



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA.

FACULTAD DE INGENIERÍA.

**“SISTEMA DE LLENADO Y SELLADO
DE AMPOLLETAS PLÁSTICAS:
Evaluación de Sustentabilidad y Propuestas de Mejora”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA.

PRESENTA:
LEVARIO DÍAZ BRUNO

DIRECTOR DE TESIS: **Dr. MARCELO LÓPEZ
PARRA**



JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE:

Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich.

SECRETARIO:

Dr. Saúl Daniel Santillán Gutiérrez.

VOCAL:

Dr. Marcelo López Parra.

1^{ER} SUPLENTE:

Dr. Víctor Javier González Villela.

2^{DO} SUPLENTE:

M.I. Gustavo Olivares Guajardo.

TUTOR

Dr. Marcelo López Parra.

Firma

Índice:

1. Introducción

2. Objetivos.

3. Metodología

4. Caso de Estudio

5. Aplicación de D4S y Propuestas de mejora.

6. Discusión.

7. Conclusión.

8. Trabajo futuro.

9. Bibliografía.

Tema:

Análisis y evaluación sobre la sustentabilidad de los sistemas de llenado y sellado de ampollitas plásticas de una máquina llenadora y selladora de ampollitas (MLLyS).

Título:

“SISTEMA DE LLENADO Y SELLADO DE AMPOLLETAS PLÁSTICAS: Evaluación de Sustentabilidad y Propuestas de Mejora”

Planteamiento del problema:

El alcance dado por el desarrollo tecnológico en los países determina el tipo de economía y se convierte en factor estratégico de supervivencia e integridad nacional. Desde ya hace varias décadas el papel de nuestro país en el ámbito económico mundial es de una economía en desarrollo generada en gran medida por estar orientada a las exportaciones y que lamentablemente en la parte de generación de nuevas tecnologías para uso a favor de nuestro desenvolvimiento se ha visto frenado por diversas razones como la poca confianza y escasos recursos para generarlas, la copia e importación de tecnologías de otros países industrializados y la falta de centros de investigación que se dediquen exclusivamente a satisfacer los requerimientos tecnológicos que el sector industrial demanda. Precisamente uno de dichos centros se encuentra dentro de la UNAM, en la Facultad de Ingeniería, el cual desde su inicio tiene como objetivo impulsar el desarrollo tecnológico y científico, contribuyendo con la innovación de métodos y nuevas teorías de ingeniería. Hoy en día vivimos con un cambio en las prácticas de cómo y hacia donde enfocarnos para generar tecnologías limpias, reusables y renovables. Alrededor de los nuevos estatutos de diseño con implicaciones tecnológicas está el que todo lo que será diseñado deberá ser SUSTENTABLE. El diseño sustentable es el crear cosas vanguardistas sin perder de vista los factores económicos, sociales, ambientales y éticos en los que se utilizará. Justamente nuestro problema a resolver tiene que ver con qué tan sustentable es una máquina diseñada en la UNAM.

Origen del proyecto y objetivos:

Recientemente el CDMIT desarrolló el proyecto de diseño, construcción y pruebas de una máquina automática (3^{ra} Generación) para realizar el llenado y sellado de ampollitas de polietileno y PVC que contienen un líquido llamado Fermodyl. El trabajo es parte de un convenio de colaboración firmado entre la Facultad de Ingeniería de la UNAM y el Grupo Revlon-Colomer. La planta usuaria de la tecnología se encuentra ubicada en el municipio de Corregidora, Querétaro.

Objetivos: Evaluar la sustentabilidad de los sistemas de llenado y sellado de la tercera generación de máquina automática para el llenado y sellado de ampollitas.

Proponer mejoras de diseño sustentable a los sistemas de llenado y sellado que actualmente están en función.

1. Introducción.

En el periodo 1997-1998 se diseñó, se construyó y se puso en funcionamiento en el Centro de Diseño Mecánico y de Innovación Tecnológica (CDMIT) un sistema para el llenado y sellado de ampollitas contenedoras de líquidos para el tratamiento de cabello. El sistema está integrado por dos máquinas que trabajan con lotes de charolas de 105 ampollitas. Las máquinas están conformadas por una llenadora por medio de vacío y una mesa de trabajo denominada “Back-up” que sella las ampollitas en 2 pasos. Dichas máquinas están instaladas en serie y están acopladas para producir un flujo intermitente de ampollitas (ver figura 1). Esta fue la primera generación de máquinas llenadoras y selladoras aunque con el tiempo la demanda de los productos envasados creció y con ello la necesidad de generar una segunda generación de máquinas llenadoras y selladoras basadas ahora en un sistema semiautomático de sellado, ocupando las mismas llenadoras de vacío (ver figura 2). Este sistema demostró ser más productivo que la primera generación de máquinas. El problema fue que al ampliar la gama de productos que ofrece la empresa, la necesidad por desarrollar un nuevo método de llenado y sellado más eficiente llevó al desarrollo de la tercera generación de máquina llenadora y selladora. Esta tercera generación fue diseñada con un sistema tipo cabezal rotatorio que integra las dos operaciones de llenado y sellado (figura 3). La cualidad de este sistema es que no trabaja intermitentemente sino que su producción es de flujo continuo de ampollitas. El desarrollo del sistema de la tercera generación ha pasado por varias etapas de diseño y pruebas. En una primera etapa se construyó un mecanismo de llenado de ampollitas que utiliza cilindros neumáticos que accionan bombas de émbolo las cuales realizan la función de inyección de granel dentro de las ampollitas y el control volumétrico se hacía mediante la programación de un tiempo estimado para cada medida a ocupar ^[1]. En una segunda etapa se desarrolló un mecanismo de llenado integrado por una leva cilíndrica, seguidores y bombas tipo cilindro-émbolo (figura 3) ^[2]. No obstante las necesidades actuales de diseño y el interés mundial en diseñar sistemas que no dañen el medio ambiente tienden al ámbito sustentable y de diseño verde. Trabajos de diversas universidades de Estados Unidos y de Europa dan la pauta de cómo hacer de una necesidad cualquiera una solución basada en principios sustentables y que los ciclos del producto no sean terminados al acabar su vida útil sino que regresen de donde fueron tomados e idealmente rediseñar y adaptar para futuras adecuaciones. El presente trabajo surgió de la necesidad de estimar el nivel de sustentabilidad de esta tercera generación de máquina tomando como base la metodología propuesta en el manual “Diseño para la sostenibilidad” (D4S) escrito y publicado en conjunto por la Universidad DELFT y por la UNEP (United Nations Environment Programme) ^[3].

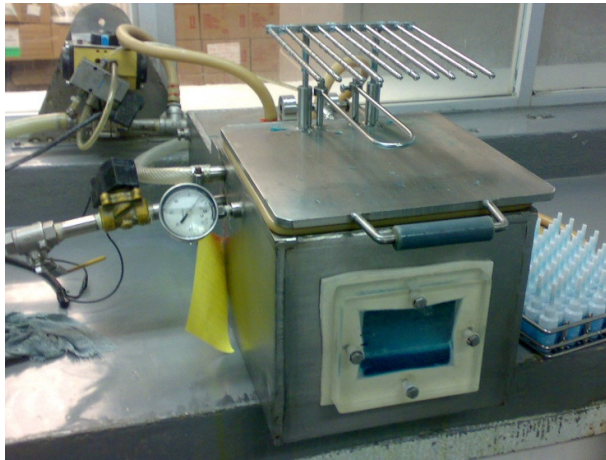


Fig. 1-a.



Fig. 1-b

Fig. 1.1 Primera generación de máquina llenadora (a) y selladora (b), 2 máquinas. Máquinas diseñadas en el CDMIT. Fotografías tomadas en la Planta de producción en su actual instalación.



