA 4.5. Lavadoras de cajas y botellas de refresco con capacidad para 10 cajas con sus respectivos casquillos

❖ **Movimientos principales relativos y mecanismos**

El movimiento principal de este mecanismo es el giro de la rueda en la que se colocan las cajas con sus botellas. Mediante este movimiento se logra el contacto de la solución de limpieza con las botellas, así también la agitación de la solución sobre las mismas.

Los tiempos de lavado y de contacto cuando la rueda gira a 2 rev/min son los siguientes:

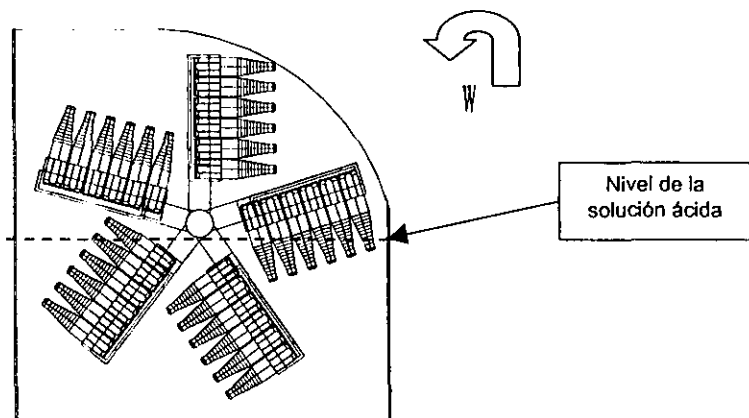


FIGURA 4.6. Tiempo de lavado, de llenado, de contacto y Sentido de giro de la máquina

Es claro que las botellas están en contacto con la solución de limpieza 15 segundos y los otros 15 que tarda para dar una vuelta son empleados para llenar y vaciar las botellas respectivamente.

El mecanismo principal de la máquina de la figura 4.6. es el sistema de transmisión de movimiento, el cual consta de un motor eléctrico acoplado a una serie de poleas.

❖ **Determinación del tipo de proyecto**

Como se mencionó en el capítulo anterior, el tipo de proyecto está en función de la cantidad de datos proporcionados u obtenidos por inspección visual, en consecuencia se puede decir que este proyecto es de tipo "mejora de producto"⁶.

Por otra parte y como consecuencia de lo dicho anteriormente se concluye o recomienda, de acuerdo con el proceso de Ingeniería Inversa, la fabricación del producto en este análisis. Sin embargo, para este caso en específico el proceso siguiente es rediseñar o diseñar esta máquina.

4.3. DISEÑO CONCEPTUAL

Para el rediseño de esta máquina se hace un diagrama FAST en donde se colocan todas las funciones del sistema, subsistema y elementos que componen dicha máquina. Para ello es importante recordar que este proceso toma muy en cuenta el punto de vista del usuario o cliente.

4.3.1. RESTRICCIONES O PUNTOS DE VISTA DEL USUARIO

1. Capacidad de la máquina; 30 cajas
2. Poder lavar distintos tamaños de cajas y botellas de refresco
3. Reducir tamaño de la máquina
4. Reducción de tiempos de lavado
5. Reducción de costos respecto a la máquina anterior
6. Fácil operación
7. Fácil transportación
8. Minimizar mantenimiento

Utilizando el principio de funcionamiento de lavado de las máquinas desarrolladas en el capítulo 2, además, tomando en cuenta las restricciones y elaborado el diagrama FAST se procede a realizar el nuevo diseño.

6. Ver fase 1 "Análisis Preliminar", inciso D) del capítulo anterior. Página número 28.

4.3.2. **DIAGRAMA FAST.** Este diagrama muestra las funciones requeridas para realizar el lavado de cajas y botellas de refresco.

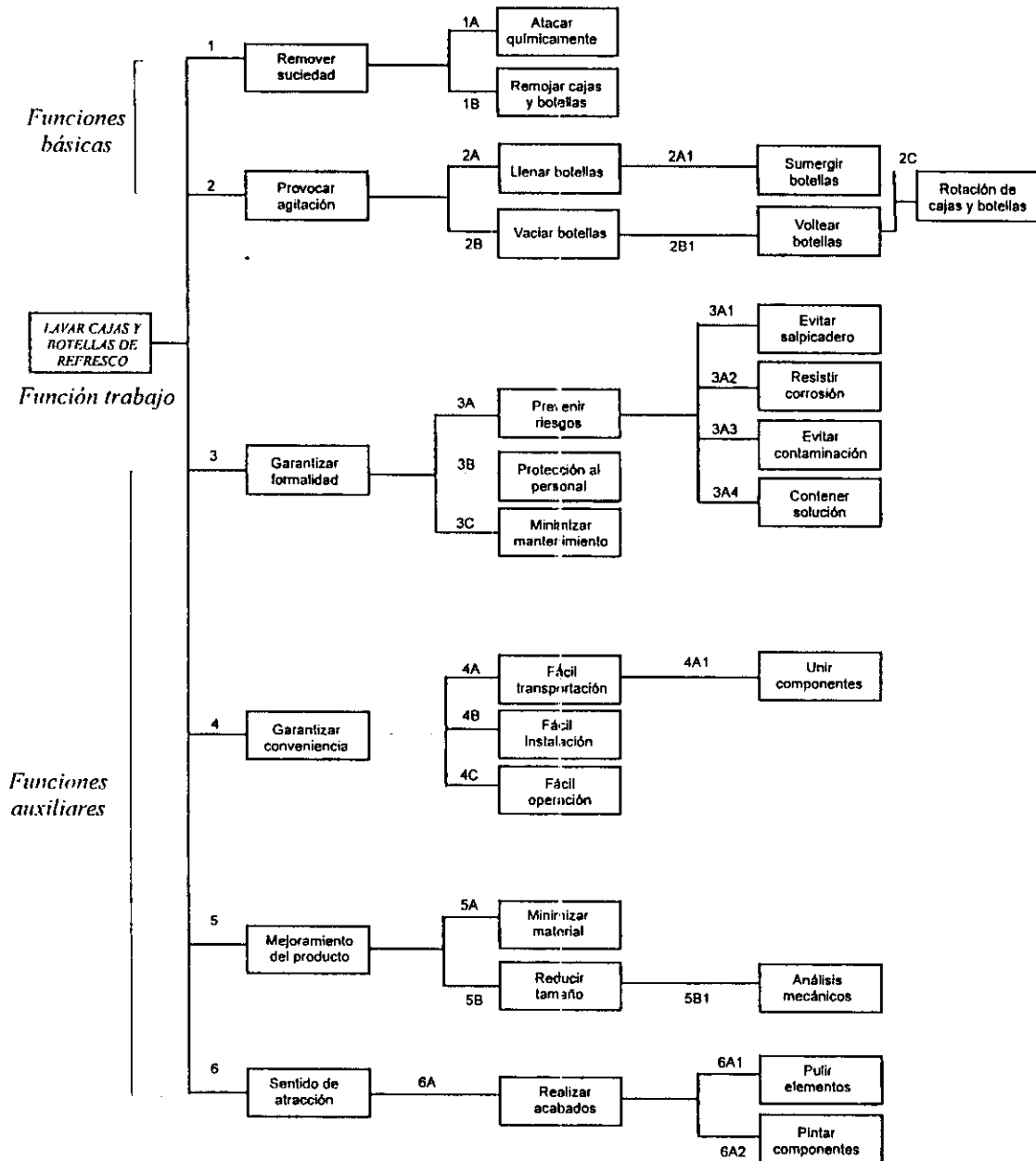


DIAGRAMA 4.1. Diagrama FAST para lavar cajas y botellas de refresco

4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO

Considerando las restricciones 1 y 2, capacidad de la máquina de 30 cajas y poder lavar distintos tamaños de cajas y botellas de refresco se plantea lo siguiente:

se sugiere utilizar ángulo estructural como base-soporte para las cajas

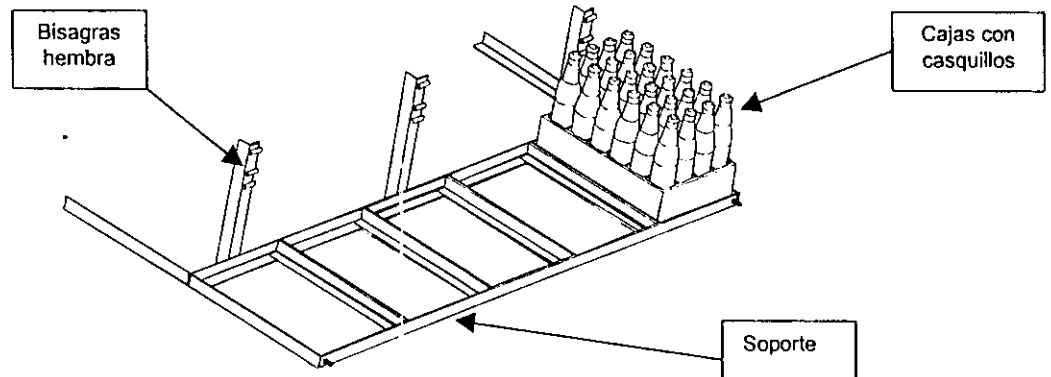


FIGURA 4.6. Base soporte para cajas de refresco

Para poder contener y lavar cajas y botellas de distinto tamaño se plantea la siguiente solución:

Se adapta el sistema anterior una tapa que sea capaz de sujetar a los envases y cajas cuando éstos estén en movimiento; figura 4.7.

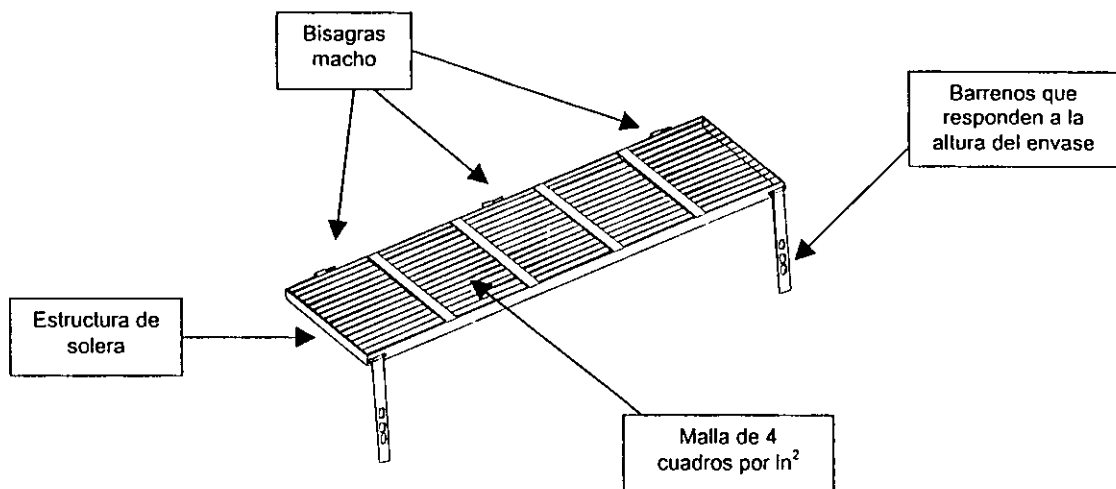


FIGURA 4.7. Componentes de la tapa-soporte de los casquillos de refresco

Esta tapa es colocada sobre la base-soporte mediante 3 ángulos estructurales a una altura que se determina por el tamaño de los envases; el dispositivo completo se muestra en la siguiente figura:

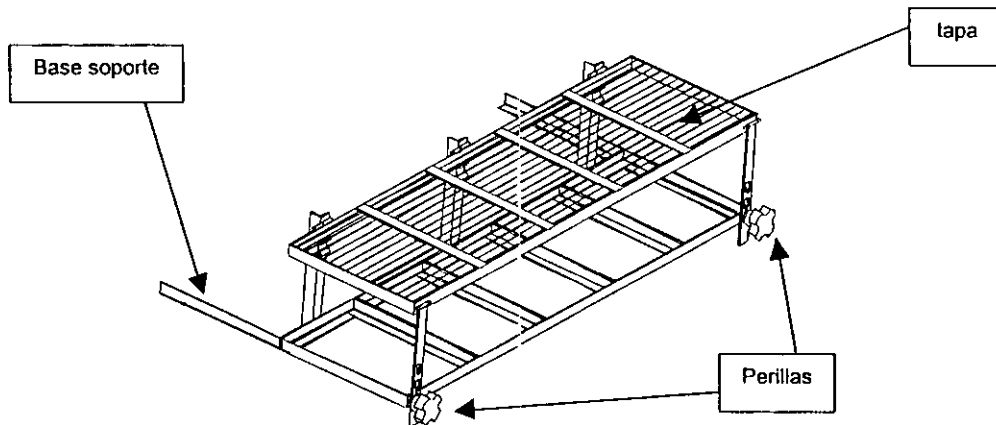


FIGURA 4.8. Sistema completo llamado "cangilón"
Este sistema es la unión de la base-soporte con la tapa.

Resuelto el problema anterior de esta manera; se genera un arreglo de 6 cangilones unidos a una flecha, con esto, se logra la capacidad requerida por el usuario, 30 cajas con sus respectivos envases.

Por otra parte se requiere de un contenedor en el que se deposite la solución, y de una estructura en la que se coloque al mismo. Por las características geométricas del arreglo se diseña al contenedor y a la base-estructura de la siguiente forma:

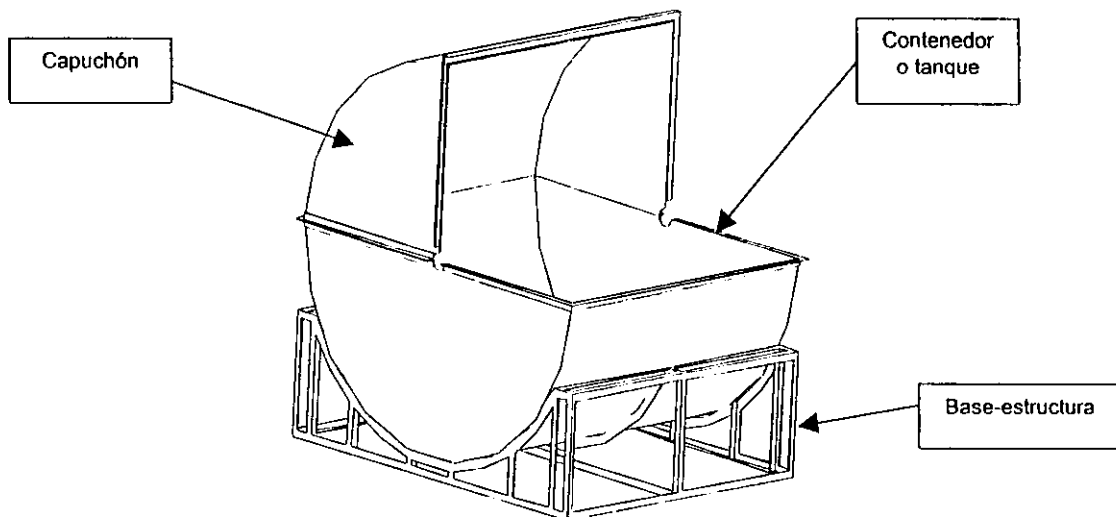


FIGURA 4.9. Base-estructura que soportará al tanque y esta a su vez al capuchón

Puede apreciarse en la figura anterior que se adapta un elemento adicional a los requeridos, por supuesto, éste tiene su justificación cuya función responde a tapar el salpicadero producido por la agitación del sistema. También se aprecia que el tanque no está en contacto directo con el piso, lo que permite pueda ser limpiado el área de la máquina. Cabe mencionar que en industrias como estas la limpieza se realiza mediante una manguera con agua a presión.

Finalmente se realiza el ensamble de todos los componentes diseñados y con ello se obtiene la geometría final de la máquina. Figura 4.10.

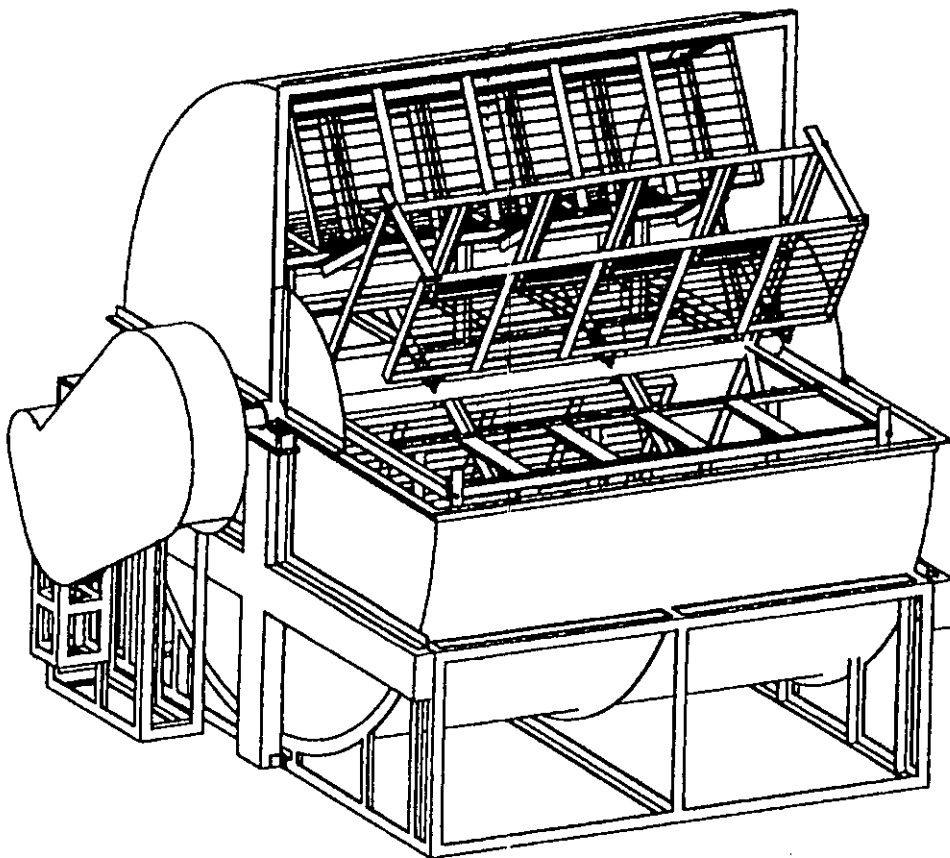


Figura 4.10. Isométrico de la Lavadora Tipo Industrial

4.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL

El material del que está construido cada uno de los elementos de la máquina es determinado por las condiciones o sollicitaciones en los cuales se está trabajando. De esta manera se procede a la selección de estos materiales.

Se sabe de antemano que el material que tenga contacto con la solución de limpieza va estar sometido a condiciones de ataque de tipo químico, es decir el material debe ser resistente a la corrosión.

La composición porcentual y propiedades físicas de la solución son las siguientes:

Ácido fosfórico ámbar 95 %

Surfacpol 9030 5 %

PH = 1

$\delta = 1.5 \text{ g/cm}^3$

Cabe mencionar que la solución de limpieza es diluida con agua para que ésta pueda ser empleada; la relación es de 5:1

Por otra parte la solución de surfacpol es un tensoactivo que tiene como función remover o diluir la suciedad sobre la botella ó propiamente dicho la tensión superficial de la misma. Esta solución tiene además, la propiedad de producir espuma cuando la mezcla final es agitada, esto, con la finalidad de evitar vaporizaciones.

Por lo tanto, para determinar el material a utilizar se proponen 3 diferentes tipos de aceros inoxidable, puesto que éstos cumplen con las dos sollicitaciones primordiales, a saber AISI 304, AISI 316, AISI 304L. Para esta discriminación se considero la propiedad de resistencia a la corrosión. Cabe mencionar que este tipo de aceros inoxidables pertenece a la clasificación de aceros inoxidables austeníticos y se sabe que son de mayor resistencia a la corrosión comparado con los de tipo martensítico y ferrítico⁸.

Dados los 3 diferentes materiales posibles de utilizar, se procede a realizar la selección del material más adecuado mediante una tabla de evaluación de parámetros, que son ponderables, una tabla de satisfacción y una matriz de decisión que en conjunto llevan a la determinación del mejor material⁹.

8. Robert H. Perry. "Biblioteca del Ingeniero Químico" Quinta Edición, Volumen VI, 1986. Pag. 23-18

9. G. Dieter; Engineering Design, A Materials And Processing Approach.

En esta tabla se compara cada uno de los parámetros uno a uno y se le asigna el valor de 1 al de mayor prioridad y el valor de 0 al de menor.

Tabla de evaluación de parámetros

| Parámetros | | | | | | | | | | Σ | Porcentaje |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|------------|
| Costo por Kg. | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | 1 | 10% |
| Disponición en el mercado | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | 4 | 40% |
| Corrosión | | 1 | | | 0 | | | 1 | 1 | 3 | 30% |
| Resistencia | | | 1 | | | 0 | | 0 | 0 | 1 | 10% |
| Soldable | | | | 0 | | | 0 | 0 | 1 | 1 | 10% |
| Suma total | | | | | | | | | | 10 | 100% |

Tabla 4.1. Parámetros a evaluar. Estos parámetros se consideran como los más significativos para la selección del material en este caso

Para poder calificar a cada uno de los diferentes aceros se realiza una tabla de satisfacción tomando como referencia los parámetros indicados en la tabla anterior.

Tabla de satisfacción

| | | |
|------|---------------------------|--|
| 100% | Completa satisfacción | Objetivo satisfecho en todos sus aspectos |
| 90% | Satisfacción aceptable | Objetivo satisfecho en sus aspectos importantes |
| 75% | Satisfacción considerable | Objetivo satisfecho en la mayoría de sus aspectos |
| 50% | Satisfacción moderada | Punto intermedio entre la completa y nula satisfacción |
| 25% | Poca satisfacción | Satisface en menos de la mitad de los aspectos |
| 10% | Ninguna satisfacción | Objetivo no satisfecho |

Tabla 4.2. Matriz de satisfacción.