Figura 1.2
Segunda generación de máquina selladora de ampolletas.
Máquinas diseñadas en el CDMIT. Fotografías tomadas en la
Planta de producción en su actual instalación.



Figura 1.3
Tercera generación de máquina llenadora y selladora.
Máquinas diseñadas en el CDMIT. Fotografías tomadas en la
Planta de producción en su actual instalación.

2. Objetivos.

El principal objetivo de este trabajo es realizar un análisis de sustentabilidad de la tercera generación de máquina llenadora y selladora de ampollas plásticas diseñada en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la UNAM (CDMIT) y que se encuentra en funcionamiento en la planta de Colomer México en la ciudad de Querétaro. Como herramienta para realizar el análisis se utilizará el manual “DISEÑO PARA LA SUSTENTABILIDAD - Un enfoque práctico para economías en desarrollo” editado por la UNEP en conjunto con la universidad DELFT ^[3].

Un objetivo personal es realizar una propuesta basada en los resultados obtenidos con el método D4S y se pueda realizar el rediseño.

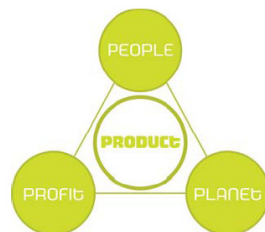


FIGURE 2 ___ PEOPLE, PROFIT, PLANET AND PRODUCT.



FIGURE 3: THE LIFE CYCLE OF A PRODUCT.

Figura 2.1 Imágenes tomadas del manual D4S ^[3].

3. Metodología.

La metodología que nos presenta el manual D4S ^[3] es una herramienta que nos sirve para diseñar un nuevo producto y como su título indica, está enfocado para empresas que se encuentran en países con economías en vías de desarrollo. Sus principales metas son mejorar la eficiencia y calidad del producto que se realizará sin perder de vista el mejoramiento ambiental dentro del cual se llevará a cabo. El realizar una evaluación previa de en donde nos encontramos y hacia donde queremos llegar nos ayuda a dimensionar la magnitud del problema y que con la guía del manual podremos superar esas adversidades y mejor aún contribuir a la reversión de las actuales tendencias negativas que se tiene al iniciar un proyecto de diseño innovador.

El Dr. Marcel Crul and Jan Carel Diehl, autores del manual, lo dividen en tres partes principales que son:

- ¿Qué es el D4S y por qué hacerlo?
- Cómo llevar a cabo el D4S en la práctica.
- Información de referencia sobre D4S.

Dentro de la primera parte presentan una introducción tanto al uso del manual como al concepto sustentable, los aspectos que conforman el diseño sustentable y su impacto en los factores social, económico y ambiental, un panorama más amplio sobre cuestiones de innovación de productos y los pasos a seguir desde su concepción hasta su generación. Es decir, nos da una referencia de cómo y hacia dónde debemos llegar si aplicamos el método para así obtener un producto innovador y sustentable.

La segunda parte es donde se mencionan los pasos a seguir durante el proceso de diseño. A su vez se divide en la parte de Evaluación de necesidades, Rediseño y Benchmarking. La parte de rediseño se divide en 10 pasos a seguir que van desde la formación del equipo encargado del proyecto hasta la implementación y su seguimiento. Además anexan hojas de trabajo (“worksheets”) para cada parte que serán utilizadas para dar sustento al método.

La tercera y última parte es sobre la información de referencia en la que nos podríamos apoyar, vienen algunos ejemplos de proyectos realizados por diversos países en conjunto con empresas tanto locales como foráneas. Basado en la búsqueda y análisis de trabajos publicados sobre el tema, el autor no encontró ejemplos de aplicación de la metodología objeto de este trabajo. Lo que también puedo apreciar es que no existe proyecto alguno desarrollado en México por lo que es una buena oportunidad de intentar la aplicación del D4S en nuestro país.

El Dr. M.R.M. Crul y J.C. Diehl diseñaron la evaluación basándose en 27 hojas de trabajo que se agrupan a su vez en 3 etapas principales:

WORKSHEETS accompanying Chapter 4	WORKSHEETS accompanying Chapter 5	WORKSHEETS accompanying Chapter 6
D4S NEEDS ASSESSMENT	D4S REDESIGN	D4S BENCHMARKING
N1> Project level..... 12	D4S Redesign worksheets..... 30	D4S Benchmarking worksheets..... 56
N2> Country benchmark statistics..... 13	R1> Creating the D4S team and planning the project.. 31	Light Version D4S Benchmarking "all-in-one" worksheet..... 57
N3> National level..... 14	R2> SWOT Matrix, drivers and goals for the company. 34	B1> Benchmarking objectives..... 59
N4> Selection of sectors..... 18	R3> Product selection..... 38	B2> Selection of products..... 61
N5> Analysis of the sector..... 19	R4> D4S drivers for the selected product..... 39	B3> Definition of a functional unit..... 62
N6> Selection of companies..... 22	R5> D4S Assessment..... 40	B4> Identification of focal areas for a benchmark. 63
N7> Company level..... 23	R6> D4S Strategy & Design Brief..... 44	B5> Definition of benchmark parameters..... 64
N8> Local product innovation and R&D clusters..... 25	R7> Idea generation and selection..... 46	B6a> Disassembly session..... 65
N9> D4S Action Plan..... 26	R8> Concept development and selection..... 50	B6b> Preliminary list of improvement options..... 69
	R9> D4S Evaluation..... 51	B7> Report of benchmark exercise data..... 70
		B8> Identification of improvement options..... 71
		B9> Evaluation and ranking of improvement options..... 73

Figura 3.1 Esquema de las 27 hojas de trabajo del manual D4S [3].

A continuación se describe brevemente el contenido de cada una de las hojas de trabajo.

N1: Se plantean los objetivos del proyecto, se identifican a los grupos beneficiados e involucrados con el proyecto y que tanta información del proyecto se manejará para con dichos grupos involucrados.

N2: En esta hoja se escogen 3 países para hacer benchmark y se obtienen datos económicos y sociales de los antes mencionados

N3: Se hace un análisis socio-económico del país local incluyendo datos como cantidad de exportaciones, principales actividades económicas, clasificación de sectores industriales y agrícolas, el nivel de desarrollo económico del país, clasificación de PyMES y sus principales actividades económicas.

N4: En este worksheet se realiza la selección de los sectores involucrados para el proyecto.

N5: Se analizan los sectores de la hoja N4 por medio de una matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) y se definen el tipo de mercado, diversificación de productos así como sus problemas actuales en ámbitos económicos, sociales y financieros.

N6: Se analizan los tipos de compañías existentes por sector, sólo algunos ejemplos.

N7: Según una clasificación propuesta por los autores se encasilla a la empresa en cuestión acorde a la capacidad tecnológica que esta tiene.

N8: Se investigan grupos de investigación y desarrollo (R&D's) e instituciones de educación superior que se puedan incorporar como consultores externos.

N9: Aquí se plasma el plan de acción que se tomará basándonos en un mapa mental propuesto.

R1: Se forma el equipo de trabajo y el plan de acción a ejecutar.

R2: Se pide llenar la matriz FODA de la compañía, identificar los controladores y metas de la empresa.

R3: Elegir el producto al que se le aplicará D4S.

R4: Se determinan por orden de importancia los controladores bajo los que se rige la empresa

R5: Se hace una evaluación basándonos en el tipo de función y tiempo de uso del producto, identificamos los criterios a ocupar para formar una matriz de impacto.

R6: Con base a los resultados obtenidos en la matriz de impacto se define la estrategia de diseño y una propuesta inicial.