La selección de la alternativa más adecuada se realiza mediante una matriz de decisión tomando como base los parámetros de la tabla 4.1. Se evaluaron los parámetros en cada alternativa asignándoles una calificación según la tabla 4.2 y después se multiplicó dicha calificación por su respectivo valor porcentual. En la tabla 4.3. se presentan los resultados.

Matriz de decisión

| PARAMETROS | A.I. AISI 304 | | A.I. AISI 316 | | AISI 304L | |
|---------------------------|----------------------|----|----------------------|-----|------------------|-----|
| Costo por Kg | 0.10 x 90 | 9 | 0.10 x 75 | 7.5 | 0.10 x 50 | 50 |
| Disposición en el mercado | 0.40 x 100 | 40 | 0.40 x 90 | 36 | 0.40 x 75 | 75 |
| Corrosión | 0.30 x 100 | 30 | 0.30 x 100 | 30 | 0.30 x 100 | 100 |
| Resistencia | 0.10 x 100 | 10 | 0.10 x 100 | 10 | 0.10 x 100 | 100 |
| Soldable | 0.10 x 90 | 9 | 0.10 x 90 | 9 | 0.10 x 100 | 100 |
| total | 98% | | 92.5% | | 85% | |

Tabla 4.3 Matriz de decisión.

De la tabla anterior se determina que el acero inoxidable AISI 304 cubre de mejor manera los parámetros evaluados y por lo tanto se concluye que ese es el que se utiliza. También es importante mencionar que en su defecto, los otros materiales pueden utilizarse, salvo la diferencia en costos y disposición en el mercado, puesto que son los factores que fueron determinantes.

Para los elementos que no están en contacto con la solución se determina sean de acero al carbono con la aplicación especial de un recubrimiento epóxico, tal es el caso de una pintura o esmalte.

Por otra parte es importante determinar mediante un análisis mecánico el diámetro de la flecha y cada una de los demás elementos. Tal análisis lleva a determinar que el diámetro de la flecha es 2 ½ ". El calibre de la lámina es 12, y los ángulos utilizados son de 1 ½ X 1 ½ X 5/32". Ver anexo A.

4.6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS ENTRE EL DISEÑO INICIAL Y EL NUEVO DISEÑO

Como se mencionó anteriormente el precio total de la máquina inicial era de \$65,000.00 M/N, cuando ésta fue vendida en 1992. Ahora, para realizar una comparación entre ésta y el nuevo diseño se calcula los costos de fabricación de ambas tomando como referencia los costos actuales. Con esto se puede remarcar las diferencias entre cada una de ellas.

4.6.1. Costos de fabricación de la máquina inicial

| PARTIDA | ELEMENTO | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|-------------------|---|-----------------------------|--------------------|
| 10 pzas | Lámina lisa de acero negro calibre 14 | \$345 | \$3450 |
| 10 pzas | Angulo de acero negro de 1 ½ x 1 ½ x ¼" | \$112 | \$1120 |
| 30 pzas | Soleras de 1 ½ x ¼" | \$64.4 | \$1932 |
| 1 pza | Flecha de Cold roled $\phi = 2"$ | \$690 | \$690 |
| 1 pza | Motorreductor Marca ABB | \$7500 | \$7500 |
| 1 jgo | Catarinas y cadenas Paso 60 | \$535 | \$535 |
| 1 par | Chumaceras marca SKF $\phi = 2"$ | \$485 | \$970 |
| 1 | Válvula de $\phi = 2"$, para desagüe | \$350 | \$350 |
| 12 pzas | Perillas de Nylamid | \$55 | \$660 |
| 30 jgos | Bisagras | \$8 | \$240 |
| 1 jgo | Control de Off-On con cables | \$750 | \$750 |
| 38 m ² | Fibra de vidrio con resina epóxica colada | \$250 m ² | \$9500 |
| 1 máquina por mes | Costo de manufactura | \$15000 | \$15000 |
| | | Costo de fabricación | \$42697 |
| | | Precio de venta | \$65,000 |

4.6.2. Costos de fabricación de la nueva máquina

| PARTIDA | ELEMENTO | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|-------------------|---|-----------------------------|------------------|
| 200 Kg. | Ángulo de A.I. | \$45 Kg | \$9000 |
| 100 kg | Solera de A.I. | \$35 Kg | \$3500 |
| 300 Kg | Lámina calibre 12 | \$45 Kg | \$13500 |
| 1 pza | Flecha de A.I. $\phi = 2 \frac{1}{2}$ " | \$2045 | \$2045 |
| 1 pza | Motorreductor Marca ABB | \$7500 | \$7500 |
| 1 jgo | Catarinas y cadenas Paso 60 | \$535 | \$535 |
| 1 par | Chumaceras marca SKF $\phi = 2 \frac{1}{2}$ " | \$535 | \$1070 |
| 30 pzas | Tornillos c/ tuerca de $\frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2}$ " | \$9.65 | \$289.5 |
| 1 | Válvula de A.I. $\phi = 2$ ", para desagüe | \$1235 | \$1235 |
| 12 pzas | Perillas de Nylamid | \$55 | \$660 |
| 30 jgos | Bisagras | \$16.5 | \$495 |
| 1 jgo | Control de Off-On con cables | \$750 | 750 |
| 1 máquina por mes | Costo de manufactura | \$15000 | \$15000 |
| | | Costo de fabricación | \$55579.5 |
| | | Precio de venta | \$75000 |

4.6.3. Cuadro comparativo del diseño inicial con el nuevo

| ELEMENTO | DISEÑO ANTERIOR | DISEÑO NUEVO |
|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Costo de fabricación | \$42,697 | \$55,579.5 |
| Precio de venta | \$65,000 | \$75,000 |
| Tiempo de vida | 2 años | 12 años |
| Mantenimiento | \$7,000 cada 6 meses* | \$200 cada 3 meses* |

* Para el diseño anterior incluye cambio de baleros, resane con fibra de vidrio y pintura, cambio de bandas para transmisión y mano de obra. Para el diseño nuevo consiste en engrasar y limpiar chumaceras y sistema de transmisión.

Por otra parte, para justificar el promedio de vida de esta máquina es necesario conocer el índice de corrosión o penetración de la solución sobre el material; para esto se tiene la siguiente formula:

$$\frac{\text{Pérdida de peso} \times 13.56}{(A)(T)(\rho)} = \text{mm/año}$$

donde:

13.56 es un factor de conversión

A = área de contacto con la solución en pulg²

T = tiempo en horas de exposición o contacto

ρ = densidad del material en g/cm³

esta es la fórmula general para determinar el índice de la corrosión; más aún existen tablas gráficas que muestran estos índices para distintas condiciones de operación.

En este caso muy particular el índice de corrosión es de 0.01 pulg/año. Ver anexo "T" tabla de índices de corrosión.

De aquí se puede calcular el tiempo de vida de la máquina:

$$0.01 \frac{\text{pulg}}{\text{año}} \left(\frac{25.4 \text{mm}}{\text{pulg}} \right) = 0.254 \frac{\text{mm}}{\text{año}}$$

por lo tanto:

$$\frac{3 \text{mm}}{0.254 \frac{\text{mm}}{\text{año}}} = 11.811 \text{años}$$

Por otra parte los costos de mantenimiento y de vida útil son totalmente distintos, pero no por esto se puede decidir cual de las dos es mejor. Para tal caso se hace un análisis mediante la técnica del valor presente, ya que ésta permite realizar dicho análisis.

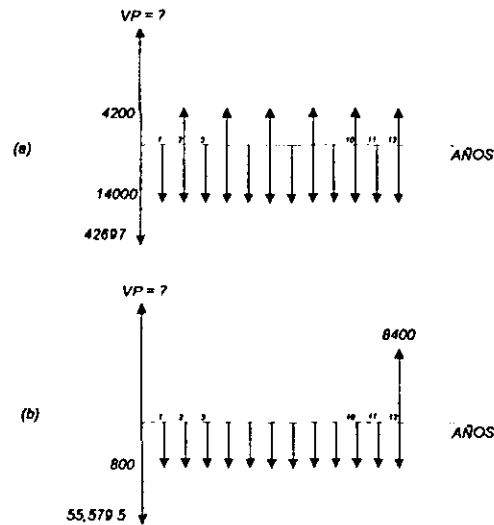
4.6.4. CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE

Características de cada máquina

| ELEMENTO | DISEÑO ANTERIOR | DISEÑO NUEVO |
|------------------------------|-----------------|--------------|
| Costo de fabricación | \$42,697.00 | \$55,579.50 |
| Costo de mantenimiento anual | \$14,000.00 | \$800.00 |
| Valor de salvamento | \$4,200.00 | \$8,400.00 |
| Vida útil, años | 2 | 12 |

Con estos datos se procede a realizar dicho análisis;

Nota: como las máquinas tienen distintas vidas útiles, puede compararse sobre la base del mínimo común múltiplo de años, es este caso 12 años¹⁰. Ver diagramas de flujos. Diagrama 4.2.



Diagramas de flujo para (a) máquina inicial y (b) nuevo diseño

Máquina anterior

$$VP = Ci + Ci(P/F,i,N_1) - Vs(P/F,i,N_1) + Ci(P/F,i,N_2) - Vs(P/F,i,N_2) + Ci(P/F,i,N_3) - Vs(P/F,i,N_3) + Ci(P/F,i,N_4) - Vs(P/F,i,N_4) + Ci(P/F,i,N_5) - Vs(P/F,i,N_5) - Vs(P/F,i,N_6) + Cm(P/A,i,N_6)$$

Donde:

VP = Valor presente

Ci = Costo inicial o inversión inicial

Vs = Valor de salvamento de la máquina

Cm = Costo de mantenimiento

(P/F,i,N_n) = Valor presente pago único

(P/A,i,N_n) = Valor presente serie uniforme;

i = tasa de interés con la que se está calculando en porciento

N_n = Numero de años hasta el periodo "n"

$$(P/F,i,N_n) = \left[\frac{1}{(1+i)^{N_n}} \right]$$

$$(P/A,i,N_n) = \left[\frac{(1+i)^{N_n} - 1}{i(1+i)^{N_n}} \right]$$

considerando, para ambos casos a la tasa de interés líder por año del día 16 de diciembre de 1998 igual a 16.25% ¹¹, se tiene:

$$(P/F, 16.25, 2) = 0.740$$

$$(P/F, 16.25, 4) = 0.548$$

$$(P/F, 16.25, 6) = 0.405$$

$$(P/F, 16.25, 8) = 0.300$$

$$(P/F, 16.25, 10) = 0.222$$

$$(P/F, 16.25, 12) = 0.164$$

$$(P/A, 16.25, 12) = 5.144$$

$$\begin{aligned} VP &= 42697 + 42697 (P/F, 10, 2) - 4200 (P/F, 10, 2) + 42697 (P/F, 10, 4) - 4200 (P/F, 10, 4) + \\ &42697 (P/F, 10, 6) - 4200 (P/F, 10, 6) + 42697 (P/F, 10, 8) - 4200 (P/F, 10, 8) + \\ &42697 (P/F, 10, 10) - 4200 (P/F, 10, 10) - 4200 (P/F, 10, 12) + 14000 (P/F, 10, 12) = \\ &= \mathbf{199,295.05} \end{aligned}$$

VP = 199,295.05 para la máquina inicial

Nuevo diseño

$$VP = Ci + Ci (P/F, i, N_1) - Vs (P/F, i, N_1) + CM (P/A, i, N_1)$$

$$VP = 55579.5 + 55579.5 (P/F, 10, 12) - 8400 (P/F, 10, 12) + 800 (P/A, 10, 12) \\ = 67432.13$$

| |
|---------------------------------------|
| $VP = 67432.13$ para la nueva máquina |
|---------------------------------------|

Por lo anterior se determina comprar o utilizar la máquina del diseño nuevo.

4.6.5. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN DE LA MÁQUINA.

Para determinar este tiempo se realiza una comparación de los costos de lavado con la lavadora de línea, compra de botellas nuevas contra la lavadora tipo industrial (nuevo diseño).

➤ Compra de botellas nuevas contra lavadora tipo industrial

Se sabe que el costo de la lavadora tipo industrial es de \$75,000 M/N y que la diferencia de lavar botellas con esta máquina contra comprar nuevas es \$0.30272 pesos/botella; por lo tanto se tiene:

| |
|---|
| $\frac{\text{Costo de la lavadora tipo industrial}}{\text{Ahorro por concepto de lavado entre la lavadora industrial y botellas nuevas}} = \text{Tiempo de recuperación}$ |
|---|

$$\frac{75000 \text{ pesos}}{0.30272 \frac{\text{pesos}}{\text{botella}}} = 247,754 \text{ botellas}$$

por lo tanto, se tiene:

$$247,754 \text{ botellas} \left(\frac{1 \text{ hora}}{720 \text{ botellas}} \right) = 344.10 \text{ horas}$$

por lo tanto utilizar esta máquina comparada con comprar botellas nuevas se pagaría en 15 días.

➤ **Uso de la lavadora de línea contra lavadora tipo industrial**

También se sabe que la diferencia de lavar botellas con entre la lavadora de línea y esta es \$0.01142 pesos/botella; por lo tanto se tiene:

$$\frac{75000 \text{ pesos}}{0.01142 \frac{\text{pesos}}{\text{botella}}} = 6,567,425.569 \text{ botellas}$$

por lo tanto, se tiene:

$$6,567,425.569 \text{ botellas} \left(\frac{1 \text{ hora}}{720 \text{ botellas}} \right) = 9121.42 \text{ horas}$$

por lo tanto el tiempo de recuperación de la inversión empleando esta máquina comparada con la lavadora de línea para tal proceso, es de 380.06 días.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Utilizar los métodos de Ingeniería Inversa e Ingeniería del Valor, en conjunto, permite desarrollar un producto, cualquiera que este sea, de gran calidad, con mucha rapidez y eficiencia y sobre todo cumplir con todas las expectativas del cliente.

La utilización de la Metodología de la Ingeniería Inversa, facilita la recopilación y generación de toda la información disponible de cualquier producto y con ello se reduce tiempo, costos y permite decidir si es factible la fabricación de un producto existente, o en definitiva, diseñar un producto nuevo.

El uso de la Ingeniería del Valor, en específico la Técnica FAST, simplifica el diseño o rediseño de un una máquina porque se analiza cada sistema, subsistema y elemento que lo componen mediante funciones que describen a cada uno de estos.

Realizar un Diagrama FAST desarrolla la creatividad con las preguntas que en él se plantean, puesto que se busca con éstas mejorar, efficientar y cubrir las exigencias del cliente; de esta manera se cae en la necesidad de idear nuevas soluciones que cumplan con la función o funciones requeridas.

El diseño de esta máquina sienta las bases para poder modificar la capacidad de las mismas en función de la cantidad de botellas que necesite lavar la industria refresquera.

Mediante el análisis comparativo de los costos entre el diseño inicial y el nuevo diseño, pudo observarse que en definitiva, es más factible económicamente, fabricar y comprar una máquina como la del nuevo diseño.

Utilizar el método de la Ingeniería Inversa y la del Análisis del Valor permitieron mejorar considerablemente el diseño inicial tanto geométricamente, desarrollo de funciones específicas como también económicamente.

RECOMENDACIONES

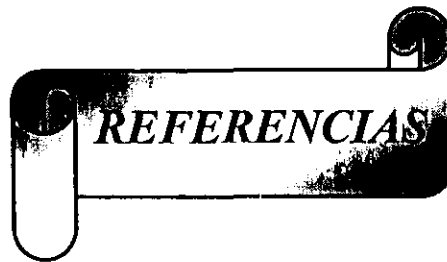
Puede ser factible la adaptación de un sistema totalmente automático a la máquina lavadora, que permita alimentar-retirar cajas y botellas y con ello evitar que el personal destinado a esta área sufra algún percance con la solución limpiadora.

La industria Embotelladora de Agua Purificada, requiere actualmente de lavadoras de garrafones para tal finalidad. Este trabajo es una base para el desarrollo de un nuevo diseño al respecto.

BENEFICIOS

Con este trabajo se resuelve el problema que tiene la industria productora de refresco para lavar cajas y botellas, tanto económico como de espacio en almacén y de contaminación ambiental.

Este trabajo permitió a Industrias Ersi-Quim S.A. de C.V. permanecer a la vanguardia sobre las demás compañías afines a esta área. Además incrementar su ubicación y prestigio dentro de este mercado.



REFERENCIAS

- Theodore C. Fowler. **"Value Analysis in Design"**
Competitive Manufacturing Series
Editorial, Van Nostrand Reinhold, 1990
- Lawrence D. Miles. **"Techniques of value analysis and engineering"**
Second Edition, Editorial Mc Graw Hill, 1972
- Dieter E. George. **"Engineering Design"**
A Materials and Processing Approach
International Student Edition
Editorial Mc Graw Hill, 1983
- Jacobo V. Hugo. **"Ingeniería Inversa en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería. U. N. A. M."**
Tesis, Marzo 1998.
- Kwok Wai-Lun. **"Reverse Engineering"**
Extracting CAD data from existing parts
Mechanical Engineering, Marzo 1991
- Army FCIM, **"Intro to Reverse Engineering"**
1996
- Wood Kristin, L. **"Reverse Engineering Design"**
University of Texas at Austin, 1995
- Robert H. Perry. **"Biblioteca del Ingeniero Químico"**
Quinta Edición, Volumen VI
Editorial Mc Graw Hill, 1986

- Warren J. Luzadder. **“Fundamentos de Dibujo en Ingeniería”**
Con una introducción a las gráficas por computadora interactiva para diseño y producción
 Editorial, Prentice-Hall; Novena edición; 1992
- Shigley J. Edward. **“Diseño en Ingeniería Mecánica”**
 Quinta edición; Editorial Mc Graw Hill, 1990.
- Ferdinand P. Beer, **“Mecánica Vectorial para Ingenieros, Estática”**
 Quinta Edición, Editorial Mc Graw Hill, 1990
- Burgos Z. **“Manual de Normas Técnicas”**
 UNAM, 1994
- Anthony J. Tarquin **“Ingeniería Económica”**
 Tercera Edición, Editorial Mc Graw Hill, 1992
- H. G. Thuesen **“Ingeniería Económica”**
 Editorial Prentice Hall, 1986
- Jiménez L. Eusebio **“Las Ecuaciones de Forma en la Planeación de**
 Reyes A. Luis **Procesos”**
 Universidad Nacional Autónoma de México – Desarrollo e Integración Tecnológica y Asesoría en investigación UNAM - DITAI
- “Bebidas Mexicanas”**
La revista profesional para el fabricante de bebidas en México
Edición especial dedicada a jugos y otras bebidas de frutas
- “Industria Alimentaria”**
 Órgano Independiente de Difusión Tecnológica para Colección y Consulta
 Edición dedicada al equipo y maquinaria para procesar y envasar alimentos

ANEXO A

CÁCULOS MECÁNICOS

ANEXO "A"

CÁLCULOS MECÁNICOS

Cálculo de la flecha:

Para calcular el diámetro de la flecha se utiliza la Teoría del Esfuerzo Cortante Máximo; para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} (M^2 + T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

donde:

- n = factor de seguridad
- S_y = resistencia de fluencia
- M = momento flexionante
- T = momento de torsión

Dado de esta manera los valores a terminar son el momento flexionante "M" y el momento de torsión "T".

Para determinar el momento flexionante, se tiene lo siguiente;

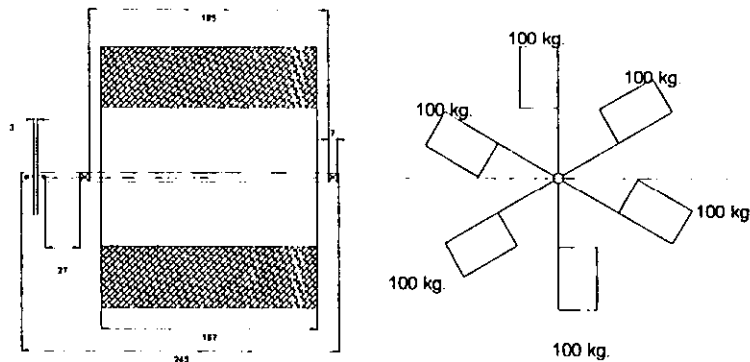
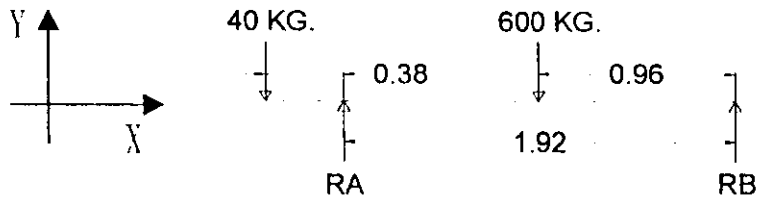


Figura AC1. Diagrama en que se muestra los pesos que actúan sobre la flecha

En la figura AC1 se muestra el peso que tiene que soportar la flecha. Para este caso 100 Kg es la suma los pesos de 5 cajas con botellas de refresco con líquido; es decir cada caja pesa 20 Kg

Diagrama de cuerpo libre



Nota: Las acotaciones están en metros

Realizando suma de fuerzas en "Y", se tiene;

$$RA + Rb - 40 - 600 = 0$$

$$RA = 600 + 40 - RB$$

Haciendo suma de momentos en "A", se tiene;

$$-(600)(0.96) + (RB)(1.92) + (40)(0.38) = 0$$

$$RB = \frac{(-40)(0.38) + (600)(0.96)}{1.92} = 292.083 \text{ Kg}$$

$$RB = (292.083)(9.81) = 2865.33 \text{ N}$$

$$RA = 600 + 40 - RB$$

$$RA = 640 - 292.083 = 347.91 \text{ Kg.}$$

$$RA = (347.91)(9.81) = 3413 \text{ N}$$

Para realizar el diagrama de cortante y de momentos flexionantes se realiza cortes imaginarios al diagrama de cuerpo libre y en éstos se sustituye por un momento flexionante y fuerza cortante con los cuales se mantiene en equilibrio estático a la flecha.