R7: Se concentran las ideas generadas a partir del análisis de rediseño de la matriz de impacto y de los controladores y se clasifican dependiendo al grupo de mejora que pertenezcan.

R8: Aquí se realiza el concentrado de ideas para el desarrollo del primer concepto de mejora y se clasificarán acorde a los criterios de mejora sustentable.

R9: La evaluación del rediseño se compara contra el antiguo diseño basándonos en las hojas de trabajo R7 y R8.

B1: Se postulan los objetivos de hacer benchmarking acorde al producto escogido para hacer el D4S.

B2: Se seleccionan los productos a los que se les hará el benchmarking y se llenará una tabla propuesta.

B3: Se define la funcionalidad del producto acorde a su función hacia los usuarios y donde es implementado.

B4: Se identifican las áreas de impacto directo según una tabla propuesta.

B5: Se definen los parámetros del benchmarking tomando en cuenta las áreas de la hoja anterior B4.

B6: Se divide en dos hojas, la B6a es para ver cómo están compuestos los productos y se hace una sesión de desensamble. En la segunda, la hoja B6b se comenzará a recopilar las ideas de mejora con base a una clasificación propuesta.

B7: Se llena una tabla donde se hace un resumen del benchmarking hecho.

B8: Se anotan las opciones de mejoras sin perder de vista los factores evaluados en las hojas B6 y buscando alternativas de mejoras tecnológicas y de materiales.

B9: Se evalúan y califican las opciones de mejora propuestas con base a dos criterios, los BENEFICIOS y la VIABILIDAD para realizarlo.

4. Caso de Estudio.

Si bien la metodología D4S fue desarrollada con el objetivo de mejorar un producto desde el punto de vista sustentable y, como se observó en el contenido de cada una de las 27 hojas de trabajo, se incluye además una evaluación de la organización y país mismos (recursos humanos, entorno socio económico, benchmark). Por eso y dado que nuestro objeto de estudio es una máquina que se desea rediseñar para que sea más sustentable el autor de esta tesis selecciona sólo 13 hojas de trabajo en las que se estima se abordan los principales aspectos de diseño y sustentabilidad de la máquina.

La máquina llenadora y selladora de ampollitas de tercera generación se encuentra conformada dentro de un mismo gabinete (ver Fig. 3). Si separamos ambos sistemas podemos desglosar su funcionamiento. El cabezal de llenado, CLLA (Fig. 4.1.1) tiene como principios de funcionamiento la neumática y la mecánica, es decir, el llenado en su parte inicial se actúa por medio de válvulas (15) y pistones (16) al utilizar la neumática para realizar la parte de succión de granel hacia las bombas de llenado (10). La parte de inyección de granel dentro de la ampollita plástica se realiza mecánicamente ya que el volumen deseado se controla por medio de una leva (7) y ésta realiza el llenado final. El cabezal es de tipo rotatorio y aunado a esto la forma de actuar es intermitente. El funcionamiento comienza con el llenado del recipiente de alimentación (4) que está conectado a un contenedor de 1000 kilogramos de líquido a ocupar. Se hace pasar a través de una tubería con un filtro incluido para evitar que objetos grumosos y sólidos pasen y obstruyan válvulas de funcionamiento (2 y 3) o lleguen a ser contenidos dentro de las ampollitas. El recipiente tiene 24 salidas, mismo número de bombas actuadoras (10) encargadas del llenado. Cada bomba de llenado tiene una válvula check (2,3) que controla la entrada de líquido proveniente del recipiente hacia la cámara de llenado y otra que controla la salida del líquido contenido en dicha cámara. Al actuar la máquina, el sistema de alimentación transporta las ampollitas, previamente colocadas y haciéndolas descender por una charola de alimentación inclinada con objeto de facilitar el deslizamiento. La salida de la charola está conectada con un “gusano” transportador que las conduce hasta la estrella de entrada (24) donde se existe un sensor de detección de presencia (23) que a su vez está conectado con un pistón neumático (16) que hará actuar, en caso de que el sensor lo indique, el sistema de llenado evitando así el desperdicio de producto en el caso donde no se detecte ampollitas. En caso de detectar una ampollita, la válvula (15) correspondiente colocada sobre un plato localizado en la parte superior del cabezal será actuada por medio del pistón (16). Sólo así el líquido será transportado por medio de mangueras al actuar tanto la válvula check (2) y la bomba de absorción (10) respectivas donde se tenga ampollita a llenar. El aire que se deja pasar neumáticamente será el encargado de mover el pistón de la bomba de absorción (1), a la válvula check de entrada (2) y al seguidor mecánico de la leva (9) para que a medida que se desplaza linealmente hacia arriba vaya llenando la cámara hasta que llegue al tope de la carrera del pistón, dependiendo el volumen a llenar. Todo esto sucede mientras va rotando el cabezal completo. Mientras tanto la boquilla de la ampollita que se llenará es intersectada por medio de centradores (14) dispuestos colinealmente a las agujas encargadas del llenado del líquido (26), las cuales con ayuda de válvulas independientes (18), se actuarán de forma que se hará posible el funcionar del desplazamiento de las agujas. Una vez que las agujas estén dentro de la boquilla de la

ampolleta y el seguidor haya alcanzado el punto más alto de la carrera, éste comienza a bajar por acción mecánica de la leva (6) dispuesta que origina el accionar de la válvula check de salida (3) y con eso el desfogue del líquido contenido en la bomba hacia la ampolleta. Al llegar al punto más bajo, nuestro punto 0, se termina con el llenado de la ampolleta y un brazo actuador (19) de la válvula de llenado actúa dicha válvula para realizar dos acciones simultáneas, la primera regresa la aguja a su posición inicial y la segunda se encarga de evitar el paso de aire y terminar con el proceso de llenado de la cámara de las bombas.

Los elementos que configuran al CLLA son (Ver Fig. 4.1.1):

- 1) Pistón de llenado de bombas.
- 2) Válvula check de entrada de líquido.
- 3) Válvula check de salida de líquido.
- 4) Recipiente de entrada del líquido para llenar.
- 5) Bastidor sujetador del plato de levas.
- 6) Plato de levas.
- 7) Levas con sistema de ajuste fino dependiendo del volumen a llenar.
- 8) Plato de seguidores de la leva.
- 9) Seguidores de leva.
- 10) Bombas de llenado.
- 11) Plato centrador de vástagos de pistón de bombas de llenado.
- 12) Plato sujetador de bombas de llenado.
- 13) Tope actuador de válvulas de agujas de llenado.
- 14) Plato de centradores de boquillas de ampolletas.
- 15) Actuadores de bombas de llenado
- 16) Pistón actuador del llenado.
- 17) Brazo sujetador de pistón actuador.
- 18) Actuadores de agujas de llenado.
- 19) Brazo reseteador de válvulas de llenado.
- 20) Plato tope de altura de agujas
- 21) Postes estabilizadores de platos.
- 22) Postes guías de altura de platos de agujas y centradores de boquillas.
- 23) Sensor de ampolletas.
- 24) Estrella de alimentación.
- 25) Estrella de llenado.
- 26) Agujas de llenado.