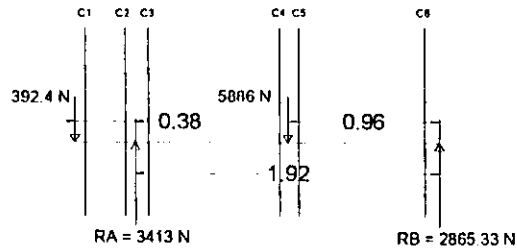
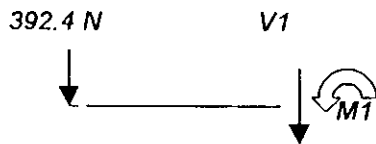


Figura AC2. Diagrama de Cuerpo Libre en donde se muestran las secciones de corte para análisis

CORTE 1



Haciendo suma de fuerzas en "Y", se tiene;

$$V1 = 392.4 \text{ N}$$

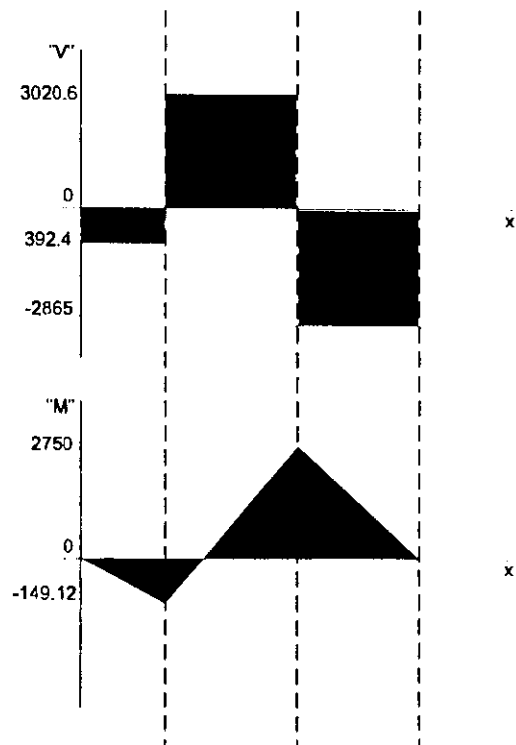
Haciendo suma de momentos en "A", se tiene;

$$M1 = 0$$

Siguiendo el mismo procedimiento para los demás cortes o secciones se llega a los siguientes resultados:

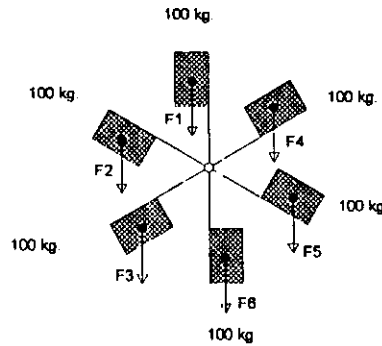
| | |
|---------------------------|----------------------------|
| $V2 = -392.4 \text{ N}$ | $M2 = -149.112 \text{ Nm}$ |
| $V3 = 3020.6 \text{ N}$ | $M3 = -149.112 \text{ Nm}$ |
| $V4 = 3020.6 \text{ N}$ | $M4 = 2750.66 \text{ Nm}$ |
| $V5 = 3020.6 \text{ N}$ | $M5 = 2750.66 \text{ Nm}$ |
| $V6 = -2865.33 \text{ N}$ | $M6 = 0$ |

Por lo tanto los diagramas de cortantes y momentos flexionantes pueden dibujarse de la siguiente manera



Por otra parte, para calcular el momento torsionante se realiza un análisis de los momentos torsionantes a los que puede estar sometida la flecha.

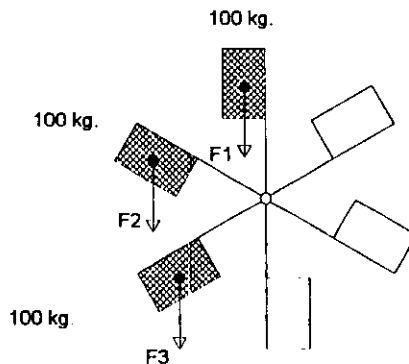
Por un lado como el arreglo está totalmente balanceado, es decir:



Se observa que los momentos producidos por las fuerzas F1, F2, y F3 son equilibrados con los de las fuerzas F4, F5 y F6, por esto es que se encuentra en equilibrio rotatorio.

Esto ocurre solo cuando está totalmente llena o cargada la máquina; sin embargo puede pensarse que cuando se está cargando a la máquina existirán momentos torsionantes no equilibrados.

El momento torsionante máximo se tiene cuando solo tiene la mitad de los cangilones cargados, es decir:



La distancia del centro de la flecha al centro de la F1, F2 y F3 son 20cm, 85cm y 85cm respectivamente.

Por lo tanto el momento torsional máximo es:
 $M_1 + M_2 + M_3 = M_{total\ máx.}$ entonces se tiene:
 $(0.2 + 0.85 + 0.85)(9.81)(100) = 1863.9\ Nm$

| |
|-------------------------------|
| $M_{total\ máx} = 1863.9\ Nm$ |
|-------------------------------|

Ya conocidos "M" y "T" y considerando un "n" de 1.2, se tiene:

$$d = \left[\frac{32n}{\pi S_y} (M^2 + T^2)^{1/2} \right]^{1/3} =$$

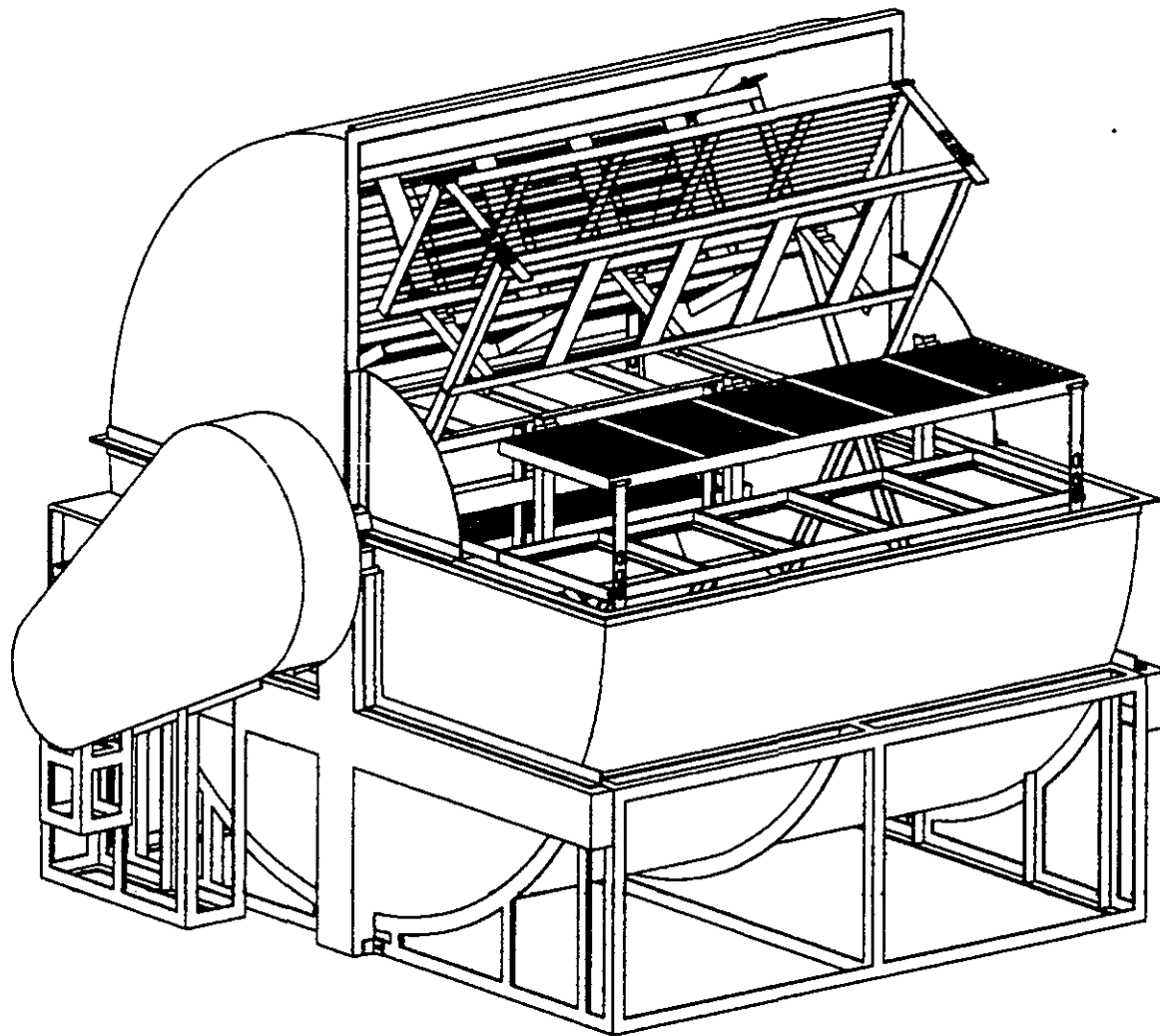
$$d = \left[\frac{(32)(1.2)}{\pi(276 \times 10^6)} (2750^2 + 1863.9^2)^{1/2} \right]^{1/3} = 0.0528m$$