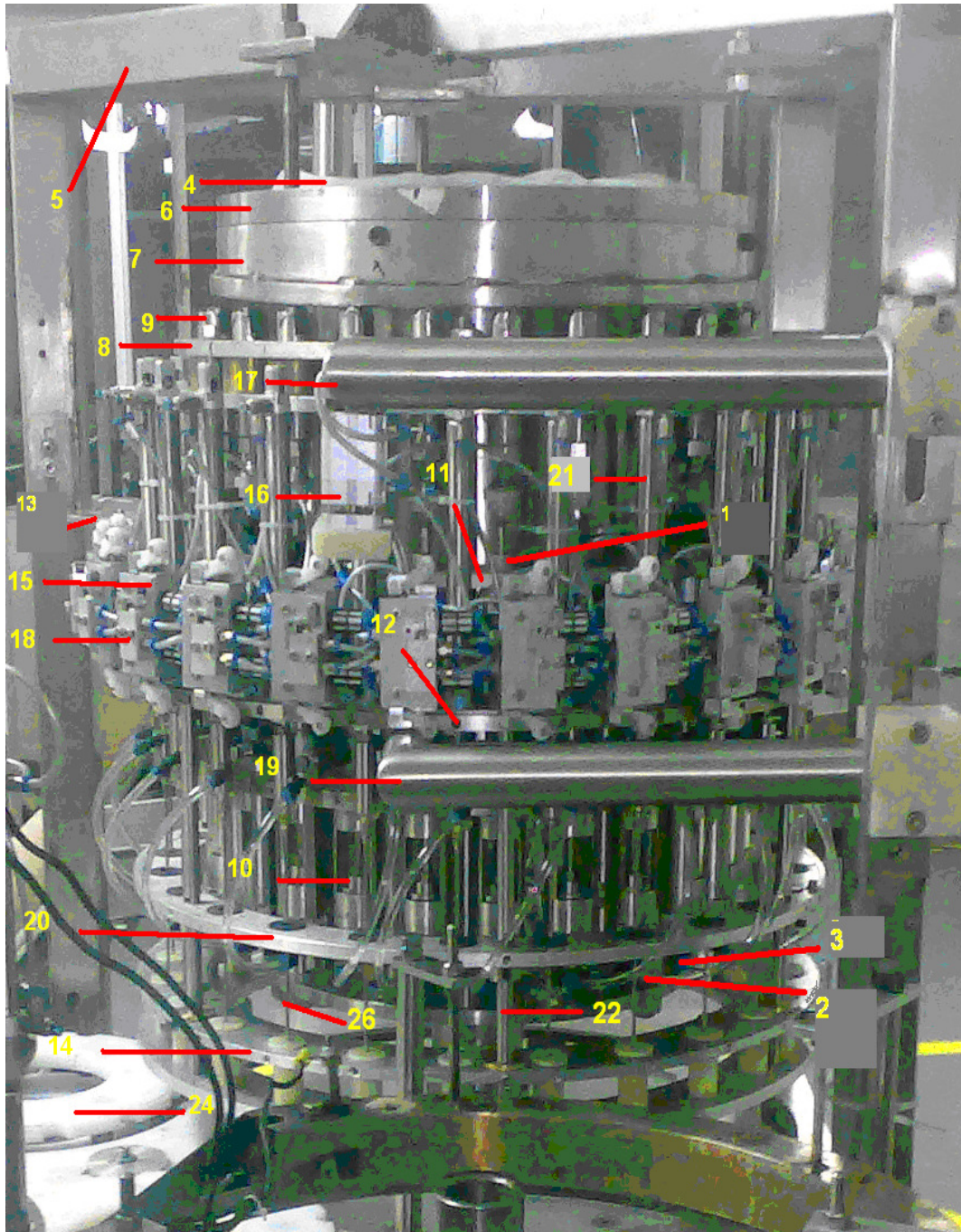


Fig. 4.1.1 Componentes del CLLA.

En la parte del calentamiento la ampollita que sale del área de llenado se traslada sobre un formato de nylamid mientras que la punta de la ampollita se calienta para poder sellarla. Una vez saliendo del calentamiento llega al cabezal de sellado (Fig. 4.1.2), el cual está formado por 12 estaciones con pistones neumáticos (7) que en su extremo sostienen selladores (11) con la forma exacta para poder sellar la ampollita. Cada pistón está

interconectado a 2 válvulas (4 y 5) de paso de aire que son actuadas por medio de una leva ajustable (3) para poder sellar en diferentes lugares según convenga.

Los elementos que configuran al cabezal de sellado son (Ver Fig. 4.1.2):

- 1) Brazo de sujeción del cabezal de sellado.
- 2) Alimentación de aire.
- 3) Leva ajustable de acción de válvulas.
- 4) Válvula actuadora de sellado.
- 5) Válvula actuadora de elevación de sellador.
- 6) Racor simple para paso de aire al levantar el sellador.
- 7) Pistón de sellado.
- 8) Distribuidor general de aire.
- 9) Racor regulador de flujo para ajuste de sellado.
- 10) Acoplamiento flexible entre pistón y sellador.
- 11) Sellador de ampollitas.
- 12) Plato guía de selladores.
- 13) Plato posicionador de boquilla de ampollita.
- 14) Empaque para evitar ruido al realizar el sellado.
- 15) Empujador de ampollitas para sellado óptimo.

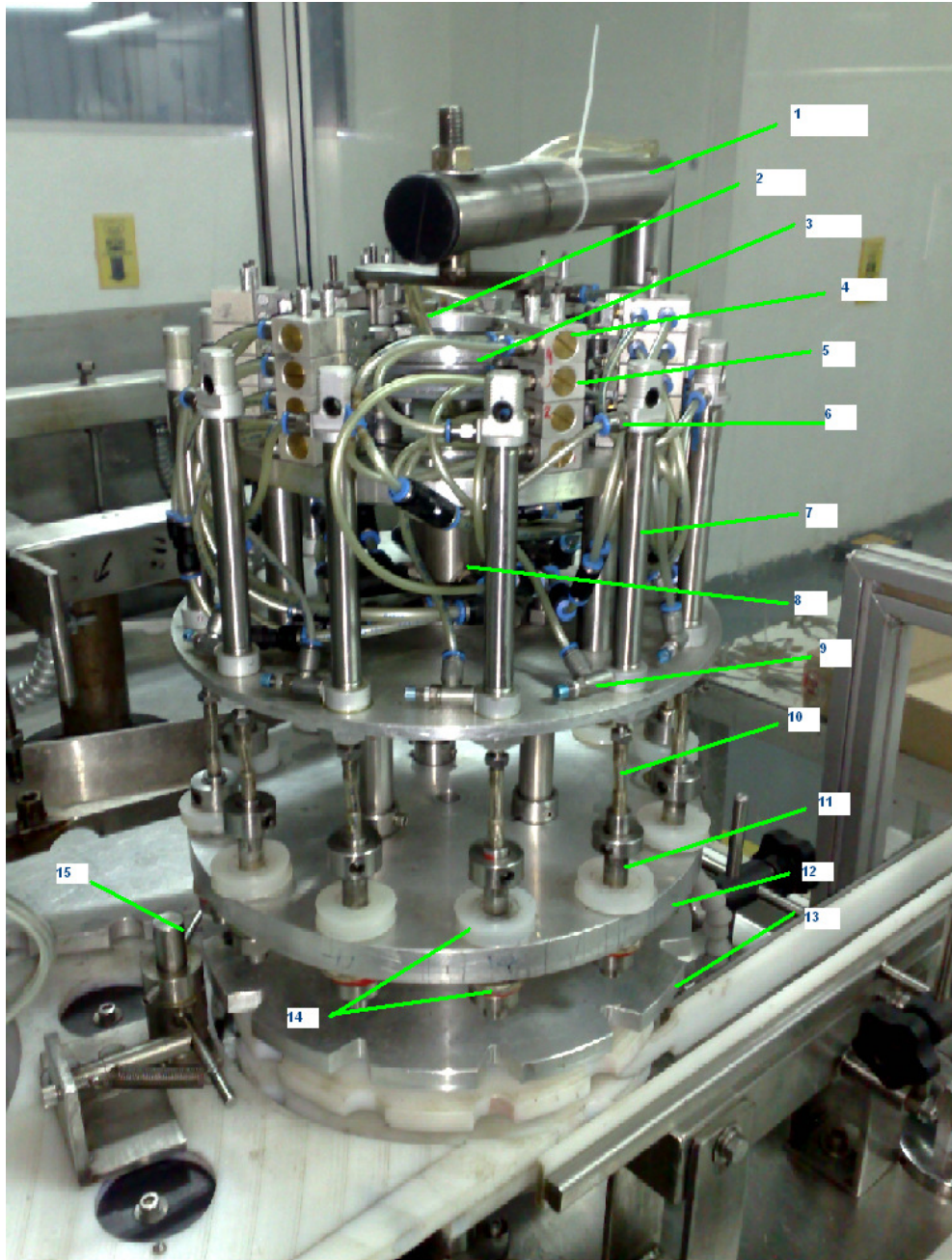


Fig. 4.1.2. Cabezal de sellado.