$$0.0528 \left(\frac{1in}{0.0254m} \right) = 2.078in$$

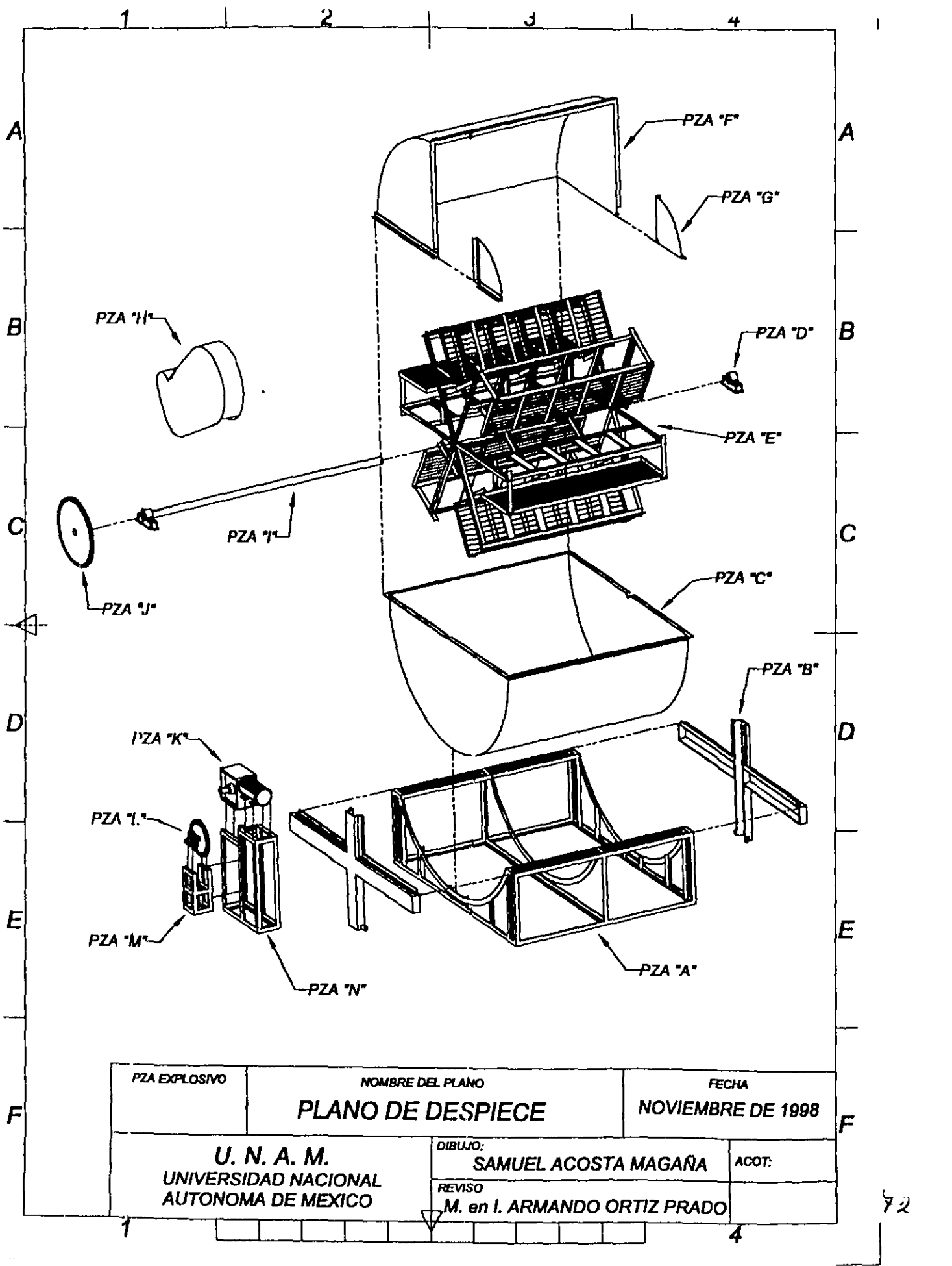
Por lo tanto se determina que el diámetro de la flecha es de 2 1/8 "

ANEXO B

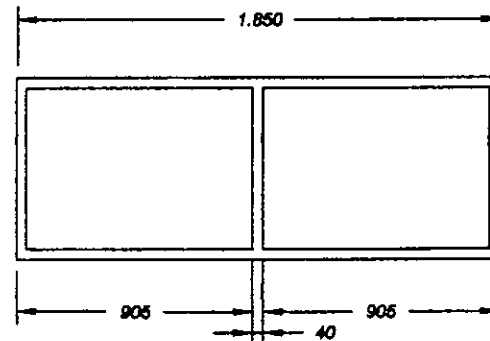
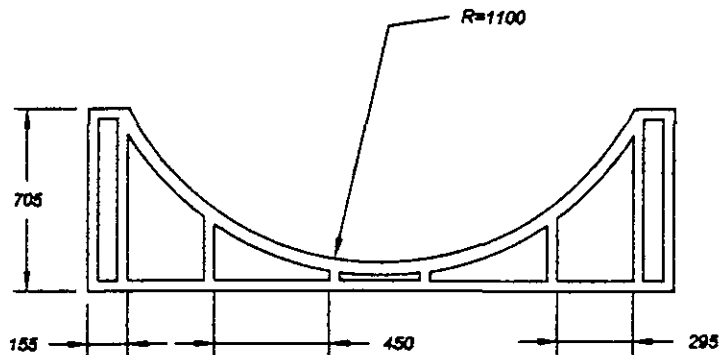
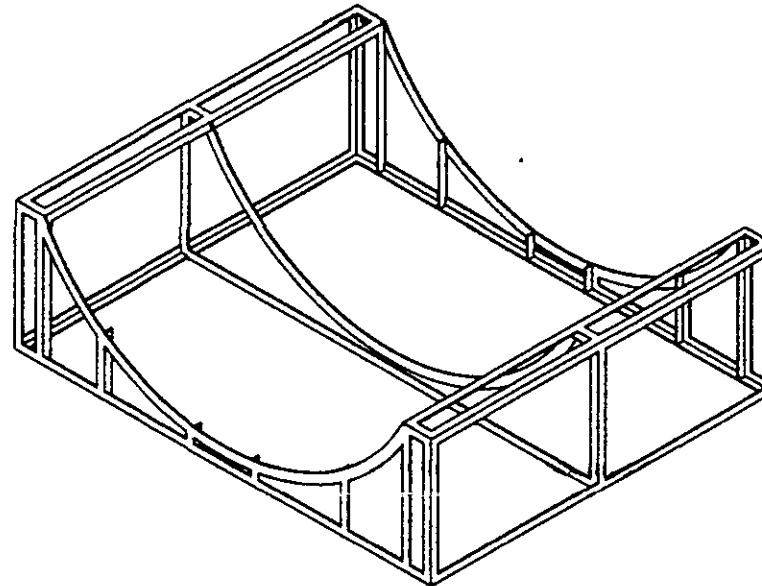
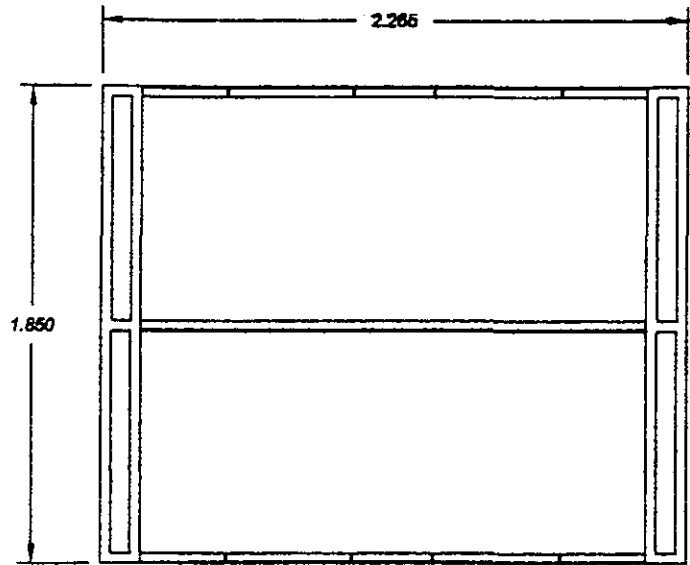
PLANOS **DE LA MÁQUINA**



| | | |
|--|--|--|
| PZA. EXPLOSIÓN: | NOMBRE DEL PLANO ISOMÉTRICO DE LA MLBR | FECHA: NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | | DIBUJÓ: SAMUEL ACOSTA MAGAÑA ACOT: REVISÓ: EL. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO TOL: |



| | | |
|--|---|-----------------------------------|
| PZA EXPLOSIVO | NOMBRE DEL PLANO PLANO DE DESPIECE | FECHA NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO | DIBUJO: SAMUEL ACOSTA MAGAÑA | ACOT: |
| | REVISO M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO | |



MATERIAL UTILIZADO

20m DE ÁNGULO ESTRUCTURAL
DE 1 1/2" x 1 1/2" x 3/32"
Ó 5 PZAS DE 6m

3 PZAS DE 2.965m
8 PZAS DE 1.850m
8 PZAS DE 0.705m
4 PZAS DE 0.360m
4 PZAS DE 0.150m

7.35m DE ÁNGULO ESTRUCTURAL
DE 1 1/2" x 1 1/2" DE 1/4"
Ó 2 PZAS DE 5m

3 ARCOS DE LONGITUD DE 2.450m

| | | |
|--|---|------------------------------------|
| PZA EXPLOSIVO PZA "A" | NOMBRE DEL PLANO BASE ESTRUCTURA | FECHA: NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | DIBUJÓ: SAMUEL ACOSTA MAGAÑA | ACOT: mm |
| | REVISÓ: M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO | TOL: (+,-) 2mm |

73

MATERIAL UTILIZADO

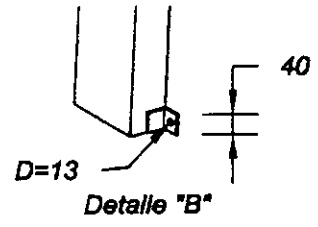
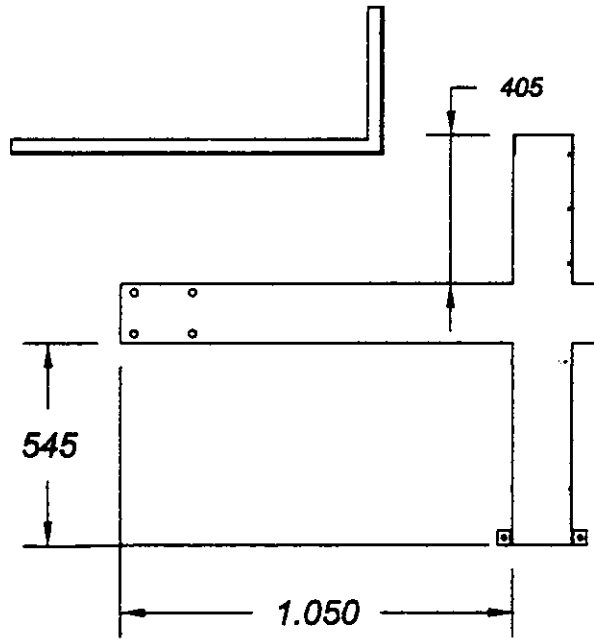
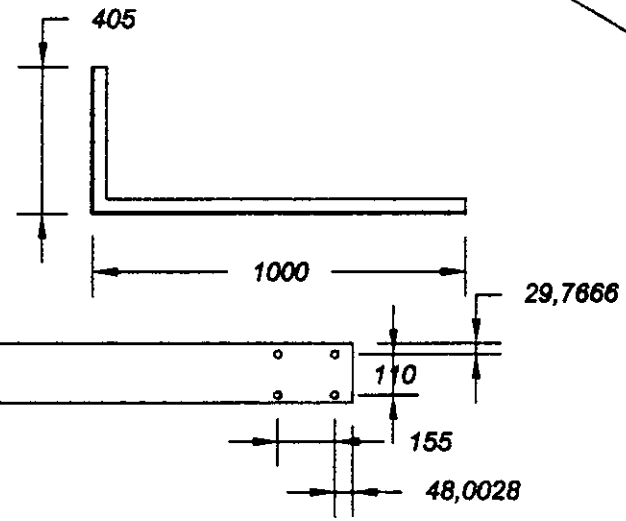
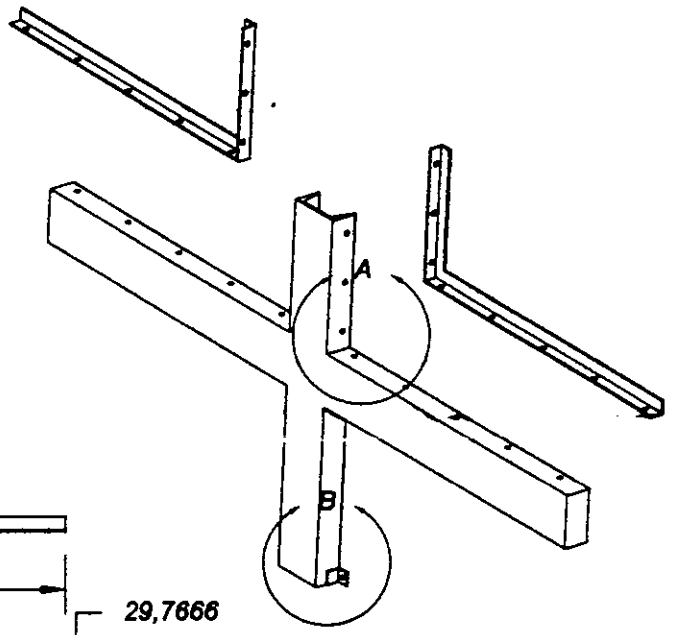
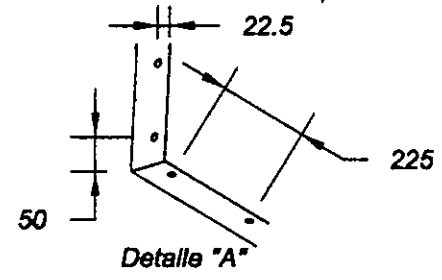
6.35 m DE VIGETA ESTRUCTURAL
TIPO "U" DE 6"