5. Aplicación de D4S y Propuestas de mejora.

Las propuestas de mejora nacen con la necesidad de hacer de esta máquina más sustentable aplicando la metodología descrita en el manual D4S ^[3]. A continuación se presenta el trabajo desarrollado con las hojas de trabajo seleccionadas y los resultados que nos arrojan del rediseño sustentable. Cabe señalar que las trece “*worksheets*” fueron contestadas en inglés por facilidad, dado que la herramienta publicada en el manual viene en dicho idioma.



WORKSHEET

PROJECT LEVEL

> What are the objectives of the project?

Write down the objectives of the project. Put them in order of priority.

- 1_
- 2_
- 3_
- 4_
- 5_

> Who are the main beneficiaries?

Write down the main target groups.

- 1_
- 2_

> How deep an understanding is needed for each target group? Know-what? Know-why? Know-how?

Indicate for each target group the proposed level of knowledge transfer within the project.





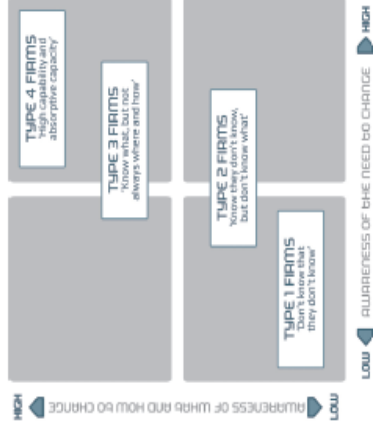
WORKSHEET

COMPANY LEVEL

Fill in this worksheet separately for each of the selected companies.

ABSORPTIVE CAPACITY

> What is the firm category (1, 2, 3 or 4)?



The Firm is type 3.

> Which of the following categories fits the company best?

1-> Low technology SMEs and micro enterprises

Business_ To stabilize business and build competitive capabilities
Innovation_ Building awareness of scope and benefits of innovation

2-> Minimal technology SMEs

Business_ To develop competitiveness

Innovation_ To introduce basic skills. To encourage adoption and application of new ideas

3-> Technology competent enterprises

Business_ To support market development and internationalization of business.

Innovation_ To build in-house innovation capabilities

4-> R&D rich enterprises

Business_ To develop international markets, entry to global supply chain

Innovation_ To encourage R&D engagement with international innovation networks, technology transfer and diffusion

The company fits between Minimal Technology SMEs and Technology competent enterprises.



WORKSHEET

COMPANY LEVEL

> What is the product development capacity and experience within the company? Do they have a product development department? What kind of staff is in charge of product development? Does the company regularly develop new products and bring them into the market?

The development capacity is focused on raw materials. The development department is managed by a single chemical engineer. Ten products per year are normally developed.

> Are they a product company or a capacity company, or a mixture?

It is mostly a product company.



WORKSHEET

LOCAL PRODUCT INNOVATION AND R&D CLUSTERS

> Are there local R&D or higher education institutions with product innovation knowledge and experience? If yes, could they be involved in the project? How?

1_ CDMIT in Mexico City. They can contribute with their experience and expertise acquired through binational courses with universities worldwide.

2_ CAT in Queretaro. They can contribute with their experience.

3_ Both centers have economic support from the Mexican Science and Technology Council.

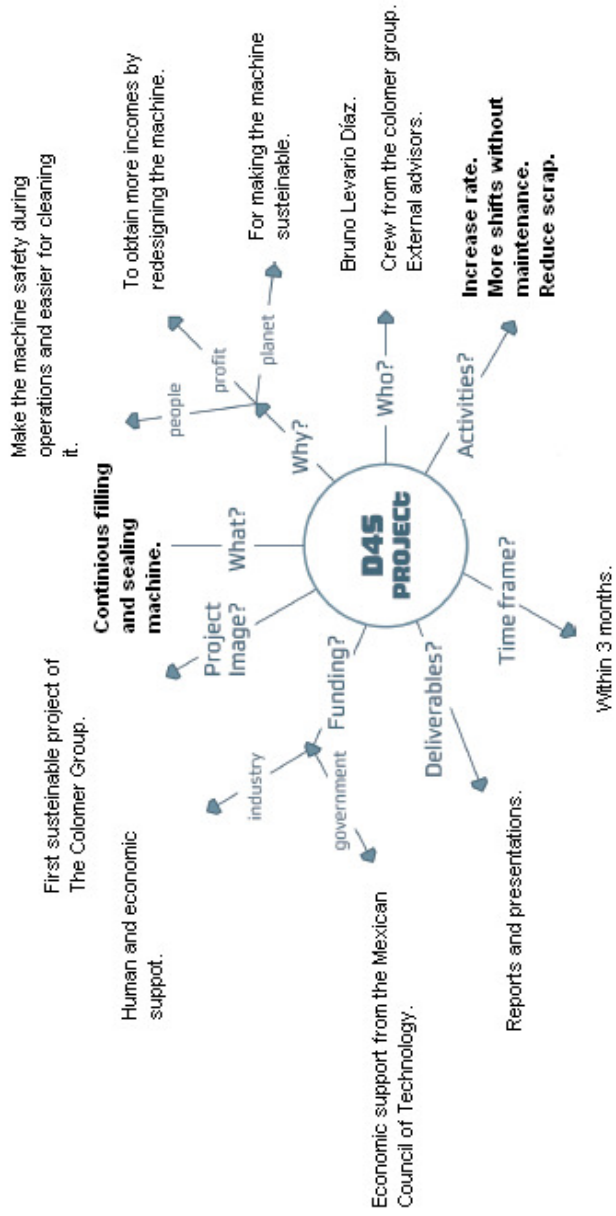
> Are there local R&D or higher education institutions with knowledge and experience in the field of sustainability? If yes could they be involved in the project? How?

1_ CDMIT in Mexico City. They can contribute with their experience and expertise acquired through binational courses with universities worldwide.

2_ CAT in Queretaro. They can contribute with their experience.

3_ Both centers have economic support from the Mexican Science and Technology Council.

> Make a Mind Map for the action plan of the proposed D4S project.





WORKSHEET

CREATING THE D4S TEAM AND PLANNING THE PROJECT

> Which departments and staff members will be involved in the D4S Redesign team? What will be his or her specific role in the team?

	DEPARTMENT	PERSON	SPECIFIC ROLE WITHIN THE TEAM
1_	Maintenance	Bruno Levario Díaz	Team Leader
2_	Maintenance	Fernando González Salazar	Co-worker
3_	Maintenance	Victor Rizo	Approve changes and buy needed things.
4_	Production.	Roberto Mendoza and Josefina Rodriguez	Machine operators.
5_	Quality Dept.	Efrén Mendoza	Final product supervisor.
6_	Plant Manager	Edmundo Lozano	

CREATING THE D4S TEAM AND PLANNING THE PROJECT

> Will it be useful to involve or contract external experts or stakeholders within the project or team? If yes, what kind of experts or stakeholders, and what will be their role?

EXPERISE	PERSON	SPECIFIC ROLE WITHIN THE TEAM OR PROJECT
1. Mechanical Design.	Marcelo López Parra	Advisor/ R&D
2. Mechanical Design.	Alejandro Ramírez Revich	Advisor/ R&D
3.		

> Will it be useful to involve students from (local) universities within the project?

UNIVERSITY/SCHOOL	DEPARTMENT	SPECIFIC ROLE WITHIN THE TEAM OR PROJECT
1. UNAM	Engineering	Explore innovative concepts through thesis research work.
2.		



WORKSHEET

CREATING THE D4S TEAM AND PLANNING THE PROJECT

> Discuss the proposed timeframe of the project and how often the D4S team will meet

Time frame will be 3 months. We will meet after one shift.

> How will the D4S team communicate?

The team will communicate directly with other members and using the web in order to communicate with the

> How will the team communicate with the rest of the organization?

The team will communicate with the organization by weekly reports.

R2

WORKSHEET

SWOT MATRIX, DRIVERS AND GOALS FOR THE COMPANY

COMPANY SWOT MATRIX

> Identify the internal and external conditions of the company and fill in the SWOT Matrix.

Use each of the four quadrants of the SWOT Matrix in turn to analyze the current position of the company. List all the strengths that exist now. Then, list all weaknesses that exist now. Next, list all the opportunities that exist in the future. Opportunities are potential future strengths. Finally list all threats.

STRENGTHS	WEAKNESSES
▶ Willingness for create and fortify own areas.	▶ Slow response to new investments
▶ Skills in internal communication.	▶ Lack on quality procedures.
▶ Capability to generate own technology.	▶ Poor planning strategies on production orders
▶ People training.	▶ Deficiency on key documentation.
▶ Nimble at gaining new sectors and suppliers.	
OPPORTUNITIES	THREATS
▶ New chemical formulation in products.	▶ Global economical crisis.
▶ Global market increased.	▶ Lack of safety on our country
▶ Trend in wages, lower than Europe and USA.	▶ Growth in asian countries.
▶ Trend to carry out R&D projects in Mexico	▶ New green and sustainability standards.
▶ Cult to beauty	

- > Strengths need to be maintained, built upon, or leveraged;
- > Weaknesses need to be remedied or stopped;
- > Opportunities need to be prioritized and optimized;
- > Threats need to be countered or minimized.

PRODUCT DEVELOPMENT CAPACITY

- > What is the main activity of the companies? Developing and producing its own products (product-company), or does it use its production capacity for producing products for other companies (capacity-company)?

The Colomer Group is mainly a product- company but now a day and because of the crisis they have started to produce products for other companies.

- > On the average, how many redesigned products and how many totally new products are launched into the market annually?

On average are 55 new and redesigned products.

- > Does the company have a product development department or do they normally contract out designer services for product development?

They have a product development department that designs original products. For other services they contact out designers services, for instance, R&D of prototype machines.

- > What is the general conclusion on the product development capacity of the company?

It lacks a technology development department but keen on new product development department.

INTERNAL AND EXTERNAL D4S DRIVERS FOR THE COMPANY

> Identify which internal and external D4S drivers are relevant to the company.

INTERNAL DRIVERS FOR D4S

PEOPLE ASPECT

- **Social equity.** Can reduce risks on social and labour problems. As a result it can help avoid liability and reputation problems.
- **Strong social policy.** Can increase employee motivation. Employees can gain energy and experience from social projects and programmes launched by a company.
- **Governance and management systems on social aspects.** Can make company achievements more visible to shareholders and stakeholders.

PLANNED ASPECT

- **Green marketing.** The design and production of products with environmental value-added elements can boost brand value and reputation.
- **Environmental awareness.** Managers often are aware of the importance of environmental issues and want to act accordingly.

PROFIT ASPECT

- **Reach new consumers.** Surveys demonstrate that consumers are increasingly ready to purchase on ethical grounds.
- **Product quality improvement.** Reliability and functionality often go together with a more sustainable product.
- **Saving costs.** Cost reductions can be made on material use, energy, waste treatment charges, transport and the distribution system.
- **Boost brand value and reputation.**
- **Product innovation.** New possibilities from product innovation can find solutions to meet customer needs and wants.
- **Brand differentiation.**
- **New opportunities for value creation.**

EXTERNAL DRIVERS FOR D4S

PEOPLE ASPECT

- **Public opinion.** Consumers are increasingly interested in the world that lies behind the product they buy, which is leading companies to take environmental and social issues into account.
- **NGO pressure.** For years industries have been under fire from NGOs for controversial practices and the related impacts on the environment. For example, irresponsible company practices may lead to boycott campaigns which can cause significant damage to a company reputation.




PLANNED ASPECT








- **Legislative requirements on environment.** will increase in many developing economies and can force a company into a more proactive stance.
- **Disclosures requirements of environmental information** towards suppliers and customers can start an improvement process in the company.
- **Ecolabelling schemes** can be an additional element for a company's marketing strategy.
- **Consumer organisation requirements** such as safety, low toxicity and recyclability of products can be an incentive for D4S. Products failing to get a good score on these aspects may no longer qualify as a 'good choice' in consumer tests.
- **Pressure from dedicated environmental groups** have forced industry to eliminate substances like GFCs from their products. These often highly professional organisations will continue to expose environmental harmful products.
- **Direct community 'neighbour' pressure** is often directed towards environmental and safety risks of the company and can have a large impact on production and products.




PROFIT ASPECT

- **Norms and standards** on sustainability aspects of products will continue to become stricter and may force companies to improve products.
- **Subsidy schemes** are available in some countries to improve sustainability aspects of products and production. At the same time, subsidies on energy and raw materials are ending, forcing companies improve materials and energy efficiency.
- **Suppliers competition** is evolving to enter or remain in the supply chain, pushing companies to become more sustainable.
- **Customer demand** for healthier, safer and more environmental and socially responsible products is increasing in specific product categories.
- **Market competition** is growing as competition increases at local and global levels. Industry may look to improve innovative performance, which might include reviewing the sustainability aspects of their products.

SWOT MATRIX, DRIVERS AND GOALS FOR THE COMPANY

> Prioritize the internal and external drivers. Indicate by  if the drivers are related to People,  for Planet,  for Profit, or a combination.

	 	 	  
	PRIORITY INTERNAL DRIVERS		PRIORITY EXTERNAL DRIVERS
1_	Social equity.		Public opinion.
2_	Green marketing.		Legislative requirements.
3_	Reach new consumers.		Ecolabelling schemes
4_	Product quality improvement.		Norms and standards.
5_	Saving costs.		Customers demand.

> Discuss if people, planet or profit should be balanced for the project or if one or two should be prioritized.   

In this case the internal and external drives should be balanced in equitable proportions.

> What is the goal of the D4S demonstration project?

- Increase at least 25% of the machine's rate.
- At least 4 shifts without maintenance.
- Reduce the amount of scrap per shift.



WORKSHEET

PRODUCT SELECTION

> Based on Step 2, what are the product selection criteria?

1_ Access to the main information of machine's performance.

2_ Wide knowledge of the machine.

3_ The machine is link to new develop products.

4_ High impact on low costs and more gains if it will be sustainable.

5_

6_

> Select a product out of the company portfolio that fits defined D4S product selection criteria.

Selected Product_

Continuous Filling and Sealing Machine of plastic ampoules.

Second Best Product_







R4

WORKSHEET

D4S DRIVERS FOR THE SELECTED PRODUCTS

> Determine which internal and external drivers are relevant for the selected product and prioritize them.