2 PZAS DE 2.26m
2 DE 0.405m
2 DE 0.545m

6m ÁNGULO DE ACERO
INOXIDABLE
TIPO AISI 304

4 PZAS DE 1m
4 PZAS DE 0.405m

Este material es para el par de
crucetas



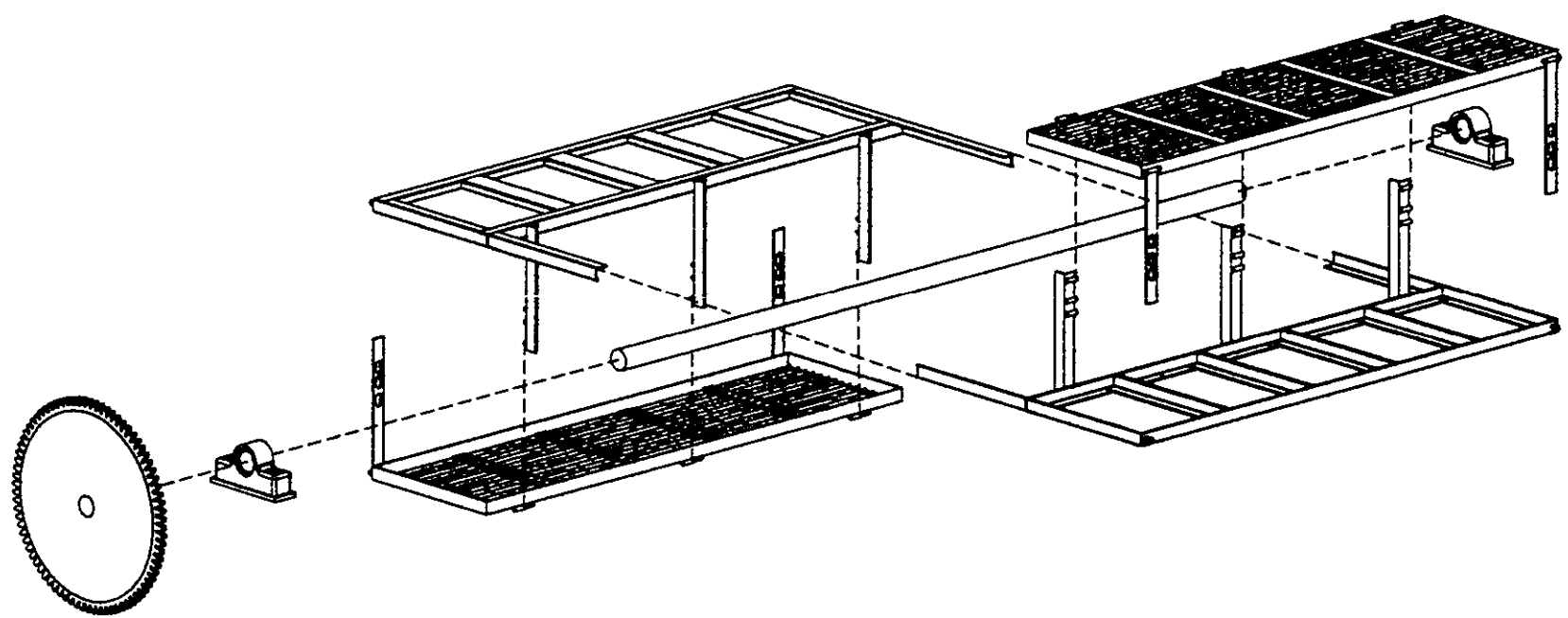
NOTA: Este detalle es de ángulo de
de 1 1/2 X 1 1/2 X 5/32" y es soldado a la base

NOTA: Todos los barrenos son de 1/2" de diámetro

| | | |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| PZA EXPLOSIVO: PZA "B" | NOMBRE DEL PLANO: CRUCETAS | FECHA: NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | | ACOT: mm |
| DIBUJÓ: SAMUEL ACOSTA MAGARA | | TEL: (+52) 223399 |
| REVISÓ: M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO | | |

1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

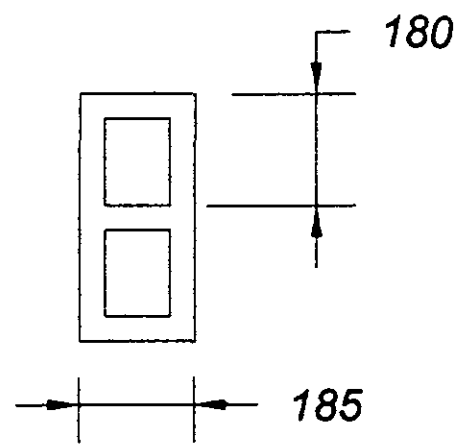
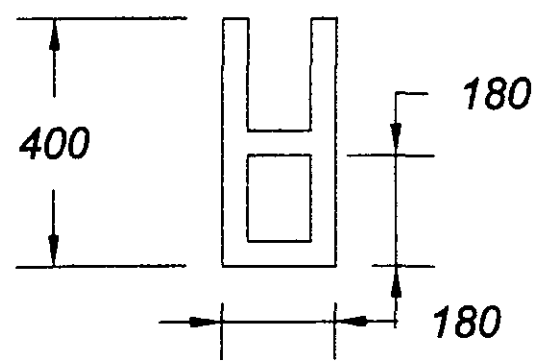
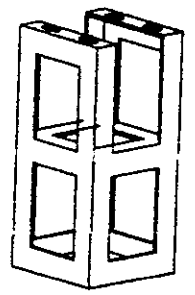
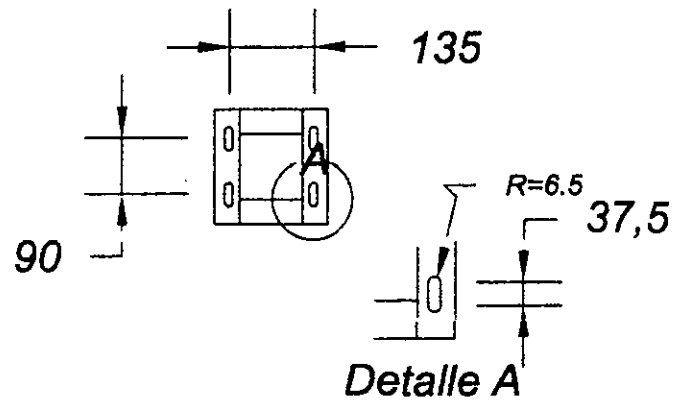
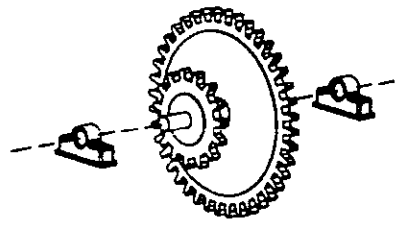
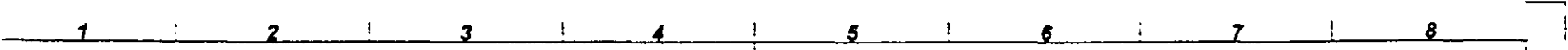


NOTAS:

- * LA CATARINA ES DE 95 DIENTES DE PASO 60
- * LAS CHUMACERAS SON DE 2 1/2"
- * EN ESTE PLANO DE DESPIECE SOLAMENTE SE MUESTRAN 2 ELEMENTOS DE BASE-SOPORTE Y TAPAS LOS OTROS 4, SE ENSAMBLAN DE MANERA SIMILAR CON SU RESPECTIVO DEFASAMIENTO DE 60 GRADOS

| | | |
|---|---|---|
| PZA. EXPLOSIVO PZA "E" | NOMBRE DEL PLANO DESPIECE DE LA PZA "E" | FECHA: NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | | DIBUJÓ: SAMUEL ACOSTA MAGARA ACOT: REVISÓ: M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO TOL: |

75



MATERIAL UTILIZADO

3.5m DE ÁNGULO ESTRUCTURAL DE 1 1/2 X 1 1/2 X 5/32"

4 PZAS DE 0.40m

4 PZAS DE 0.175m

4 PZAS DE 0.185m

1 CATARINA PASO 60 DE 40 DIENTES

1 CATARINA PASO 60 DE 12 DIENTES

1 PAR DE CHUMACERAS DE 1" DIÁMETRO

| | | |
|---|---|---|
| PZA. DIPLOMADO PZAS "M y L" | NOMBRE DEL PLANO BASE TRANSMISIÓN | FECHA: NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | | DIBUJÓ: SAMUEL ACOSTA MAGARA REVISÓ: M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO ACOT: [] TOL: [] |