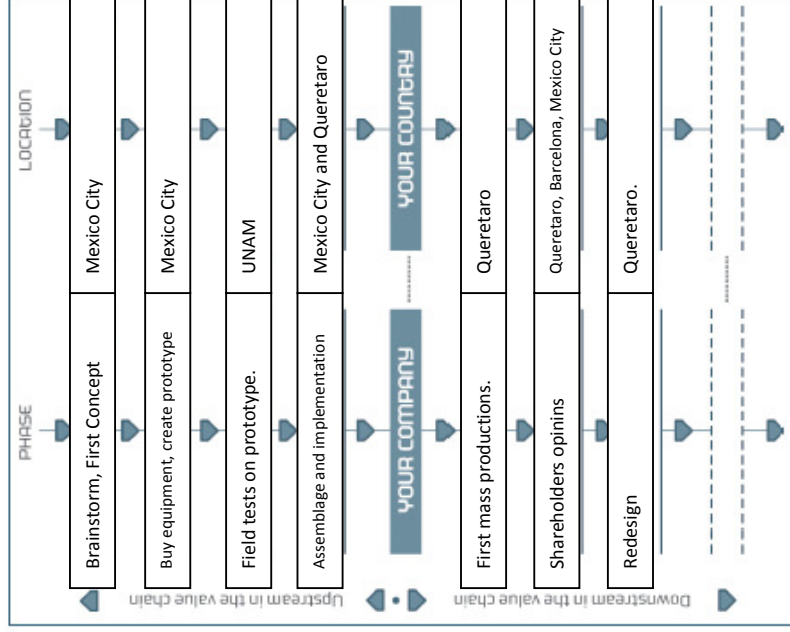
Indicate by    if the drivers are related to Profit , Planet  or a combination.

	   PRIORITY INTERNAL DRIVERS	   PRIORITY EXTERNAL DRIVERS
1_	Well-being of the operators.	Cost of electric energy.
2_	Less energy and raw materials consumption.	Cost of compressed air energy.
3_	Less toxic fumes emission.	Cost of machining pieces.
4_	More working hours without corrective	
5_		



WORKSHEET

D4S ASSESSMENT



1 > Outline the phases of the product process tree and write them down (left column). Indicate for these phases their physical location (right column).

2 -> Define the user scenario and functional unit of the product.

The functional unit is the combination of the function of the product and the user scenario of the product.

FUNCTION

What is the main function of the product as perceived by the user?

To fill and seal plastic ampoules.

Describe in a qualitative and quantitative way

To fill and seal 7200 plastic ampoules with the exact amount of product and a perfect seal.

USER SCENARIO

On average the product will be used in:

Production process.

Mode during

2 shifts/day

Hours a day

15

Days a week

6

Weeks a year

52

Location of Use:

The plant of Colomer at the city of Queretaro.

Make sure that the functional unit is taken into account when filling in the following worksheets.



3> Identify the D45 criteria that should be included in the D45 Impact Matrix:

- 1.- Material use.
- 2.- Energy use.
- 3.- Solid Waste.

> Write the above D45 criteria into the first column in the D45 Impact Matrix on the right.

The criteria will be the filling and sealing process.

> Write the earlier identified life cycle process tree stages into the first row.

Energy and Material Use, Solid and Water Waste.

> Fill in the D45 Impact Matrix and highlight the cells or activities with relatively high impact(s).

The Impact Matrix is on the next page.

Impact Matrix.

	FILLING SYSTEM	SEALING SYSTEM
MATERIAL USE	Plastic ampoules.	Plastic ampoules.
ENERGY USE	1125 W/h	3000W/h
PRESSURED AIR USE	72 valves. 48 air pistons.	24 valves. 12 air pistons.
SOLID WASTE	Plastic ampoules.	Plastic ampoules.
WATER WASTE	40 liters when cleaning and sanitize process.	

D4S STRATEGY & DESIGN BRIEF

A

B

C

- > Based upon the results of the D4S Impact Matrix, what are the 'top two' D4S strategies for improvement options? Indicate them in D4S wheel A.
- > Based upon the results of the D4S drivers selection, what are the 'top two' D4S strategies for improvement options? Indicate them in D4S wheel B.
- > What D4S strategies will the company and project team focus on in the idea generation and concept development stages? Indicate them in D4S wheel C.



The wheel graphs are done on the next page.

D4S STRATEGY & DESIGN BRIEF

> Work out the D4S Design Brief.



> Collect the obvious improvement options during analysis of the D45 Impact Matrix and D45 drivers.

IMPROVEMENT OPTION

1_

Use less pressured air during the production process.

2_

Redesign some structure parts in order to reduce material waste.

3_

Replace some pneumatic connections that increase air consumption.

4_

Calculate the power needed to radiate the exact amount of warmth for the sealing process.

5_

Conceive new ways of cleaning both systems in order to reduce the water waste.

6_

7_

8_

9_

10_

11_

12_

13_

14_



WORKSHEET

IDEA GENERATION AND SELECTION

> Organize a creativity session (see Chapter 9) and come up with D4S improvement options using selected D4S strategies

Less use of energy during process.

Less solid waste.

Safety and cleanliness during the process

> Check the D4S rules of thumb (see Chapter 8) to see if they stimulate other improvement options

1_ Select low impact materials

Virgin materials use, the new structure parts to redesign will be done of lower energy content materials.

2_ Reduce the use of materials

Reduction of materials density in new structure parts.

3_ Optimization of production techniques

New cleaning and production techniques.

4_ Optimization of distribution system

N/A

5_ Reduction of impact during use

N/A

6_ Optimization of initial lifetime

N/A

7_ Optimization of the end of life system

N/A



WORKSHEET

IDEA GENERATION AND SELECTION

> Cluster all the generated improvement options according to the DAS strategies

1. Select low impact materials

Virgin materials use, the new structure parts to redesign will be done of lower energy content materials.

2. Reduce the use of materials

Reduction in material density in new structure parts. Less use of energy during process. Less solid waste.

3. Optimization of production techniques

New cleaning and production techniques. New cleaning protocols based on the health regulations. Beware of toxic emissions in sealing process.

4. Optimization of distribution system

N/A

5. Reduction of impact during use

N/A

6. Optimization of initial lifetime

N/A

7. Optimization of the end of life system

N/A

IDEA GENERATION AND SELECTION

> Which criteria should be included to prioritize improvement options?

Idea	D4S Criteria 1	D4S Criteria 2	D4S Criteria 3	D4S Criteria 4	Notes.
	Environmental benefit.	Social benefit.	Economic benefit.	Technical feasibility.	
Redesign structure parts.	Less waste of plastic ampoules.		More production.	Medium.	
Less use of compressed air.		Reduction of noise.	Reduce in costs.	Easy.	
Optimize electric energy use.		Reduction of toxic emissions.		Medium.	
Cleaning techniques.	Less waste of water.	Less effort.	Reduce in costs.	Easy	

> List the options and rate each one based on the time implications - short (ST) or long-term (LT)

Cleaning techniques and optimize electric energy use will be in short term and redesign structure parts and less use of compressed air will be in mid-term.



WORKSHEET

CONCEPT DEVELOPMENT AND SELECTION

> Determine which criteria should be included to select the best concept

Low cost, technical feasibility, short term implementation.

> List the concepts and rate them according to the criteria

CONCEPT	D45 CRITERIA 1 Environmental benefit	D45 CRITERIA 2 Social benefit	D45 CRITERIA 3 Economic benefit	D45 CRITERIA 4 Technical feasibility	D45 CRITERIA 5 Market opportunities	D45 CRITERIA 6	NOTES
1.							
2.							
3.							

This matrix is on the next page.



WORKSHEET

CONCEPT DEVELOPMENT AND SELECTION

Concept. D4S Criteria 1 D4S Criteria 2 D4S Criteria 3 D4S Criteria 4 Notes.

	Environmental benefit.	Social benefit.	Economic benefit.	Technical feasibility.
Intersection disk at heating system.	Disk of stainless steel instead of nylamid.	Easy to clean.	No replace or maintenance needed.	Medium.
New tubing fittings.	Less compressed air consumption.	Reduction of noise.	Reduce in compressed air costs.	Easy.
New electric resistance with lower warmth power contained in a redesigned structure part.	Less electric energy consumption.	Reduction of toxic emissions.		Medium.
Cleaning techniques.	Less waste of water.	Less effort.	Reduce in costs.	Easy

R9

WORKSHEET

D4S EVALUATION

> Compare the profile of the new design with that of the old product, using the criteria from worksheet R7 and R8.

CONCEPT	D4S CRITERIA 1	D4S CRITERIA 2	D4S CRITERIA 3	D4S CRITERIA 4	D4S CRITERIA 5	D4S CRITERIA 6	NOTES
	Environmental benefit	Social benefit	Economic benefit	Technical feasibility	Market opportunities	
New design							
Old product							

This Matrix is on the next page.



WORKSHEET

D4S EVALUATION

Concept.	D4S Criteria 1	D4S Criteria 2	D4S Criteria 3	D4S Criteria 4	Notes.
	Environmental Benefit.	Social benefit.	Economic Benefit.	Technical feasibility.	
New Design.	Less consumption of compressed air and electric energy. Reduction of scrap.	Reduction of harmful noise, toxic emissions and safe cleaning techniques.	Increase of incomes.	Easy maintenance program.	
Old Product.	Less consumption of compressed air.	Reduction of harmful noise. Easy to operate.	More incomes because is faster than the first machines.		

> Evaluate the benefits of the new design in relation to the drivers and goals identified in worksheet R2.

PRIORITY INTERNAL AND EXTERNAL DRIVERS SELECTED IN R2



BENEFITS OF NEW DESIGN ON THIS ASPECT

1_	Well-being of the operators.
2_	Less toxic fumes emission.
3_	More working hours without corrective maintenance.
4_	Cost of compressed air energy.
5_	Cost of machining pieces.

	The machine is safety for all the operators.
	An extractor fan was placed on the machine.
	There is less down time during production.
	There is less consumption of compressed air.
	The replaced parts don't need to be machined again.

PROJECT GOALS AS FORMULATED IN R2

1_	Increase at least 25% of the machine's rate.
2_	At least 4 shifts without maintenance.
3_	Reduce the amount of scrap per shift.

RESULTS OF THE PROJECT IN RELATION TO THE GOAL

	The rate has been raised 15%.
	It depends on the amount per shift but in general the goal is
	The scrap has been reduced in 8%.

6. Discusión.

Tras haber completado las hojas de trabajo y haber hecho un primer rediseño a la máquina podemos ver que los resultados son favorables, que la máquina ahora cuenta con un grado de sustentabilidad en ámbitos sociales, ambientales y económicos. Gran parte de estos éxitos dependen solamente de pequeños cambios físicos, como de piezas y formatos que existían, como en cambios de mentalidad al querer hacer bien las cosas. A continuación se exponen los resultados obtenidos en la máquina.

a) Campana extractora de emisiones tóxicas.

Un punto favorable al ámbito social fue proteger a los operadores de estar expuestos a respirar las emisiones tóxicas por la degradación del material plástico.



Fig. 6.1 Tercera generación de máquina llenadora y selladora tras el rediseño sustentable. Fotografías tomadas en la Planta de producción en su actual instalación.

b) Pistón de elevación.

El pistón de elevación situado en la zona de calentamiento nos permitió tener menos desperdicio en cuanto a ampollitas quemadas y por ende menos emisiones durante un paro de cualquier índole. En el ámbito ecológico nos permite tirar menos ampollitas a la basura.



Fig. 6.2 Pistón de elevación en la zona de calentamiento. Fotografías tomadas en la Planta de producción en su actual instalación.

c) Racores simples.

El desperdicio de ampollas llenas se localizó al no ser selladas correctamente por los selladores y una razón fue porque existían racores reguladores de flujo que impedían el óptimo sellado ya que cada uno debía ser regulado independientemente. Al cambiar dichos racores por simples obtuvimos que los selladores siempre actuaran con la misma fuerza y así garantizar un buen sellado en las ampollas.



Fig. 6.3 Cabezal de sellado. Fotografías tomadas en la Planta de producción en su actual instalación.

d) Plato transportador de ampollitas.

Cuando se requieren estabilidad y repetitividad durante cualquier proceso se necesita considerar eliminar ciertos factores que impiden se logren. En el caso del calentamiento de las ampollitas hacíamos que pasaran sobre un formato estático en la zona de calentamiento y el resultado eran algunas ampollitas quemadas por contacto con la superficie caliente. Nos dimos cuenta que la fricción jugaba en contra de nosotros durante este proceso y quisimos eliminar el desperdicio que se generaba así que lo mejor era que las ampollitas se transportaran sin fricción y este fue el resultado.



Fig. 6.4 Disco transportador de ampollitas. Fotografías tomadas en la Planta de producción en su actual instalación.

7. Conclusión.

En relación a los dos objetivos principales planteados al inicio del presente trabajo de tesis es posible mencionar que si bien la evaluación del nivel de sustentabilidad de la máquina, aplicando la metodología D4S^[3], no arrojó resultados cuantitativos que pudieran ser comparados directamente con rendimientos de máquina o eficiencias, si constituyó un ejercicio útil que permitió identificar puntualmente las áreas donde existe la oportunidad de mejorar la sustentabilidad de sistemas y componentes de la máquina. Otro aspecto importante que arrojó la aplicación de la metodología fue el hecho de que a través de su utilización se integran tres actividades importantes de ingeniería: *Análisis de Necesidades, Rediseño y Realización de Benchmarking*. Aunque la presente tesis no profundizó en cada una de ellas en el caso de estudio reportado, el aprendizaje del método constituyó para el autor una experiencia muy valiosa.

El segundo objetivo de la tesis, las mejoras a los cabezales de llenado y sellado, fueron presentadas en forma satisfactoria. El autor considera que las soluciones implantadas en la máquina cubren de una forma adecuada algunas de las recomendaciones que se generan a partir de la aplicación de la metodología D4S^[3].

8. Trabajo futuro.

El autor considera que es necesario trabajar en la aplicación y desarrollo de todas las hojas de trabajo propuestas por D4S. Probablemente no todas las “*worksheets*” serán de utilidad y aplicación directa a la máquina pero la experiencia dice que el nuevo enfoque propuesto por la metodología definitivamente abrirá el camino a la generación de ideas más novedosas y sustentables.

Por otro lado, la evaluación realizada aquí permitió también identificar mejoras potenciales en la parte del cabezal de llenado con respecto a la distribución de aire.

De igual manera sería importante estar al pendiente de nuevas publicaciones acerca de la materia para realizar posteriormente un análisis completo con y ver el resultado con otras metodologías.

9. Bibliografía.

Referencias.

^[1] Lozada Bastida, Ricardo, “DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LLENADO DE AMPOLLETAS PLÁSTICAS”, Facultad de Ingeniería, UNAM, 12 de junio del 2006.

^[2] Mancilla Alonso, Humberto, “MÁQUINA ROTATORIA LLENADORA Y SELLADORA DE AMPOLLETAS PLÁSTICAS”, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2010.

^[3] Crul, Marcel and Diehl, Jan “DESIGN FOR SUSTAINABILITY: A PRACTICAL APPROACH FOR DEVELOPING ECONOMIES”, UNEP (United Nations Environment Programme) 2006.