A

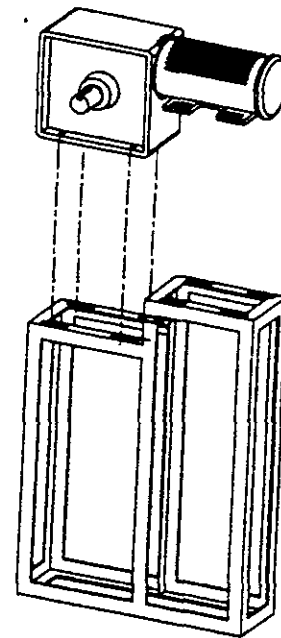
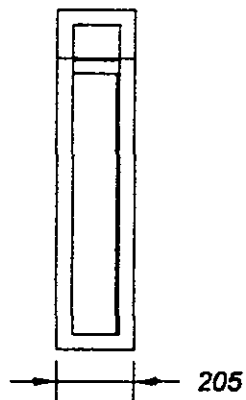
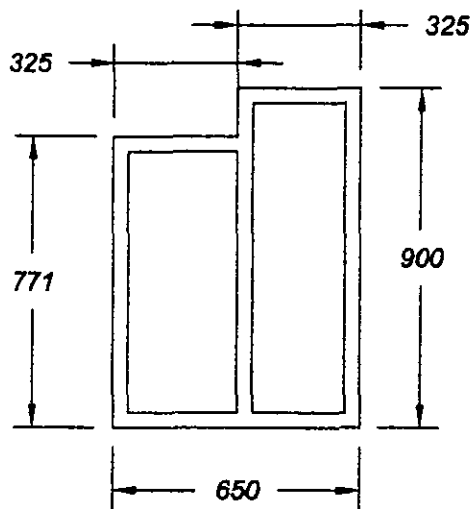
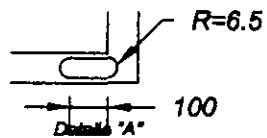
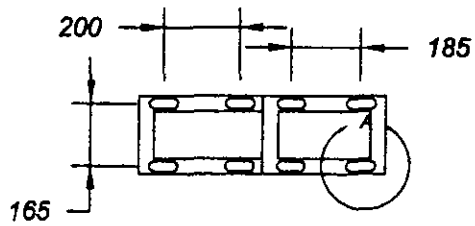
B

C

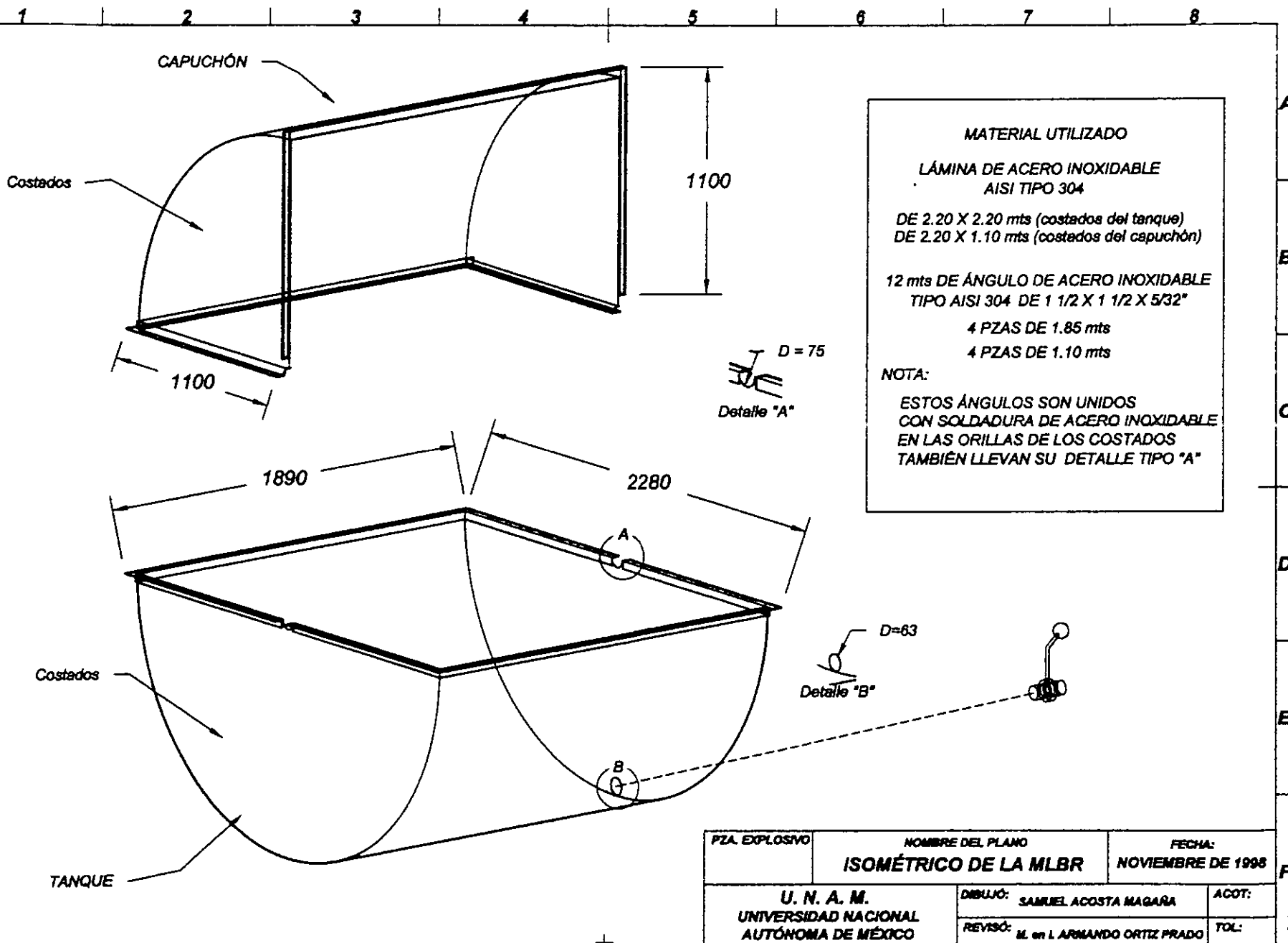
D

E

F



| | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------|
| PZA EXPLOSIVO PZA "N Y K" | NOMBRE DEL PLANO BASE DEL MOTOR | FECHA: NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | | ACOT: --- |
| DIBUJÓ: SAMUEL ACOSTA MAGAÑA | | TOL: P. 1 2 000 |
| REVISÓ: M. OR L. ARMANDO ORTIZ PRADO | | |



MATERIAL UTILIZADO

LÁMINA DE ACERO INOXIDABLE
AISI TIPO 304

DE 2.20 X 2.20 mts (costados del tanque)
DE 2.20 X 1.10 mts (costados del capuchón)

12 mts DE ÁNGULO DE ACERO INOXIDABLE
TIPO AISI 304 DE 1 1/2 X 1 1/2 X 5/32"

4 PZAS DE 1.85 mts
4 PZAS DE 1.10 mts

NOTA:
ESTOS ÁNGULOS SON UNIDOS
CON SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE
EN LAS ORILLAS DE LOS COSTADOS
TAMBIÉN LLEVAN SU DETALLE TIPO "A"

| | | |
|---|------------------------------|--------------------------|
| PZA. EXPLOSIVO | NOMBRE DEL PLANO | FECHA: |
| | ISOMÉTRICO DE LA MLBR | NOVIEMBRE DE 1998 |
| U. N. A. M. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO | | ACOT: |
| DIBUJO: SAMUEL ACOSTA MAGAÑA | | TOL: |
| REVISÓ: M. en I. ARMANDO ORTIZ PRADO | | |

ANEXO C

SECUENCIA *DE ENSAMBLE* *DE LA MÁQUINA*

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ANEXO "C"

SECUENCIA LÓGICA DE ENSAMBLE DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA

- El propósito de este anexo es dar una secuencia lógica de ensamble de las partes principales de la lavadora de cajas y botellas de refresco, y con esto, disminuir el tiempo de ensamble y en consecuencia el tiempo y costos de fabricación de la misma.

Para realizar la secuencia de ensamble, se toma como referencia el plano de despiece de la máquina. Anexo "B".

Agrupando a los elementos o piezas que pueden ser ensamblados de manera independiente de los demás, se tiene:

Agrupación de los elementos en partes principales de la máquina

| PARTE | PIEZAS O ELEMENTOS |
|---------|-----------------------|
| Parte 1 | Piezas "N, M, K y L" |
| Parte 2 | Piezas "A, C, y B" |
| Parte 3 | Piezas "I, D, E, y J" |
| Parte 4 | Piezas "F y G" |
| Parte 5 | Piezas "H" |

Tabla C.1. Agrupación de las piezas en partes del plano de despiece. Anexo "B"

Con esta agrupación se reduce el número de secuencias de ensamble de la máquina reduciendo de 14! a 5!. Cabe mencionar que el número de secuencias o formas de ensamble de cualquier geometría es calculado con la fórmula ^{C1}:

$N!$ = No de secuencias de ensamble

donde: N = número de partes o elementos que forman dicha geometría.

Realizada la clasificación anterior y descrita la fórmula del número de secuencias, se tiene, para este caso:

$$N! = 5! = 120$$

| Fam. de los 1 | Fam. de los 2 | Fam. de los 3 | Fam. de los 4 | Fam. de los 5 |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 12345 | 21345 | 31245 | 41235 | 51234 |
| 13245 | 23145 | 32145 | 42135 | 52134 |
| 14235 | 24135 | 34125 | 43215 | 53124 |
| . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . |

Tabla C.2. Número de secuencias posibles de ensamble para la máquina lavadora con 5 partes principales

Estas cifras de leen de la siguiente forma:

| | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| cifra 1 | cifra 2 | cifra 3 | cifra 4 | cifra 5 |
| 1 | 3 | 4 | 2 | 5 |

Tabla C.3. Forma de leer las secuencias de cifras

La cifra "1" indica que la parte 1 va ser ensamblada primero, después la cifra "2" indica que la segunda parte a ensamblar es la 3 y así sucesivamente con las demás cifras.

El segundo criterio de discriminación es el de la **forma final** de la geometría. Este criterio consiste en hacer una secuencia lógica que sea posible de realizar y que tenga como resultado la forma deseada.

De esta manera puede apreciarse que el grupo de secuencias de la familia 2 cumple con este criterio; por otra parte los demás grupos no cumplen, así por ejemplo, es claro que el grupo de la familia 5 no cumple; "como es posible ensamblar primero la guarda y después cualquier elemento que siga".

De esta forma reducimos nuestro número de secuencias de 5 familias a una familia, en este caso, la familia 2.

Familia de los "2":

21345
23145
24135
25134
.
.

Siguiendo el mismo criterio de discriminación, sólo que ahora considerando a la primera y segunda cifra se tiene que la secuencia de "2 3 - - -" cumple y las otras son descartadas.

De la misma manera pero ahora tomando 3 cifras se determina que la secuencia que cumple es:

2 3 4 1 5 ó 2 3 4 5 1

de esta forma se llega a dos secuencias lógicas de ensamble; cualquiera de éstas puede ser utilizada en el proceso de ensamble de los elementos principales de la máquina.

ANEXO D

TABLA DE **ÍNDICES DE CORROSIÓN**

